

Created by PDF Combine Unregistered Version

If you want to remove the watermark, Please register

Created by PDF Combine Unregistered Version

If you want to remove the watermark, Please register

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

**ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РАДІОТЕХНІЧНИХ
ПРИСТРОЇВ, ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, НАНО-
ТА МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ**

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції
присвяченої 25-річчю заснування
кафедри “Радіотехніки та інформаційної безпеки”
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

23–25 жовтня 2014 р.
Чернівці, Україна

УДК 621.37/39(06)
ББК 32я431
Ф 503

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Міністерство освіти і науки України;
Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів);
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича (м. Чернівці);
Інститут оптоелектроніки (м. Чернівці);
ВАТ «ЦКБ РИТМ» (м. Чернівці).

Ф 503 **Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки:** Матеріали IV-ої міжнародної науково-практичної конференції. – Чернівці: «Місто», 2014. – 211 с. Іл.

У збірнику опубліковано матеріали конференції, присвяченої теоретичним та практичним проблемам сучасної радіотехніки, засобів телекомунікації, нано- та мікроелектроніки.

Матеріали подано у авторській редакції

ISBN 978-617-652-091-7

©Чернівецький національний
університет імені Юрія Федьковича, 2014
© ВІЦ «Місто», 2014

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

- Мельничук С.В. – *д. ф-м. н., професор (ЧНУ, Чернівці, Україна) – голова;*
Політанський Л.Ф. – *д. т. н., професор (ЧНУ, Чернівці, Україна) – співголова;*
Готра З.Ю. – *д. т. н., професор (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Мандзій Б.А. – *д. т. н., професор (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Годованюк В.М. – *д. т. н., професор, директор-головний конструктор ВАТ ЦКБ “Ритм” (ЧНУ, Чернівці, Україна);*
Козелков С.В. – *д. т. н., професор, заслужений винахідник України (ДУТ, Київ, Україна).*
Ангельський О.В. – *академік АН ВШ України, д. ф-м. н., професор (ЧНУ, Чернівці, Україна);*
Бондарев А.П. – *д. т.н., професор, (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Дудикевич В.Б. – *д. т.н., професор, (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Андонова Анна – *професор (Софія, Болгарія);*
Каліта В. – *д. т. н. професор (Жешув, Польща);*
Вуйчик В. – *д. т. н., професор (Люблін, Польща);*
Мар’янчук П.Д. – *д. ф-м. н., професор (ЧНУ, Чернівці, Україна);*
Ткач М.В. – *д. ф-м. н., професор (ЧНУ, Чернівці, Україна);*
Климаш М.М. – *член-кореспондент Академії зв’язку України, д. т. н., професор (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Махній В.П. – *д. ф-м. н., професор (ЧНУ, Чернівці, Україна);*
Рюхтін В.В. – *к. т. н., перший заступник голови правління ВАТ ЦКБ “Ритм” (Чернівці, Україна);*
Прудюс І.Н. – *д. т. н., професор (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Волочій Б.Ю. – *д. т. н., професор (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Павлиш В.А. – *к. т. н., професор (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Палагін В.В. – *д. т. н., доцент (ЧДТУ, Черкаси, Україна);*
Кіріченко Л.О. – *д. т. н., доцент (ХНУРЕ, Харків, Україна);*
Дробик О.В. – *к. т. н., професор (ДУТ, Київ, Україна);*
Осов’як І.І. (ТНТУ, Тернопіль, Україна);
Максимович В.М. – *д. т.н., професор, (НУ “Львівська Політехніка”, Львів, Україна);*
Борисов О.В. – *к. т. н., професор, (НТУУ КПІ, Київ, Україна);*
Вербицький В.Г. – *д.т.н., професор, (НТУУ КПІ, Київ, Україна);*
Осадчук О.В. – *д.т.н., професор, (ВНТУ, Вінниця, Україна);*
Лісовий І.П.– *д.т.н., професор, (ОНАЗ, Одеса, Україна)*

PROGRAM COMMITTEE:

- Melnychuk S.V. – *Doctor of Physics and Mathematics, professor (CNU, Chernivtsi, Ukraine) – chair;*
Politanskyi L.F. – *Doctor of Engineering, professor (CNU, Chernivtsi, Ukraine) – co-chair;*
Gotra Z.Yu. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Mandziy B.A. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Godovaniuk V.M. – *Doctor of Engineering, professor, director, chief engineer of OJSC Central Design Bureau “Rhythm” (CNU, Chernivtsi, Ukraine);*
Kozelkov S.V. – *Doctor of Engineering, professor (SUT, Kyiv, Ukraine);*
Angelsky O.V. – *Doctor of Science, professor (CNU, Chernivtsi, Ukraine);*
Bondarev A.P. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Dudykevych V.B. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Anna Andonova – *professor (Sofia, Bulgaria);*
Kalita V. – *Doctor of Engineering, professor (Rzeszów, Poland);*
Vujchik V. – *Doctor of Engineering, professor (Lublin, Poland);*
Marianchuk P.D. – *Doctor of Physics and Mathematics, professor (CNU, Chernivtsi, Ukraine);*
Tkach M.V. – *Doctor of Physics and Mathematics, professor (CNU, Chernivtsi, Ukraine);*
Klymash M.M. – *corresponding member of National Academy of Telecommunications of Ukraine, Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Makhnii V.P. – *Doctor of Physics and Mathematics, professor (CNU, Chernivtsi, Ukraine);*
Riukhtin V.V. – *PhD in Technical Sciences, first deputy of Chairman of the Executive Board of OJSC Central Design Bureau “Rhythm” (Chernivtsi, Ukraine);*
Prudius I.N. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Vолоchiy B.Yu. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Pavlysh V.A. – *PhD in Technical Sciences, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Palagin V.V. – *Doctor of Engineering, associate professor (Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine);*
Kirichenko L.O. – *Doctor of Engineering, associate professor (KNURE, Kharkiv, Ukraine);*
Drobik O.V. – *PhD in Technical Sciences, professor (SUT, Kyiv, Ukraine);*
Osov’yak I.I. – *(Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine);*
Maksymovych V.M. – *Doctor of Engineering, professor (National University Lviv Polytechnic, Lviv, Ukraine);*
Borisov O.V. – *PhD in Technical Sciences, professor (KPI, Kyiv, Ukraine);*
Verbitskyi V.G. – *Doctor of Engineering, professor (KPI, Kyiv, Ukraine);*
Osadchuk O.V. – *Doctor of Engineering, professor (VNTU, Vinnytsia, Ukraine);*
Lisovyi I.P. – *Doctor of Engineering, professor (ONAT, Odessa, Ukraine)*

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Кушнір М.Я. – к. ф-м. н., доцент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці (голова).
Стахіра П.Й. – д. т. н., професор, Національний Університет “Львівська Політехніка”, Львів.
Шпатар П.М. – к. т. н., доцент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці (заступник голови).
Галюк С.Д. – к. т. н., асистент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці (заступник голови).
Лесінський В.В. – к. т. н., асистент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Вовчук Д.А. – аспірант ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Саміла А.П. – к. т. н., асистент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Верига А.Д. – к. т. н., асистент, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Еліяшів О.М. – аспірант ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Гресь О.В. – аспірант ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Косован Г.В. – аспірант ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Гладун Н.Г. – технічний директор, ТОВ “Укрінгруп”.
Круліковський О.В. – аспірант ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці
Комарницький А.О. – студент ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Танасюк В.С. – зав. лаб., ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.
Бердега В.Ф. – зав. лаб., ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Чернівці.

CONFERENCE ORGANIZING COMMITTEE

Kushnir M.J. – *Ph.D in Physics and Mathematics, associate professor, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi (head of conference organizing committee).*
Stakhira P.Y. – *Doctor in Technical Sciences, professor, National University “Lviv Polytechnic“, Lviv.*
Shpatar P.M. – *Ph.D in Technical Sciences, docent, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi (deputy of the head conference organizing committee).*
Haliuk S.D. – *Ph.D in Technical Sciences, assistant, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi (deputy of the head conference organizing committee).*
Lesinskiy V.V. – *Ph.D in Technical Sciences, assistant, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi.*
Vovchuk D.A. – *Ph.D student in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi.*
Samila A.P. – *Ph.D in Technical Sciences, assistant, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi.*
Verygha A.D. – *Ph.D in Technical Sciences, assistant, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi.*
Eliashiv O.M. – *Ph.D student in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi*
Hres O.V. – *Ph.D student in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi*
Kosovan G.V. – *Ph.D student in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi.*
Krulikovskiy O.V. – *Ph.D student in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi*
Komarnitskiy A.O. – *student in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi*
Tanasiuk V.S. – *laboratory assistant in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi*
Berdega V.F. – *laboratory assistant in Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi*
Hladun N.G. – *technical Director of LLC “Ukringroup”, Ivano-Frankivsk, Ukraine.*

ЗМІСТ

ДО 25-РІЧЧЯ КАФЕДРИ РАДІОТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ.....	13
ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ.....	15
ЕФЕКТ ЗЕЄМАНА В ЯДЕРНОМУ КВАДРУПОЛЬНОМУ РЕЗОНАНСІ СПОЛУК GaSe ТА InSe <i>Хандоожко О.Г., Хандоожко В.О., Саміла А.П.....</i>	16
ШИРОКОСМУГОВІ ФОТОДЕТЕКТОРИ НА БАЗІ КОНТАКТІВ МЕТАЛ-II-VI НАПІВПРОВІДНИКІВ <i>Махній В.П.....</i>	18
ВЛАСТИВОСТІ СТРУКТУР І ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ КРЕМНІЙ ТА АРСЕНІДГАЛІЮ НА ІЗОЛЯТОРІ <i>Новосядлий С. П., Мельник Л.В.....</i>	19
ТЕОРІЯ І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРАТЕГІЇ БЕРЕЖЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА <i>Бондарев А.П., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А., Тарадаха П.В.....</i>	20
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЗА ПРОТОКОЛОМ EIGRP <i>Врублевський А.Р., Лісовий І.П.....</i>	23
ШИРОКОСМУГОВІ СИГНАЛИ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ <i>Бобало Ю.Я., Верига А.Д., Галюк С.Д., Климаш М.М., Політанський Р.Л.....</i>	25
ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ОБРОБЛЕННЯ ТА ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ <i>Еліяшів О.М., Політанський Л.Ф.....</i>	28
БАГАТОМІРНА ЛАЗЕРНА АВТОФЛУОРЕСЦЕНТНА НАНОСКОПІЯ ОПТИЧНО-АНИЗОТРОПНИХ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ <i>Ушенко О.Г.....</i>	30
СЕКЦІЯ 1. РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ ТА ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ.....	31
ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНВЕЕРА ТОКА II-ГО ПОКОЛЕНИЯ <i>Чехмestрук Р.Ю., Стахов В.П., Лищинская Л.Б., Филинук Н.А.</i>	32
ОЦІНКА СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИСТРОЇВ ТАКТОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ <i>Бойко Ю.М., Єршоменко О.І.....</i>	33
СИНХРОНІЗАЦІЯ МЕЖ ЕЛЕМЕНТАРНИХ СИГНАЛІВ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ <i>Колчар В.М.....</i>	34
ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯЦІЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ В БАГАТОМОДОВОМУ ПОЛІМЕРНОМУ ВОЛОКНІ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМУ ЗБУДЖЕННІ МОД <i>Варищук В.І., Татарин В.Я., Бобицький Я.В.....</i>	37
ДВОПАРАМЕТРИЧНИЙ НЕГАСЕНСОР НА L-НЕГАТРОНІ <i>Філинюк М.А., Лазарев О.О., Бондарюк Д.В., Поліщук А.С.....</i>	38
СИНТЕЗ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСУ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ <i>Волочій Б.Ю., Онищенко В.А., Сальник Ю.П.....</i>	39
ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖАХ WI-FI <i>Кулешова І.О.....</i>	41
СТЕНД ЛАБОРАТОРНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ З ВЕЛИКИМ СТУПЕНЕМ ІНТЕГРАЦІЇ НА ПРОГРАМОВАНОМУ КРИСТАЛІ <i>Андрущак В.Ю., Саміла А.П., Воробець Д.В., Янчишин Р.А.....</i>	42

IV-а міжнародна науково-практична конференція

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ФУНКЦІОНАЛЬНО-АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІМПУЛЬСНОЇ ТА РЕЛАКСАЦІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ЯКР <i>Саміла А.П., Каземірський Т.А.</i>	43
РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СУМІСНО ПРАЦЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ <i>Юрій Бобало, Леонід Недоступ, Мирослав Кіселичник, Павло Заярнюк, Павло Тарадаха</i>	46
ФОЗООБЕРТАЧІ НА ОСНОВІ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ (МЕМС) ДЛЯ АНТЕН ЧАСТОТНОГО СКАНУВАННЯ <i>Антоненко А.С., Гераїмчук М.Д.</i>	47
ПРО ПІДХОДИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОКОНТЕНТУ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ <i>Абакумов В.Г., Попович П.В.</i>	48
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКТОРА ФАЗОМОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ <i>Бондарев А.П., Максимів І.П., Погорецький Д.С.</i>	50
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ БАГАТОЧАСТОТНИМ ФАЗОВИМ МЕТОДОМ <i>Любчик В.Р., Шинкарук О.М., Лантвойт М.О.</i>	52
РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ АКТИВНОГО ТЕРМОСТАТУВАННЯ <i>Клепиковський А.В.</i>	54
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКУ В УКРАЇНІ <i>Семененко А.С., Абакумов В.Г.</i>	56
СПРИЙНЯТТЯ СВІТЛОВИХ ІМПУЛЬСІВ ПЕРИФЕРИЧНОЮ ОБЛАСТЮ ЗОРУ ЛЮДИНИ <i>Брайловський В.В., Пислар І.В., Пошак О.В., Рождественська М.Г.</i>	58
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ 4G ЗВ'ЯЗКУ В УКРАЇНІ <i>Саміла А.П., Юрчик Р.Л., Лукач С.М., Вільданов В.О.</i>	69
БАЗА ТА КОЕФІЦІЄНТ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ФРАКТАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ГРЕБІНКОВОЇ СТРУКТУРИ <i>Політанський Р.Л., Верига А.Д., Лесінський В.В.</i>	61
МОБІЛЬНИЙ ПРИЛАД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ <i>Єгорова Є.В., Галькевич О.О., Желтухин О.В., Перепелицин А.Є.</i>	61
МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА СПОВІЩУВАЧІВ ПОЛУМ'Я <i>Докторович І.В., Годованюк В.М., Юр'єв В.Г.</i>	62
ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ ПРИДУШЕННЯ ХИБНИХ ЦІЛЕЙ БІЧНИМИ ПЕЛЮСТКАМИ В ЛІТАКОВИХ ВІДПОВІДАЧАХ <i>Яновицький О.К.</i>	63
ПРИСТРОЇ ТА МЕТОДИ ОБСТЕЖЕНЬ ЗАХОВАНИХ КОМУНІКАЦІЙ <i>Джала Р. М., Вербенець Б. Я., Мельник М. І., Семенюк О. М.</i>	64
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ БЛИЖНЬОГО ПОЛЯ РЕШІТКИ ВИПРОМІНЮВАЧІВ <i>Туровський А.О.</i>	65
СЕКЦІЯ 2. ДЕТЕРМІНОВАНИЙ ХАОС В СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ	67
АЛГОРИТМ ШИФРУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДВОМІРНОГО СТАНДАРТНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ <i>Політанський Л.Ф., Круліковський О.В., Скрипник Ю.А.</i>	68
ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ НЕРІВНОМІРНОСТЕЙ ДЕЯКИХ ГЕНЕРАТОРІВ ХАОСУ <i>Голевич О.Б.</i>	70
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИНФОКОМУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ХАОСА <i>Карпухин А.В., Грицив Д.И., Ткаченко А.А.</i>	71

СТАТИСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ БІНАРНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ГЕНЕРОВАНИХ ОДНОМІРНИМИ ВІДОБРАЖЕННЯМИ <i>Косован Г.В., Комарніцький А.О.</i>	72
ІМПУЛЬСНА СИНХРОНІЗАЦІЯ КЛІЦЕВИХ ГЕНЕРАТОРІВ ХАОСУ З 1,5 СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ <i>Політанський Л.Ф., Галюк С.Д., Храпко С.М., Скицько А.І.</i>	74
ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ БІНАРНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ПСЕВДОВИПАДКОВИЙ ХАРАКТЕР УТВОРЕНИХ ГЕНЕРАТОРАМИ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ <i>Еліяшів О.М., Політанський Л.Ф., Політанський Р.Л., Гладун Н.Г.</i>	76
THE SPREADING OF SIGNALS' SPECTRUM OF CHUA'S CIRCUIT <i>Vovchuk D.A., Haliuk S.D., Politaniskii L.F., Nikoskinen Keijo, Tanasiuk V.S.</i>	78
РАСПОЗНАВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ С ПОМОЩЬЮ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННОЙ СЛОЖНОСТИ <i>Кириченко Л.О., Кобицкая Ю.А., Харламов А.С.</i>	80
SYMBOLIC ANALYSIS OF THE CHAOTIC EXPERIMENTAL DATA <i>Kushnir M., Stancu A.</i>	82
ПРИСТРІЙ ГЕНЕРУВАННЯ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНИХ ОДНОМІРНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ <i>Гресь О.В., Політанський Р.Л., Верига А.Д., Іванчук М.М.</i>	83
ГЕНЕРУВАННЯ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА БАЗІ ДИСКРЕТНИХ ХАОТИЧНИХ СИСТЕМ <i>Галюк С.Д., Політанський Л.Ф.</i>	85
THE FIXED POINTS OF NONLINEAR DISCRETE DYNAMICAL SYSTEMS <i>Ivaniuk Petro</i>	87
СЕКЦІЯ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ В РАДІОЕЛЕКТРОНІЦІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ	89
ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗПРОВІДНОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ WI-FI <i>Михалевський Д.В.</i>	90
ОЦІНЮВАННЯ СКАЛЯРНОГО ПАРАМЕТРА АСИМЕТРИЧНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ВИБІРКОВИМИ ЗНАЧЕННЯМИ <i>Івченко О.В., Івченко Д.В.</i>	91
СТОХАСТИЧНІСТЬ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ <i>Зіньковський Ю.Ф., Уваров Б.М.</i>	93
ПОРІВНЯННЯ МЕТОДИК СИНТЕЗУ ПАРАМЕТРІВ КОРИГУЮЧИХ КОДІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЇХ ЗАВАДОСТІЙКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ <i>Пешикін А.М.</i>	95
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ З ВИЗНАЧЕНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ <i>Трапезон К.О., Ліповських А.В., Ободовський Є.О.</i>	97
МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ <i>Гнатюк С.Є.</i>	99
МЕТОД ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ МАКРОМОДЕЛІ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ДАТЧИКА ЗМІННОГО ТИСКУ <i>Ситник О.О., Протасов С.Ю., Ключка К.М.</i>	100
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОБУДОВИ ДЕРЕВА ВІДМОВ ДЛЯ ОЦІНКИ БЕЗПЕЧНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ <i>Волочій Б.Ю., Озирковський Л.Д., Мащак А.В., Шкілюк О.П.</i>	102

ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ РОЗВИТКУ КОРПОРАТИВНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖ НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ «ТОРГОВО-БУДІВЕЛЬНИЙ БУДИНОК «ОЛДІ»	
<i>Ковальчук О.О., Ступак Г.В., Червинський В.В.</i>	104
ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ В КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ	
<i>Климаш М.М., Бешилей М.І., Кагало І.О., Готра Л.М.</i>	106
МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ХЕНДОВЕРУ В БЕЗПРОВІДНИХ СИСТЕМАХ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
<i>Климаш М.М., Бешилей М.І., Селюченко М.О.</i>	108
БАГАТОРІВНЕВА МОДЕЛЬ БУФЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ У ВУЗЛАХ ОБСЛУГОВУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНОГО ТРАФІКУ	
<i>Кирик М.І., Плєсканка Н.М., Климаш Ю.В.</i>	110
МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСУ НАДАННЯ СЕРВІСУ З ВРАХУВАННЯМ СТРУКТУРИ ЦОД ДЛЯ МЕРЕЖ З CLOUD ТЕХНОЛОГІЄЮ	
<i>Стрихалюк Б.М., Шпур О.М.</i>	112
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ ДВОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРАВИЛ ОБРОБКИ РАДІОСИГНАЛІВ НА ФОНІ НЕГАУСІВСЬКИХ ЗАВАД	
<i>Палагін В.В., Гончаров А.В., Уманець В.М.</i>	114
ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕХОДА К СЕТЯМ 4G В УКРАЇНЕ	
<i>Кириленко І.С., Яремко І.Н.</i>	116
ЩОДО СТІЙКОСТІ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ МЕРЕЖ ДОСТУПУ	
<i>Манько О.О., Скубак О.М., Манько В.О.</i>	117
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОЦЕСІВ РЕШТЧАСТИМ МЕТОДОМ БОЛЬЦМАНА	
<i>Нестеренко Б.Б., Новотарський М.А.</i>	118
КОРРЕКЦІЯ ПОЛОЖЕНІЙ МАКСИМУМОВ ПРИ АНАЛІЗЕ ЦИФРОВИХ ОТСЧЕТОВ	
<i>Антилогов Д.И.</i>	119
ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШВИДКОСТІ ЗА ДАНИМИ ОПТИЧНОГО ПОТОКУ ВІДЕОКАМЕРИ	
<i>Молчанов А.О.</i>	120
АДАПТИВНІ ПІДХОДИ ДО АПРОКСИМАЦІЇ СИГНАЛІВ, ЩО БАЗУЮТЬСЯ НА ГРАДІЄНТНИХ МЕТОДАХ ДРУГОГО ПОРЯДКУ	
<i>Дегтяр О.С.</i>	123
MODELING OF THE NEW THREE-DIMENSIONAL CHAOTIC SYSTEM WITH LABVIEW	
<i>Rusyn V., Stoleriu L.</i>	122
АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОДНОГО СТІЛЬНИКА МЕРЕЖІ GSM	
<i>Карпінська Г.К., Попович П.В.</i>	123
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	
<i>Тарадаха П.В., Бондарєв А.П., Заярнюк П.М., Недоступ Л.А.</i>	125
ОБРОБКА ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ СПОТВОРЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	
<i>Луцик Я.В., Фодчук І.М.</i>	126
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КВАРЦОВОГО РЕЗОНАТОРА БАГАТОЧАСТОТНОЇ П'ЄЗОРЕЗОНАНСНОЇ АВТОКОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	
<i>Стецюк В. І., Хоптинський Р.П.</i>	127
ПЕРЕДУМОВИ ТА КОНЦЕПЦІЇ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА З КУРСУ «ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ»	
<i>Готра З.Ю., Фечан А.В., Кремер І.П.</i>	130
ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОГО МІКРОСКОПУ НА ОСНОВІ ПЗС-МАТРИЦІ В ЯКОСТІ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ КОНТРОЛІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ	
<i>Редько О.О.</i>	131

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ РЕДУКЦІЇ ДІАГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ, ПОБУДОВАНИХ З ЯДЕР ВОЛЬТЕРРА ОБ'ЄКТІВ КОНТРОЛЮ <i>Григоренко С.М., Павленко В.Д.</i>	132
СЕКЦІЯ 4. БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	135
НОВІ ПІДХОДИ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ <i>Хохлачова Ю.Є.</i>	136
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІД ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ <i>Розорінов Г.М., Платоненко А.В.</i>	137
КОМБІНУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІСНУЮЧИХ КВАНТОВИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ В ЦІЛІСНИЙ КОМПЛЕКС ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ <i>Болонна Є.І., Шпатар П.М.</i>	138
UPGRADE OF ANTI-FRAUD SYSTEM <i>Usevich I.O., Eliashiv O.M.</i>	140
ЕЛЕМЕНТИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ <i>Дудикевич В.Б., Микитин Г.В., Крет Т.Б.</i>	142
ДО ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ <i>Дудикевич В.Б., Пащук О.В., Микитин Г.В.</i>	143
МЕТОД МАРШРУТИЗАЦІЇ У БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ <i>Войтович О. П., Пищенко Д. С.</i>	145
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕСТУ НА ПРОНИКНЕННЯ У БІЗНЕС СФЕРІ <i>Щіпний О.О., Гладун Н.Г., Магалу Д.В.</i>	146
АДМІНІСТРАТИВНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ПРАВОПОРУШЕННЯ У СФЕРІ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ: ОКРЕМІ ПРОБЛЕМИ ПИТАННЯ <i>Бердега В.Ф., Драюк В.М.</i>	148
THE USAGE OF ARTISTIC EFFECTS AND PHOTOSHOP/MATHCAD SOFTWARE ENVIRONMENTS IN PRIMARY GRAPHIC CONTAINERS TO ASSESS THE INCREASE OF STEGO CHANNEL BANDWIDTH <i>Vlasiuk G.G., Spivak V.M., Muzhailo A.A.</i>	150
СЕКЦІЯ 5. НАНО- ТА МІКРОЕЛЕКТРОНІКА	153
ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР ПОЛИЭТИЛЕН–ДИОКСИД ВАНАДИЯ <i>Анискина А.А., Колбунов В.Р., Тонкошкур А.С.</i>	154
ИССЛЕДОВАНИЯ ВОСПРИИМЧИВОСТИ К МАГНИТНЫМ ПОЛЯМ ОБРАЗЦОВ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОПАЛОВЫХ МАТРИЦ <i>Хлопов Б.В., Шпак А.В., Ковалюк Я.В.</i>	155
ПОВЕДІНКА КМОН ТРАНЗИСТОРІВ ПРИ ПОНИЖЕНИХ НАПРУГАХ ЖИВЛЕННЯ <i>Бойко С.І., Голота В.І., Козут І.Т.</i>	157
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ПОЛИЭТИЛЕН–VO ₂ <i>Липовецкая Ю.В., Колбунов В.Р., Тонкошкур А.С.</i>	157
РАДІОТЕХНІЧНІ МОДЕЛІ БАР'ЄРНИХ МІКРО- ТА НАНОСТРУКТУР <i>Водолазька М.В., Нелін Є.А.</i>	159
АУКСЕТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОНОКРИСТАЛІВ SNSE <i>Раранський М.Д., Балазюк В.Н., Гулько М.М., Рябой О.С.</i>	161
ВПЛИВ ІЗОВАЛЕТНОЇ ДОМІШКИ Mg НА ВЛАСТИВОСТІ CdSe <i>Сльотов М.М., Гавалешко О.С., Сльотов О.М.</i>	164

ПОЛУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ШИМ-МОДУЛЯЦИИ И ПРЕДСКАЗЫВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА	
<i>Евсеенко О.Н., Савицкий С.М., Сальников Д.В.</i>	165
ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ДИФУЗІЙНИХ ШАРІВ ZnSe:Yb	
<i>Махній В.П., Горлей П.П., Кінзерська О.В., Слинко Є.І., Уляницький К.С.</i>	167
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ НАНОКОМПОЗИТНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ НІКЕЛІУ	
<i>Борисова О.В., Бабич Б.Б., Вербицкий В.Г., Мачулянський О.В., Смілик В.О.</i>	168
КРИТЕРІЙ АУКСЕТИЧНОСТІ КРИСТАЛІВ КУБІЧНОЇ СИНГОНІЇ	
<i>Раранський М.Д., Балазюк В.Н., Гуньо М.М., Гевик В.Б.</i>	170
ІЄРАРХІЧНІ КЛАТРАТО/КАВІТАТНІ НАНОСТРУКТУРИ ДЛЯ СПІНОВИХ КОНДЕНСАТОРІВ ТА ВИСОКОЧУТЛИВИХ СЕНСОРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ	
<i>Григорчак І.І., Іващизин Ф.О., Біцанюк Т. М.</i>	172
АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ УТВОРЕННЯ ВЛАСНИХ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ В КРИСТАЛАХ ZnSe З ІЗОВАЛЕНТНОЮ ДОМІШКОЮ Ca	
<i>Боднарчук О.О., Ткаченко І.В.</i>	174
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗПОДІЛУ В АНІЗОТРОПНИХ ТЕРМОЕЛЕМЕНТАХ	
<i>Гуцул І.В., Гуцул В.І.</i>	175
НЕОРГАНІЧНО/ОРГАНІЧНІ НАНОГІБРИДИЗОВАНІ СТРУКТУРИ ДЛЯ КВАНТОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ І ПРИСТРОЇВ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ	
<i>Григорчак І.І., Іващизин Ф.О., Біцанюк Т.М., Балабан О.В.</i>	176
ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ	
<i>Душейко М.Г., Іващук А.В., Якименко Ю.І., Клей М.І., Лозінський В.Б., Горбулик В.І.</i>	178
Cu ₂ ZnSnS ₄ LIGHT ABSORBERS GROWN FROM SULPHIDES PRECURSORS AT LOWER TEMPERATURES	
<i>Ganus V.O., Klyui N.I., Semenenko M.O., Babichuk I.S., Gorbulik V.I.</i>	180
ЯВИЩЕ ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ В МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНКАХ ПРИ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОМУ ЗБУДЖЕННІ	
<i>Готра З. Ю., Микитюк З. М., Фечан А. В., Вісьтак М.В., Сушинський О.Є., Гнат А. З.</i>	182
ЙМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ МІКРОКОНТАКТНИХ З'ЄДНАНЬ ІС ЗА РІВНЕМ ВНУТРІШНІХ МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ	
<i>Дячок Д.Т., Семенюк А.Й., Кучмії Г.Л., Кремер І.П., Дорош Н.В.</i>	183
ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНО-АБСОРБЦІЙНІ СВІТЛОФІЛЬТРИ НА БАЗОВИХ КРИСТАЛАХ In ₄ (Se ₃) _{1-x} Te _{3x} ТА Cd _{1-x} Zn _x Sb	
<i>Стребжежев В.В., Нічий С.В., Стребжежев В.М., Юрійчук І.М., Клето Г.І.</i>	184
КВАЗІСТАЦІОНАРНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ СПЕКТР У БАГАТОШАРОВІЙ НАПІВПРОВІДНИКОВІЙ НАНОТРУБЦІ	
<i>Гуцул В.І., Кучак А.І., Маханець О.М.</i>	185
ВЗАЄМОДІЯ ЕЛЕКТРОНІВ З ІНТЕРФЕЙСНИМИ ФОНОНАМИ У ЗАКРИТІЙ ТРИЯМНІЙ НАНОСТРУКТУРІ	
<i>Гринишин Ю.Б., Ткач М.В., Сеті Ю.О., Войцехівська О.М.</i>	186
КАНАЛИ ПРОЗОРОСТІ РЕЗОНАНСНО-ТУНЕЛЬНОЇ НАНОСТРУКТУРИ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛЯХ	
<i>Ю.О.Сеті, М.В.Ткач, М.В.Паньків</i>	187
ВПЛИВ СТРУМІВ ОБМЕЖЕНИХ ПРОСТОРОВИМ ЗАРЯДОМ НА ВЛАСТИВОСТІ ДЕТЕКТОРІВ In-Cd(Zn)Te-In	
<i>В.М. Склярчук, О.Ф. Склярчук</i>	188
ЕЛЕКТРИЧНІ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОСТРУКТУР SnO ₂ -GaP	
<i>В.П. Махній, Ю.В. Воробйов, І.Г Орлецький, В.М. Склярчук</i>	190

МЕХАНІЗМИ ЗМІНИ ПРОВІДНОСТІ ПРУЖНО ДЕФОРМОВАНИХ КРИСТАЛІВ p-Si, ОПРОМІНЕНИХ Х-ПРОМЕНЯМИ	
<i>Павлик Б.В., Лис Р.М., Дідик Р.І., Слободзян Д.П., Шикоряк Й.А.</i>	191
МУАРОВІ КАРТИНИ МОДЕЛЬНИХ МІКРОПОДРЯПИН В Si	
<i>Яремчук І.В., Фодчук І.М., Новіков С.М.</i>	192
ЕЛЕКТРОННОМІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЛІВОК ТА ЕПІТАКСІЙНИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ CdSb, ZnSb В РЕЖИМАХ СЛАБКОГО КОНТРАСТУ	
<i>Обедзинський О.Ю, Стребезев В.М., Дремлюженко С.Г., Юрійчук І.М.</i>	193
СПЕКТР ВИПРОМІНЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОНІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ ВЗДОВЖ ГВИНТОВОЇ ЛІНІЇ В СЕРЕДОВИЩІ	
<i>Константинович А.В., Константинович І.А.</i>	195
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШАРУВАТИХ СТРУКТУР «КРЕМНІЙ -СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНА ПЛІВКА»	
<i>Горбулик В.І., В. Герасим, Клето Г.І.², Попов В.Г., Романюк Б.М., Любченко О. І.</i>	196
УТВОРЕННЯ НАНОКЛАСТЕРІВ ТА ТЕРМОДОНОРІВ В КРЕМНІЙ ЧОХРАЛЬСЬКОГО ПРИ ІМПЛАНТАЦІЇ ІОНІВ ВУГЛЕЦЮ	
<i>В. Горбулик, В. Герасим, Є.Васил'єв, В. Литовченко, В. Попов, В. Федулов</i>	197
ОТРИМАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК CdZnS ТА СТРУКТУР CdZnS/p-CdZnTe	
<i>Фрасуняк В.М., Орлецький І.Г.</i>	198
ВПЛИВ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ШАРУ SiO ₂ НА ПАРАМЕТРИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ SnO ₂ :F/SiO ₂ /n-Si/n ⁺ Si	
<i>Орлецький І.Г., Фрасуняк В.М.</i>	199
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ОТРИМАННЯ НА РІВНОВАЖНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ CdTe:V	
<i>Парфенюк О.А., Курик А.О., Плащук М.І., Гавалешко Н.М., Чупира С.М.</i>	200
ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ CdTe:Li	
<i>Мельник В.В., Сльотов М.М.</i>	201
АНАЛІЗ ТА ОБРОБКА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	
<i>Новіков С.М., Трічева К.В.</i>	202
ІМПУЛЬСНИЙ ВИСОКОСТАБІЛЬНИЙ СИГНАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ МАГНІТОТРАНЗИСТОРІВ	
<i>Годинюк І.М., Голяка Р.Л., Готра З.Ю., Політанський Л.Ф.</i>	204
РІДКОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БІОСЕНСОРІВ	
<i>Вісьтак М.В.</i>	205
ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖШАРОВОЇ ВІДСТАНІ В InSe	
<i>Ластівка Г.І., Раранський М.Д., Ковалюк З.Д., Балазюк В.Н., Хандошко В.О.</i>	206

25

Кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки



Короткі історичні відомості становлення кафедри радіотехніки у ЧНУ

Інтенсивний розвиток електронної промисловості в Україні, зокрема у Чернівцях, спричинив потребу у фахівцях радіоелектронного профілю. Тому в 1986 році на фізичному факультеті ЧДУ ім. Юрія Федьковича здійснено перший набір студентів на спеціальності “Радіотехніка” та “Конструювання і технологія виробництва радіоелектронної апаратури”. Забезпечення навчального процесу було доручено секції радіоелектроніки фізичного факультету, на базі якої в 1987 році була створена кафедра радіоелектронної апаратури. Виконуючим обов’язки завідувача кафедри був призначений талановитий фахівець доц. Шеляг О.Р.

У зв’язку з початком будівництва в Чернівцях нового радіотехнічного заводу на фізичному факультеті створено радіотехнічне відділення очолюване заступником декана доц. Брайловським В.В. Набір на перший курс стаціонарної форми навчання зріс до 50 студентів на кожну спеціальність. З метою забезпечення навчального процесу здійснюється створення матеріально-технічної бази та формування викладацького складу відділення. Придбання обладнання здійснювалося за рахунок коштів університету та підтримки військово-промислового комплексу м.Чернівці (“Травітон”, “Кварц”, Радіотехнічний завод). Навчально-методичне забезпечення здійснювалось за допомоги Львівського політехнічного інституту, Харківського інституту радіоелектроніки, Московського інституту радіоелектроніки.

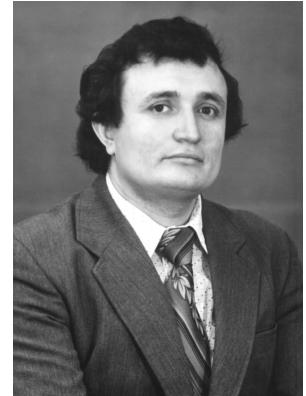
На той час на кафедрі працювали співробітники Александров В.В., Бзовий Е.Г., Коцюмаха П.А., Редько Ю.Ф., Червінська В.В., Мойсюк А.А., Пацарнюк Я.В., Зелик А.С., Горлей П.М., Кушнір М.Я.

Відкриття кафедри радіотехніки

Враховуючи потреби підприємств ВПК м. Чернівці у фахівцях радіотехнічного профілю згідно рішення ректорату 1 жовтня 1989 року в Чернівецькому державному університеті була створена кафедра радіотехніки. Очолив кафедру кандидат технічних наук, директора ОКБ “Рута” ВО “Травітон” Л.Ф. Політанський. На кафедрі працювали викладачі Брайловський В.В., Горлей П.М., Жук О.П., Хандожко О.Г., Ватаманюк П.П., Федоренко А.П., Воробець Г.І., Зелик А.С., Царик Т.О. Для викладання спеціальних дисциплін запрошувались викладачі з інших вузів.

В 1999 році за поданням університету та за підтримки членів методичної Комісії спеціальності “Радіотехніка” МОН України спеціальність “Радіотехніка” була доповнена спеціалізацією 7.090701 “Системи захисту інформації” (наказ по МОН України від 31.08.99, №1/9333).

Починаючи з 2000 р. на кафедрі інтенсивно проводяться роботи по створенню матеріально-технічної та методичної бази для підготовки фахівців за новою спеціальністю, впровадження нової спеціалізації. Створений потенціал кафедри дав можливість відкрити в 2002 році нову спеціальність “Захист інформації з обмеженим доступом та автоматизація її обробки”.



Завідувач кафедри радіотехніки
Політанський Л.Ф.



На колективній радіостанції ЧНУ UR4YWW працюють
Жук О.П. і Танасюк В.С., 1975 р.

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*



Коллектив кафедри, 2002 р.

Починаючи з 2003 року у Чернівецькому національному університеті був розпочатий прийом абітурієнтів на навчання за спеціальністю 7.090701 “Системи технічного захисту інформації”. В зв’язку з цим кафедра отримала розширену назву – кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки.

Формування контингенту студентів здійснювалось, як за рахунок випускників середніх шкіл, так і випускників технікумів з дипломами молодших спеціалістів. Значна кількість випускників Чернівецького політехнічного технікуму, які навчалися на кафедрі на даний час успішно захистили кандидатські дисертації та працюють на кафедрі (Шпатар П.М., Верига А.Д., Ластівка Г.І.).

Сучасність і кафедра

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки проводить підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів бакалавр, спеціаліст та магістр за напрямками “Радіотехніка” і “Системи технічного захисту інформації”. При кафедрі успішно функціонує аспірантура зі спеціальностей: 05.27.01 – “Твердотільна електроніка”, 05.12.13 – “Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій” та докторантура зі спеціальності 05.27.01 – “Твердотільна електроніка”.

Співробітниками кафедри проводиться робота по працевлаштуванню випускників згідно отриманим кваліфікаційним рівням. Працевлаштуванню сприяє проходження практики на базі підприємств і організацій міста та області а також введення у варіативну частину навчальних планів спеціалізованих дисциплін, що дозволяють студентам ґрунтовніше опанувати обраний фах з врахуванням специфіки діяльності і потреб конкретних підприємств, організацій та наукових закладів.

Наукова робота, що виконується співробітниками кафедри здійснюється за двома напрямками: використання процесів хаотичної динаміки в інформаційних та телекомунікаційних системах (керівник проф. Політанський Л.Ф.) та розроблення радіоспектроскопічних методів дослідження напівпровідникових матеріалів (керівник проф. Хандожко О.Г.). До послуг радіоаматорів на кафедрі функціонує колективна радіостанція ЧНУ UR4YWW, де студенти приймають участь в міжнародних та всеукраїнських змаганнях із радіозв’язку на коротких та ультракоротких хвилях і посідають призові місця. Крім того, при кафедрі працює студентське конструкторське бюро “АЛЕФ”, до складу якого входять наступні підрозділи: системи захисту інформації,

інформаційні технології, телекомунікаційні системи, аудіо-технології. Активну участь у науковій роботі приймають студенти старших курсів, результатом чого є участь у наукових конференціях, публікації та призові місця на конкурсах студентських наукових робіт і олімпіадах (Куку Ф.М., Гладун Н.Г., Драбик Я.В., Писанюк П.О., Крояло П.М., Усевич І.О., Жмуринський Д.А., Вовчук Д.А., Полянська А.П., Єрмоленко Є.С., Храпко С.М., Скрипник Ю.А., Лукаш І.В., Андрущак В.Ю., Шилов А.В.).

На кафедрі радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича функціонує спеціалізована вчена рада К76.051.09 з правом захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.27.01 – твердотільна електроніка. (голова ради – Політанський Л.Ф., учений секретар – Шпатар П.М.).

За час існування кафедри захищено три докторські дисертації (Горлея П.М., Політанський Л.Ф., Хандожко О.Г.) та п’ятнадцять кандидатських дисертацій (Ватаманюк П.П., Жук О.П., Скицько А.І., Рождественська М.Г., Іларіонов О.Є., Шпатар П.М., Іванчук М.М., Верига А.Д., Саміла А.П., Ластівка Г.І., Лесінський В.В., Галюк С.Д., Іванюк П.В., Годинюк І.М., Хандожко В.О.).

На даний час в аспірантурі навчається 9 осіб: Еліяшів О.М., Косован Г.В., Гресь О.В., Русин В.Б., Стребжев В.В., Вовчук Д.А., Болонна Є.І., Храпко С.М., Круліковський О.В. На кафедрі є три докторанти – Політанський Р.Л., Саміла А.П., Шпатар П.М. Обдаровані студенти, аспіранти та викладачі кафедри проходять стажування у провідних вузах Європейських країн згідно грантів Erasmus Mundus (Іванюк П.В. – Франція, Нідерланди; Еліяшів О.М. – Італія; Вовчук Д.А. – Фінляндія; Кушнір М.Я., Русин В.Б. – Румунія).

На базі кафедри з 2011 року проводиться Міжнародна науково-практична конференція «Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки». Учасниками конференції представлені провідні вузи України та іноземних держав (Мексика, Ізраїль, Португалія, Польща, Фінляндія, Румунія, Росія). На науковому форумі активно обговорюються проблеми сучасних радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій, використання детермінованого хаосу в системах зв’язку, моделювання та інформаційні технології, нано- та мікроелектроніка.



Учасники Міжнародної науково-практичної конференції, 2012 р.

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ЕФЕКТ ЗЕСМАНА В ЯДЕРНОМУ КВАДРУПОЛЬНОМУ РЕЗОНАНСІ СПОЛУК GaSe ТА InSe

Хандожко О.Г., Хандожко В.О., ¹Саміла А.П.
Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна E-mail: ¹asound@ukr.net

Анотація. – Представлено результати досліджень дії слабого магнітного поля ($0 \div 10$ Гс) на спектральні лінії ЯКР в шаруватих сполуках GaSe та InSe. Знайдено, що розщеплення резонансних ліній в результаті ефекту Зеємана може бути використано для визначення напрямку дії та оцінки величини індукції прикладеного магнітного поля.

Ключові слова: ефект Зеємана, ЯКР, шаруваті напівпровідники.

I. Вступ

Інтерес до магнітометрії слабких магнітних полів викликаний не тільки особливостями магнітного поля Землі, а й існуванням магнітної активності живих організмів, і зокрема, людини. У якості сенсорів магнітного поля найбільшого поширення набули давачі на основі ефекту Холла. Однак в області малих магнітних полів (<10 Гс) вони являються неефективними через низький рівень вимірювального сигналу.

Ефект Зеємана в ядерному квадрупольному резонансі (ЯКР) виникає при накладанні на зразок слабого магнітного поля, яке викликає розщеплення резонансних ліній, менше, ніж відстань між рівнями чисто квадрупольної енергії.

У даній роботі наведені результати досліджень залежності параметрів ЯКР у напівпровідникових кристалах GaSe і InSe від дії слабого магнітного поля. Дані сполуки відрізняються шаруватою кристалічною структурою. Останнє призводить до сильної анізотропії фізичних властивостей і, як наслідок, до появи градієнта електричного поля на металевих вузлах Ga і In. Наявність квадрупольних моментів і висока природна поширеність ізотопів ⁶⁹Ga і ¹¹⁵In дозволяє спостерігати досить інтенсивні сигнали ЯКР.

II. Експериментальні методи

При накладанні на монокристалічний зразок зовнішнього магнітного поля H_0 рівні ядерної квадрупольної енергії описуються наступним виразом

$$E_Q = \frac{eQq_z}{4J(2J-1)} [3m^2 - J(J+1)] \pm \hbar m H_0 \cos \theta, \quad (1)$$

де θ – кут між напрямком квадрупольної поляризації та зовнішнім магнітним полем, H_0 – величина напруженості зовнішнього магнітного поля, J – ядерний спин, γ – гіромагнітне відношення для ядер ⁶⁹Ga та ¹¹⁵In.

З даного виразу випливає, що магнітне поле знімає $\pm m$ – виродження і викликає розщеплення кожного квадрупольного рівня. Величина цього симетричного розщеплення становитиме [1]

$$\Delta \nu = \pm \frac{\gamma}{4\pi} H_0 \cos \theta. \quad (2)$$

Для отримання чіткої залежності розщеплення від магнітного поля слід вибирати якісні монокристали з неширокими лініями і відсутністю блочних включень. При дослідженні ЯКР у згаданих сполуках використовувалися монокристали, вирощені методом Бріджмена. З метою послаблення впливу недосконалості кристалічної матриці на якість резонансних ліній кристали (об'єм 1 см³) відпалювали у

вакуумі поетапно при температурах 500 °С, 250 °С і 150 °С. В такому випадку спостерігалися резонансні спектри ⁶⁹Ga і ¹¹⁵In з відносно вузькими лініями (рис. 1), ширина яких становила не більше ~2,5 кГц. Мультиплетність спектрів викликана політипією кристалічної структури, яка характерна для сполук GaSe і InSe [2]. Градієнт електричного поля для кристалічної структури даних сполук має аксіальну симетрію і тому лінії ЯКР не піддаються додатковому розщепленню.

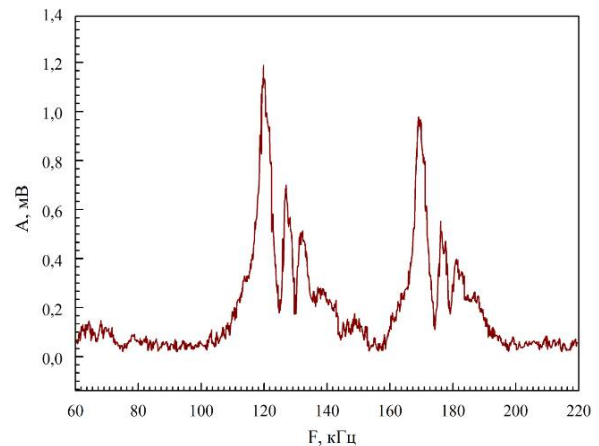


Рис. 1. Вплив магнітного поля Землі (0,4 Гс) на ЯКР в GaSe

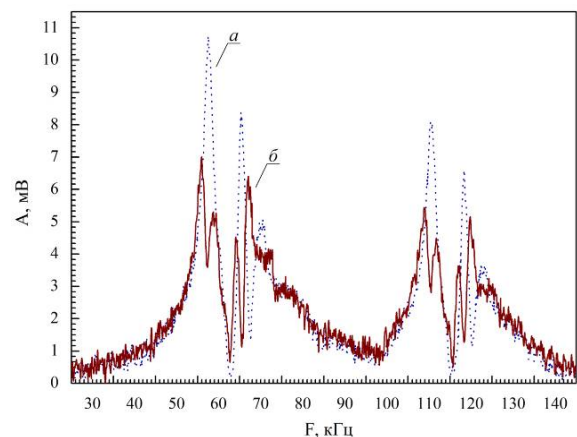


Рис. 2. Розщеплення ліній в зовнішньому магнітному полі: а – $H_0 \rightarrow 0$, б – $H_0 = 1,5$ Гс в GaSe

Амплітуда розщеплення залежить від орієнтації монокристала у магнітному полі. Максимальна відстань між лініями спостерігається при орієнтації H_0 вздовж оптичної вісі c , яка збігається з напрямком ковалентного зв'язку пар атомів Ga – Ga для GaSe та In – In для InSe. У цьому випадку височастотне поле H_1 направлено перпендикулярно вісі c .

На рис. 3 представлена залежність розщеплення у вигляді частотного інтервалу від орієнтації прикладеного поля щодо оптичної вісі c . Найбільше розщеплення ліній ЯКР спостерігається при орієнтації магнітного поля H_0 уздовж

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

градієнта електричного поля, тобто паралельно оптичній вісі кристалу $H_0 \parallel c$, а височастотне поле H_1 в даному випадку направлено нормально до вісі c .

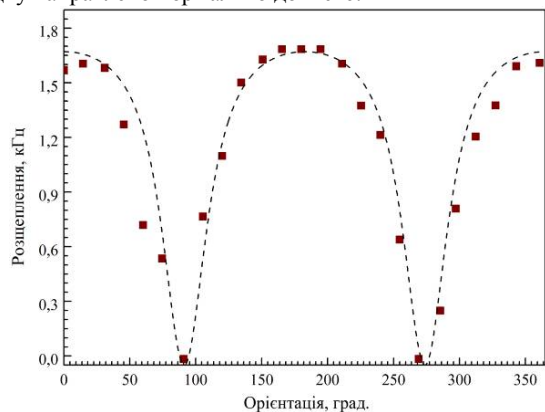


Рис. 3. Залежність величини розщеплення лінії ЯКР від взаємної орієнтації магнітного поля й вісі аксіальної симетрії c для ^{69}Ga в GaSe.

Точність визначення величини магнітної індукції залежить від якості монокристалічного зразка і в області $0 \div 10$ Гс становила $\pm 0,05$ Гс. На рис. 4 представлені залежності амплітуди розщеплення ліній ЯКР для ядер ^{69}Ga і ^{115}In . Особливість розщеплення ліній спектру від величини магнітного поля полягає в лінійній залежності при відносно невеликих значеннях магнітного поля ($< 10 \div 20$ Гс). Для ядер ^{115}In залежність від магнітного поля є сильнішою в порівнянні з ^{69}Ga , що узгоджується з величинами гіромагнітних відношень досліджуваних ядер.

В полі напруженості 1 Гс величина розщеплення складає 1,54 кГц. Таким чином, вимірювання напруженості магнітного поля зводиться до визначення частотного інтервалу розщеплення. Основна похибка вимірів поля у даному випадку залежить від ширини розщепленої лінії і для спектру ЯКР в GaSe складає $\pm 0,05$ Гс.

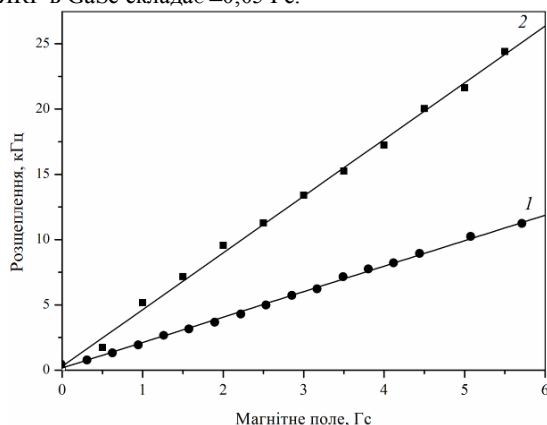


Рис. 4. Залежність розщеплення ліній в спектрах ЯКР від магнітного поля для ядер ^{69}Ga (1) та ^{115}In (2) в GaSe і InSe відповідно.

III. Висновки

З результатів експерименту видно, що ефект Зеемана в ЯКР ядер галію та індію в сильно анізотропних кристалах GaSe і InSe може бути використаний не тільки для оцінки величини індукції магнітного поля, але й для визначення просторової орієнтації.

Апаратна реалізація магнітометра на основі ефекту Зеемана може мати два варіанти. Для отримання спектру ЯКР в магнітному полі можна застосувати як стаціонарний метод

спостереження, так і імпульсний. Останній є більш придатний з-за малого часу, який потрібний для реєстрації спектру ЯКР.

IV. Список літератури

- [1] Terhell J.C.J.M. Polyttypism in the III-VI layer compounds // J.C.J.M. Terhell // Progr. Cryst. Growth and Characterization of Polytype Struct. – 1983. – V.7. – P. 55-110.
- [2] Гречишкін В.С. Ядерные квадрупольные взаимодействия в твердых телах / В.С. Гречишкін - М.: Наука, 1973. – 263с.
- [3] Хандожко А.Г. Импульсный радиоспектрометр ЯКР с эффективным подавлением переходного процесса // А.Г. Хандожко, В.А. Хандожко, А.П. Самила. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Том 6, № 12(66). – С. 21-25.

ZEEMAN EFFECT ON THE NQR IN GASE AND INSE

Khandozhko A.G., Khandozhko V.A., Samila A.P.

Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Interest in magnetometry low magnetic fields caused not only features field of the Earth, but also the existence of magnetic activity of living organisms, and particularly humans. As the magnetic field sensors most widely used sensors based on the Hall effect. However, at low magnetic fields (< 10 E) they are ineffective due to low measurement signal.

Zeeman effect of nuclear quadrupole resonance (NQR) observed under the influence of a low magnetic field on the sample, which causes the splitting of the resonance lines is less than the distance between the quadrupole energy levels.

This paper presents the results of studies depending NQR parameters in semiconductor crystals GaSe and InSe from low magnetic field. These compounds differ layered crystal structure. This leads to a strong anisotropy of physical properties and appearance of the electric field gradient at the metal sites Ga and In. Availability quadrupole moments and high prevalence in nature isotopes ^{69}Ga and ^{115}In allows to observe pretty intense NQR signals.

To investigate NQR in the compound used crystals grown by the Bridgman method. In order to reduce the influence of imperfections in the crystal matrix on the quality of the resonance lines of crystals (volume 1 cm^3) were annealed in vacuum stages at 500°C , 250°C and 150° . In this case, the observed resonance spectra of ^{69}Ga and ^{115}In with relatively narrow lines, whose width is no more than about ~ 2.5 kHz.

The dependence of the splitting frequency range as the orientation of the applied field on the optical axis c is investigated. Most NQR line splitting observed in the orientation of the magnetic field H_0 along the gradient of the electric field is parallel to the optical axis of the crystal $H_0 \parallel c$ and high-frequency field H_1 in this case is directed normal to the axis c . The accuracy of the magnetic induction depends on the quality of single-crystal sample and in the $0 \div 10$ G was $\pm 0,05$ G. Measurement of the magnetic field is reduced to determining the frequency interval splitting. The basic error of measurement field in this case depends on the width of the split line and NQR spectrum of GaSe is $\pm 0,05$ G.

For nuclei ^{115}In dependence on the magnetic field is stronger in comparison with ^{69}Ga , which is consistent with the values of gyromagnetic ratios of the studied nuclei.

Experimental results shows that the Zeeman effect in NQR nuclei of gallium and indium in strongly anisotropic crystals GaSe and InSe can be used not only for evaluation magnitude of the magnetic field, but also to determine the space orientation.

Hardware implementation magnetometer based on the Zeeman effect may have two options. For NQR spectrum in a magnetic field can be used as a method of continuous-wave observation, or pulsed. The latter is more suitable as a small registering NQR spectrum.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ШИРОКОСМУГОВІ ФОТОДЕТЕКТОРИ НА БАЗІ КОНТАКТІВ МЕТАЛ-ІІ-VІ НАПІВПРОВІДНИКІВ

Махній В.П.

Кафедра оптоелектроніки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: vpmakhniy@gmail.com

Анотація. – досліджено вплив технології виготовлення та умов експлуатації на фотоелектричні властивості контактів метал-широкозонна ІІ-VІ сполука. Показано, що створення квантово-розмірної структури на поверхні напівпровідникової підкладки приводить до суттєвого збільшення напруги холостого ходу, струму короткого замикання і короткохвильової фоточутливості. Виявлено, що останню можна ще підвищити шляхом подачі на контакт оберненої напруги.

Ключові слова: широкозонні ІІ-VІ сполуки, контакт метал-напівпровідник, фотодетектори.

Для вирішення деяких прикладних задач сучасності оптоелектроніки необхідні швидкодіючі фотодетектори з чутливістю у широкому спектральному діапазоні, включаючи й ультрафіолетовий. Для цього, зазвичай, використовують контакти метал-напівпровідник (КМН), які мають низку переваг перед структурами з р-п-гомо- та гетеропереходом. Найголовнішими з них є відносно проста технологія створення одно- та багатоелементних структур довільної площі та топології в одному технологічному циклі на моно- або полікристалічній підкладці з лобою величиною і типом провідності. Це дозволяє суттєво розширити номенклатуру використовуваних напівпровідникових матеріалів, яка на даний час фактично обмежена Si та ІІІ-V сполуками. Покращення ж параметрів існуючих фотодетекторів та створення нових стримується низкою невирішених проблем, основними, з яких є отримання максимальної висоти потенціального бар'єра ϕ_0 і забезпечення мінімальної швидкості поверхневої рекомбінації V_s . Крім того, експлуатація детекторів у "фотодіодному" режимі потребує КМН без "мікроплазмового" пробую, оскільки останній суттєво погіршує співвідношення сигнал / шум і часову стабільність. Перспективним у даному аспекті можуть бути технології, які базуються на трансформації (модифікації) властивостей приповерхневих шарів напівпровідникових підкладок, не впливаючи при цьому на об'ємні параметри базового матеріалу.

У даній роботі аналізуються основні параметри і характеристики фотодетекторів, виготовлених нанесенням напівпрозорої плівки Au або Ni на підкладки низки ІІ-VІ сполук з квантово-розмірною поверхнею. Вона утворюється шляхом хімічної обробки підкладок (ZnS, ZnSe і CdS) у спеціальних розчинах або термічного відпалу CdTe на повітрі. Звернемо увагу на те, що згадані обробки викликають збільшення у 1,2-1,5 рази висоти бар'єру і адекватного росту напруги холостого ходу. Крім того, оскільки квантово-розмірна поверхня має більшу ефективну площу порівняно з дзеркальною, то це призводить до збільшення струму короткого замикання. Зростання струмової чутливості S_i у короткохвильовій області зумовлено зменшенням швидкості поверхневої рекомбінації у результаті модифікації підкладок.

Ще більше зменшення досягається використанням встановленого нами ефекту залежності S_i від прикладеної до фотодетектора оберненої напруги [1], що ілюструється рис. 1 (пунктир). Зауважимо, що оскільки вона значно менша від напруги пробую, то цей режим експлуатації детектора протилежний тому, що використовується у лавинних

фотодіодах [2]. Крім того, знак прикладеної напруги відрізняє його від інжекційних фотодіодів, які працюють при прямих зміщеннях [2].

Обговорюються можливі області застосування розроблених фотодетекторів

S_i , А/Вт

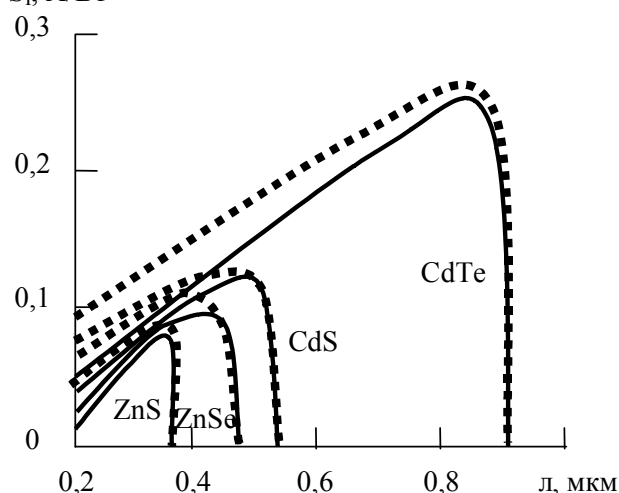


Рис. 1. Спектри фоточутливості ПБД при різних обернених напругах $V=0$ (суцільні криві) і $V=-2$ В (пунктир).

Так, зокрема, контакти метал-ZnS можуть використовуватись як "сонячно-сліпі" фотодетектори внаслідок надзвичайно малого перекриття спектрів фоточутливості та випромінювання Сонця. Особливий інтерес представляють КМН на основі ZnSe, спектр фоточутливості який перекриває всі біологічно активні області ультрафіолетового випромінювання, які відносно легко виділити за допомогою відповідних світлофільтрів.

Список літератури

- [1] Патент 56873 Україна МПК H01L31/101. Спосіб використання поверхнево-бар'єрного детектора ультрафіолетового випромінювання / В.П. Махній; заявник і патентовласник Чернівецький національний університет. – № u201009575; под. заявки 30.07.2010; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 2.
- [2] Полупроводниковые фотоприемники. Ультрафиолетовый, видимый и ближний инфракрасный диапазоны спектра / [Анисимов И.Д., Випулин И.И., Зайтов Ф.А., Курмашев Ш.Д.]. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.

WIDEBAND PHOTODETECTOR BASED ON THE METAL-II-VI SEMICONDUCTORS

Makhniy V.P.

Department of the of the optoelectronics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The impact of manufacturing techniques and conditions for photo-voltaic properties of the metal-wide-II-VI compound are studied. It is shown that the creation of quantum-dimensional structures on the surface of the semiconductor substrate is leads to a significant increase in the open circuit voltage, short-circuit and short-photosensitivity. Revealed that photosensitivity also can be improved by applying to contact inverse voltage.

ВЛАСТИВОСТІ СТРУКТУР І ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ КРЕМНІЙ ТА АРСЕНІДГАЛІЮ НА ІЗОЛЯТОРІ.

Новосядлий С. П., Мельник Л. В.

Кафедра комп'ютерної інженерії і електроніки.

Прикарпатський Національний університет ім. В. Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна. nsp@pu.if.ua.

Анотація. – В даній статті розглянуті фізичні основи способів створення структур кремній на ізоляторі (КНІ) та арсенідгалію на ізоляторі (АГНІ) різними методами. Звернута увага надана методу «DeleCut» (ion irradiated Deleted oxide Out), який по суті є модифікацією відомого методу «SmartCut» і є призначений для усунення недоліку базового методу.

Ключові слова: багатозарядна імплантація, оксинітрид, азотна сушка.

I. Вступ

Метод DeleCut дозволяє суттєво знизити температуру відпалу та концентрацію радіаційних дефектів в структурах КНІ і АГНІ, зменшити товщину відсіченого шару кремнію чи арсеніду галію та перехідного шару між шаром (КНІ) або (АГНІ) і захованого оксиду (оксинітриду). Одночасно досягається збільшення однорідності товщини шарів КНІ або АГНІ і діелектрика (напівізоляваного напівпровідника) до декількох нанометрів.

II. Особливості технології формування КНІ МОН-транзисторів.

Виготовлені методом DeleCut пластини КНІ структур тестувались шляхом формування на них транзисторних структур. Для цього була розроблена топологія тестового кристалу. Сам тестовий кристал включає в себе 26 тестів $n-i-p$ – каналних транзисторів як з лінійною, так і кільцевою геометрією. Транзистори мали 3 варіації за довжиною каналу :15; 0,5; 0,3 мкм, щоб можна було зафіксувати субмікронні ефекти. Змінювались також доза імплантації в базовий шар транзистора.

Для формування короткоканальних транзисторів були виготовлені ПФО, що забезпечували довжину каналу 0,5 і 0,3 мкм після фотолітографії по полікремнієвому затворі. На рис. 2 подано зображення полі-Si затвору, отриманого в скануючому електричному мікроскопі. Як бачимо із рис. 1 затвор має T-подібну форму. Зліва за вертикальною перемичкою p^+ – область контакту до базової області n -канального транзистора. Перемичка має ширину 3 мкм. Для вибору рівня легування базового шару було проведено комп'ютерне моделювання проектуєних короткоканальних транзисторів в системі САПР TCAD.

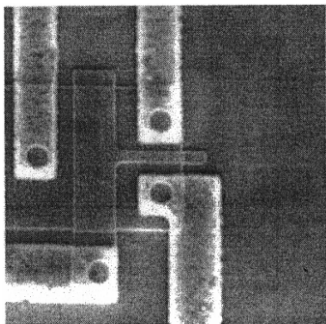


Рис. 1. Зображення КНІ МОН – транзистора в скануючому електронному мікроскопі

Також була розроблена програма, що давала розв'язок двовимірного рівняння Пуассона. За допомогою даної програми знаходилась величина потенціалу φ у всіх точках відсічення шару моно-Si між витоком і стоком МОН-транзистора.

III. Висновки

Переваги технології DeleCut в порівнянні з технологією SmartCut зв'язані з використанням в ролі захованого діелектрика термічного оксиду на неопромінений пластині. Це дозволяє уникнути його радіаційного ушкодження.

Матеріал затвору, час життя основних носіїв заряду, стан базової області, товщина відсічного шару моно-Si; напруга на протилежному затворі, довжина каналу.

IV. Список літератури

- [1] Краснов Г. Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов [Текст] / Г. Я. Краснов. - Москва: Техносфера, 2002 – Т1. – С. 950.
- [2] Kedzinczki J. Silicon-on-Insulator Technology and Devices XI [Текст] / J. Kedzinczki, M. Leong, E. Nowar., под ред. I. Cristolloorance. – Electrochemical Society Proc, 2003 – №5. – С. 185.
- [3] Антонова И. В. Проводимость структур кремний-на-изоляторе, полученных сращиванием пластин кремния с подложкой с использованием имплантации водорода [Текст] / И. В. Антонова, В. Ф. Стась, В. П. Попов, В. И. Ободников, А. К. Гутаковский. - Физика и техника полупроводников, 2000 –Т34. – № 9. – С. 1095–1098.

THE PROPERTIES OF STRUCTURES AND DEVICES BASED ON SILICON AND GALLIUM ARSENIDE IN INSULATOR.

Novosyadlyy S. P., Melnyk L. V.

Department of Computer Engineering and Electronics,
Carpathian National University. Stefanyk,
Ivano-Frankivsk, Ukraine. nsp@pu.if.ua

In this article the basics of how to create physical structures of SOI (SOI) and gallium arsenic-on-Insulator (AGNI) by different methods. Pay attention to the method provided «DeleCut» (ion irradiated Deleted oxide Out), which is essentially a modification of the known method «SmartCut» and is intended to address a lack of basic techniques. DeleCut method allows significantly reduce the annealing temperature and concentration of radiation defects in SOI structures and AGNI, reduce the thickness of the silicon layer is cut off or gallium arsenide and the transition layer between the layer (SOI) or (AGNI) and hidden oxide. Simultaneously increasing uniformity achieved SOI layer thicknesses and dielectric or AGNI (semiinsulator semiconductor) to several nanometers.

Methods DeleCut and multiply implantation created SOI structure with dislocation-free SOI layer thickness of 0.1-0.5 microns hidden oxide (0,05-0,3mkm) in Czochralski wafers with a diameter of 150 mm. SOI structures (AGNI) have high electrical characteristics that confirmed they submicron manufacturing (0.5-0.7 micron) CMOS transistors and test integrated circuits.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ТЕОРІЯ І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРАТЕГІЇ БЕРЕЖЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА

Бондарев А.П., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А., Тарадаха П.В.

Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: ¹bondar@ukr.net

Анотація. – Розглядаються функціональні можливості програмно-методичного комплексу ОПТАН-ВП, представлені результати його використання.

Ключові слова: технологічний процес, моделювання та оптимізація, математичні моделі

I. Вступ

У Національному університеті «Львівська політехніка» проводяться дослідження з розробки наукових основ теорії і методів моделювання та оптимізації процесів забезпечення якості радіоелектронної апаратури (РЕА) на стадії виготовлення. Важливість і актуальність таких досліджень підтверджують публікації [1, 2]. Методи і результати досліджень опубліковані у ряді робіт [3-5]. На сьогодні запропоновані методологія та практичні методики моделювання та оптимізації складних виробничо-технологічних процесів виготовлення РЕА 4-го та 5-го поколінь. Такі процеси є основною стадією формування заданих (необхідних, потрібних) властивостей РЕА. Це завдання вирішене шляхом моделювання та оптимізації технологічних процесів (ТП) виготовлення РЕА, зокрема шляхом оптимізації контрольних процедур за технічними та економічними критеріями. Авторами запропоновані методики моделювання, обґрунтовані методи оптимізації [3] та розроблено відповідне програмне забезпечення [6]. Програмне забезпечення пройшло усі необхідні стадії тестування, апробації та практичного використання.

II. Наскрізнi математичні моделі формування дефектності

Моделювання забезпечення якості РЕА потребує урахування великої кількості процесів на усіх стадіях життєвого циклу (проектування, виробництва, експлуатації). Такі процеси об'єднують величезну кількість процедур, які у свою чергу мають різну фізичну природу, пізні цільові функції, можуть бути виконані сумісно або розділено у часі, на одному або на різних підприємствах. Основний крок формалізації такої сукупності процесів полягав у розробці системи забезпечення якості життєвого циклу ($S_{жц}$), структурна схема якої зображена на рис. 1.

Наведена структура містить підсистеми системотехнічного, схемотехнічного, конструкторського та технологічного проектування ($S_{сп}$, $S_{схп}$, $S_{кп}$, $S_{тп}$), підсистеми формування та контролю якості ($S_{то}$, $S_{ко}$), підсистеми нормальної експлуатації виробів, їх ремонту та профілактики ($S_{не}$, S_r , $S_{пр}$).

Кожну з підсистем описують матриці параметрів (показників) досить великої розмірності. Основною проблемою побудови математичної моделі технологічного процесу є різноманітна фізична природа технологічних операцій, які є його складовими. Для уніфікації урахування впливу чинників різної фізичної природи на дефектність виробів були запропоновані інтегральні оцінки функціональної ефективності системи та інтегральні функціональні і економічні критерії якості.

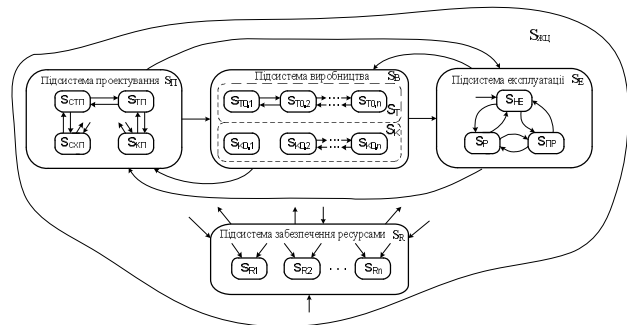


Рис. 1. Структура забезпечення якості РЕА упродовж життєвого циклу

Такими інтегральними оцінками стали імовірність дефекту у виготовленому виробі та сумарна витратність процесів виготовлення (включно із операціями контролю) та експлуатації (гарантійного обслуговування) виробу.

Введення таких інтегральних оцінок уможливило наскрізне моделювання ТП із ТО різної фізичної природи. Використання уведених інтегральних оцінок математично реалізовано у вигляді скалярного добутку матриць формування дефектності.

Математичною особливістю застосування методів оптимізації для таких ТП є дуже велика кількість параметрів. Кожний з параметрів (наприклад, глибина контролю на усіх ТО) є вектором або матрицею, розмірність яких дорівнює кількості врахованих ТО. Отже оптимізація навіть за одним параметром одразу стає багатопараметричною.

Запропонований уніфікований показник дефектності ТП надав можливість оптимізації за двома критеріями – дефектності та витратності виробництва.

III. Програмна реалізація методів багатокритеріальної оптимізації

Завдяки запровадженним методологіям оцінки ТП був розроблений програмний комплекс оптимізації їх показників. Версії комплексу під загальною назвою ОПТАН захищені правами на авторську власність. Результати застосування комплексу наведені на рисунках 2, 3, 4 [7-9].

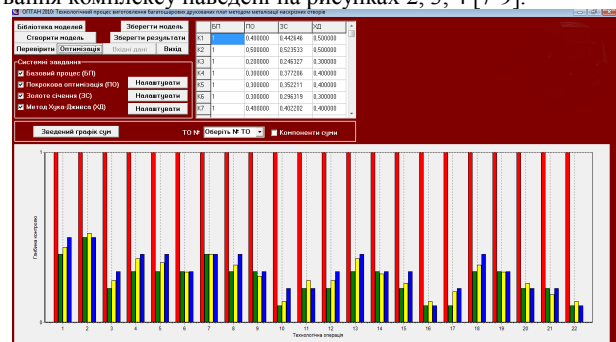


Рис. 2 Рекомендована оптимальна глибина контролю для 22-х крокового процесу виготовлення друкованих плат

На рис. 2 наведені результати оптимізації глибини контролю, отримані трьома математичними методами. Отримані результати показують, що рекомендовані значення, отрима-

ні різними математичними методами, є дуже близькі між собою. Ця властивість є важливою для практичної реалізації, оскільки зміна параметрів реальних технологічних процесів завжди вимагає організаційних та технічних заходів та відповідного фінансування. З іншого боку наведений приклад показує, що практично на всіх операціях можна майже удвічі зменшити глибину контролю (і відповідні витрати), а на деяких операціях (10, 16, 22) можна взагалі знехтувати контролем.

Через різноманітну фізичну природу ТО зміна окремих параметрів вимагає технічних та організаційних заходів різної складності. Під час практичної імплементації результатів оптимізації такої багатопараметричної системи необхідно приймати рішення щодо доцільності зміни окремих параметрів та ризиків у випадку відхилень значень параметрів від оптимальних.

Різниця рекомендованих різними методами оптимальних значень глибини контролю зумовлена досить "мілким та розлогим" екстремумом. Тому доведення ітерацій методів оптимізації до абсолютного екстремуму не має сенсу, оскільки реалізація глибини контролю з точністю до 4го – 5го знаку не завжди є можливою.

Розроблені версії програмного комплексу ОПТАН надають користувачу (технологу) можливість спостерігати функціональні залежності витратності процесу від його параметрів та, спираючись на свої знання організаційних та технічних заходів щодо впливу на параметри процесу, обирати рішення щодо необхідності змін у організації процесу. Вікно програми для такого режиму наведено на рис. 3.

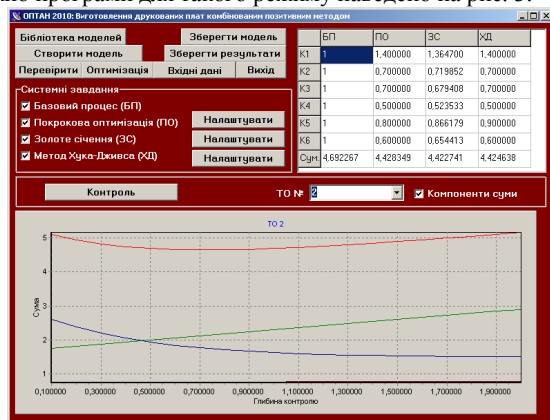


Рис. 3 Показники ризику відхилення від рекомендованої оптимальної глибини контролю

Із рис. 3 видно, що підвищення глибини контролю призводить до збільшення витрат на виробництво та до зменшення витрат на експлуатацію і навпаки. Залежність сумарних витрат від глибини контролю (верхня лінія) має відповідний мінімум.

Розроблений програмний комплекс надає можливість користувачу (технологу) також оцінити наслідки варіації параметрів технологічного процесу у більш широкому діапазоні. Наслідки такої варіації програма показує на Парето-площині (рис.4). Зокрема, користувач може вибирати варіанти "дешевої дефектності" або "дорогої бездефектності".

Збільшення глибини контролю на одній технологічній операції (точка 21 на рис. 5) зменшить дефектність, але приведе до деякого збільшення загальних витрат. Наприклад, заміна контрольного обладнання на більш якісне приведе до зменшення пропуску дефектів на наступну технологічну операцію. Проте вартість такого обладнання може бути набагато більшою ніж вартість забракування виробу

(заготовки). У той же час зменшення глибини контролю на відповідній технологічній операції (точка 19) може призвести до збільшення і дефектності, і загальних витрат. Особливо це стосується початкових технологічних операцій: буде економічна вигода внаслідок встановлення більш дешевого контрольного обладнання, але коли дефект, внесений на початку ТП, виявляється вже на етапі експлуатації, цілий виріб є бракованим. Витрати на здійснення всіх наступних ТО після дефектної операції значно перевищують попередній економічний ефект. Така організація виробництва є недоцільною. А наведена Парето-область дає можливість користувачу-технологу свідомо приймати рішення щодо вибору одного з варіантів та доцільності реорганізації технологічного процесу.

Запропонована версія програмно-методичного комплексу була застосована для вирішення задач моделювання, дослідження та оптимізації реальних процесів виготовлення РЕА та пройшла апробацію на прикладах типових ТП виготовлення друкованих плат за шістьма різними технологіями, виготовлення інтегральних схем, універсальних осцилографів, рідкокристалічних індикаторів та інших виробів.

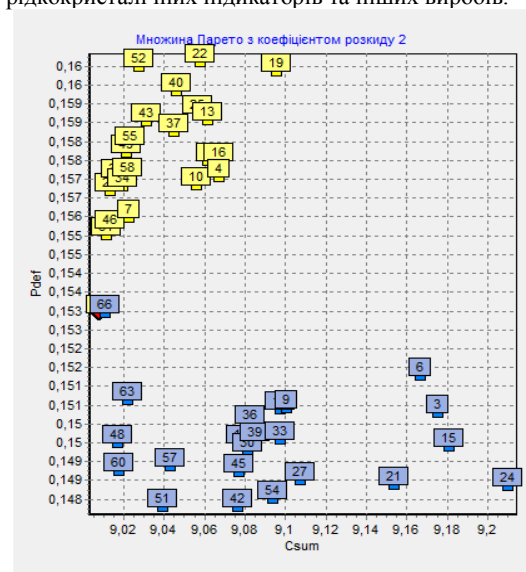


Рис. 4. Багатоваріантний аналіз показників дефектності та витратності технологічного процесу

IV. Висновки

На підставі фундаментальних теоретичних досліджень створено універсальний та зручний програмний комплекс для оптимізації параметрів технологічних процесів без обмежень на їх складність. Проведені тестування в цілому підтвердили достовірність отримуваних результатів та ефективність використання комплексу.

Результати оптимізації ТП відкривають можливість керування ТП шляхом вибору оптимальної (раціональної) структури ТП, оптимальної організації системи контролю, формування відповідного каталогу технологічного та контрольно-вимірювального обладнання, що в цілому гарантує найбільш раціональне використання усіх видів матеріальних та технічних ресурсів.

Наведені у роботі результати аналізу чутливості витратних показників технологічних процесів до значень параметрів технологічних операцій показали додаткові можливості програмно-методичного комплексу ОПТАН щодо практичної імплементації результатів оптимізації ТП. Отримані результати дають можливість під час розробки або модерні-

зації ТП свідомо оцінювати ризики та витрати, викликані відхиленням від оптимальних значень параметрів, визначати найбільш відповідальні ланки процесу, оперативного оцінювати вплив взаємозв'язків великої кількості параметрів технологічних операцій різної фізичної природи на витратність процесів виробництва та гарантійного обслуговування.

V. Список літератури

- [1] Venkata Rao, "Advanced Modeling and Optimization of Manufacturing Processes", Springer-Verlag London Limited, London, Dordrecht, Heidelberg, New York, 2011. – 380 p
- [2] Caramia M. "Effective Resource Management in Manufacturing Systems Optimization Algorithms for Production Planning" / Caramia M., Dell'Olmo P. – 216 p. – ISBN-10: 1-84628-005-2.
- [3] Jürgen Branke; Kalyanmoy Deb; Kaisa Miettinen; Roman Slowinski (21 November 2008). "Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches". - Springer. ISBN 978-3-540-88907-6. Retrieved 1 November 2012.
- [4] Бобало Ю. Я. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури / Ю.Я. Бобало, М.Д. Кіселичник, Л.А. Недоступ // За ред. Л.А. Недоступа. – Львів: ДУ "Львів. політехніка", 1996. – 168 с.
- [5] L. Nedostup, "Sensitivity analysis of process expanse indices to the parameters of manufacturing operations" / L. Nedostup, Yu. Bobalo, A. Bondariev M. Kiselychnyk, O. Nadobko. // International journal "Computational Problems of Electrical Engineering"- Lviv: LPNU, 2012. - № 2. – p. 79-84. – ISSN 2224-0977
- [6] Бобало Ю. Я. Програмно-методичний комплекс для моделювання та оптимізації процесів забезпечення якості РЕА на стадії виготовлення / Бобало Ю.Я., Бондарев А.П., Кіселичник М.Д., Надобко О.В., Недоступ Л.А., Тарадаха П.В., Чирун Л.В., Шестакевич Т.В. // Вісник Нац. ун-ту "Львів. політехніка". – 2012. - № 738 : Радіоелектроніка та телекомунікації.– С. 206-212.
- [7] Програмний комплекс для вирішення задач моделювання та оптимального керування процесами забезпечення якості радіоелектронної апаратури / Кіселичник М.Д., Надобко О.В., Недоступ Л.А., Чирун Л.В., Шестакевич Т.В. // АВТОМАТИКА / АВТОМАТИС-2011: матеріали конф., Львів - Л.: Вид-во Львів. Політехніки
- [8] Бобало Ю.Я. Результати впровадження програмно-методичного комплексу моделювання та оптимізації процесів забезпечення якості РЕА на стадії її виготовлення / Ю.Я.Бобало, А.П. Бондарев, М.Д. Кіселичник, О.В. Надобко, Л.А. Недоступ, П.В. Тарадаха, Л.В. Чирун, Т.В. Шестакевич // Східно-європейський журнал передових технологій.–2013.–№ 1/3(61).–С. 51-55 – ISSN 1729-3774.
- [9] Bobalo Yu., Nedostup L., Nadobko O., Kiselychnyk M., Lazko O. OPTAN - Software for Modelling, Analysis and Optimization of Electronic Devices Process Improvement // Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review). – ISSN 0033-2097. - 2009. – R. 85. - NR 4. - P. 59-61

FUNCTIONAL CAPABILITIES OF THE OPTAN-VP

A. Bondariev, M. Kiselychik, L. Nedostup, P. Taradakha
*Department of Theoretical Radioengineering and Radiomeasurements,
National University "Lviv Polytechnic",
Lviv, Ukraine. E-mail: t-pasha-red@mail.ru*

One of the most important scientific and technical problems is to ensure the quality and reliability of technical objects. In this paper the theoretical and practical aspects of modeling and optimization of quality assurance processes of radio electronic equipment (REE) at the manufacturing stage are presented. In modern conditions a hard economic situation of the problem complements the requirement of rational usage of available resources.

REE quality modeling requires the accounting of many processes at all life cycle stages (design, manufacturing, maintenance). Such processes form given, required and relevant properties of REE. The problem is solved by the modeling and optimization of technological processes (TP) of REE manufacturing, in particular by optimization of control procedures on technical and economic criterions.

Mathematical feature of optimization methods using for such TP is a very large number of parameters. Each of parameters (for example, depth of control at all technological operations (TO)) is vectorial, therefore optimization even in one parameter becomes multiparameter. The adaptation of formal mathematical optimization methods to real processes is an independently, difficult and responsible task.

Also in this paper the software (program-methodical complex) for optimization problems of TP and examples of its application are shown. This complex was used to solving problems of modeling, research and optimization of real REE manufacturing processes. This program has been tested on examples of typical manufacturing TP of printed circuit boards with six different technologies, integration chips, the universal oscilloscopes, liquid crystal indicators and other products. Optimization results open the possibility of process control by choosing the optimal (rational) structure, the optimal structure of the system control, formation of appropriate directory of the technological, control and measuring equipment. This generally guarantees the most rational using of all kinds material and technical resources. The results of sensitivity of account technological processes parameters to parameter values of technological operations showed additional opportunities of a program-methodical complex OPTAN on practical results implementation of TP optimization. The received results give the chance by development or upgrade of TP conscious to evaluate risks and the expenses caused by a deviation from best parameters values. These results give opportunity to define the most responsible links of process, quickly to estimate influence of TO parameters correlations of different physical nature on processes expenses of manufacturing and guarantee maintenance.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЗА ПРОТОКОЛОМ EIGRP

Врублевський А.Р., Лісовий І.П.

Кафедра телекомунікаційних систем, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, Україна, E-mail: ur5fo@mail.ru

Анотація. – Дана робота присвячена синтезу маршрутизаторів, які здійснюють процес вироблення керуючого впливу на основі нечіткої логіки.

Ключові слова: метрика, нечітка логіка, функція належності, база знань, лінгвістичні правила.

I. Вступ

З розвитком телекомунікаційних мереж виникає все більше і більше додаткових факторів, які необхідно враховувати в алгоритмах маршрутизації, що вказує на необхідність поліпшення протоколів маршрутизації шляхом аналізу і оцінок характеристик мереж.

II. Основна частина (назва)

Найбільш популярними внутрішніми протоколами є EIGRP та OSPF. У локальних мережах протокол EIGRP розповсюджений з кількох причин: налагоджування cisco eigrp досить просте, він стійкий і для нього характерна висока ймовірність виникнення кільцевих маршрутів. Для цього протоколу немає потреби ретельно планувати мережу, він простий у конфігурації і при цьому добре масштабується і може використовуватися у великих мережах.

Протокол EIGRP є дистанційно-векторного протоколу маршрутизації. Критерієм який використовують для визначення кращого маршруту є метрика. EIGRP використовує комбінацію пропускну спроможності та затримки. Для розрахунку метрики використовується п'ять модифікаторів K , які є лише коефіцієнтами, і чотири параметри метрики. Частина пакетів, які успішно доставили користувачу (reliability) та завантаження тракту (load) є динамічними параметрами, тому ці значення обчислюють заново тільки при зміні в мережі. K_5 - це додатковий коефіцієнт який враховує частку вдало доставлених пакетів. Значення K передаються в hello - пакетах і змінювати їх зазвичай не рекомендується. Загальна формула розрахунку метрики:

$$M = (K_1 \cdot C + \frac{K_2 C}{256 - R} + K_3 \cdot T_3) \cdot \frac{K_5}{K_{\text{min}} + K_4} \quad (1)$$

$$C = \frac{10^7}{C_{\text{min}}}, \quad T_3 = \frac{T_{3\Sigma}}{10}$$

де C — пропускну спроможність маршруту, кбіт/с; R — завантаженість вихідного буфера маршрутизатора; C_{min} — мінімальна пропускну спроможність трактів маршруту, у кбіт/с; T_3 — загальна затримка трактів маршруту в мікросекундах.

Якщо не задають особливі параметри маршрутизації то значення коефіцієнтів розробником встановлено такі:

$$K_1 = K_3 = 1, \quad K_2 = K_4 = K_5 = 0$$

Тоді метрика протоколу обчислюється за допомогою значень пропускну спроможності та затримки пакетів:

$$M = \left(\frac{10000000}{C_{\text{min}}} + T_{3\Sigma} \right) \cdot 256 \quad (2)$$

де C_{min} — мінімальна пропускну спроможність трактів маршруту, кбіт/с; $T_{3\Sigma}$ — загальна затримка маршруту в десятках мікросекунд.

Для маршрутизатора доступною є тільки маршрутна інформація, отримана від суміжних маршрутизаторів. Єдиною інформацією, якою маршрутизатор володіє про віддалену мережу, є відстань або метрика, щоб досягти тієї мережі, і який інтерфейс використовувати, щоб дістатися до неї. В метрику протоколу маршрутизації EIGRP також можна включити завантаження інтерфейсу та частку вдало доставлених пакетів, але компанія Cisco не рекомендує цього робити, так як це призведе до частих обчислень маршрутів.

Параметри вузлів комутації і трактів передачі, що використовуються для визначення метрики змінюються внаслідок того що:

- обсяг буферної пам'яті маршрутизаторів обмежений;
- надійність ліній та обладнання транспортної мережі обмежена;
- сигнали при розповсюдженні мережею піддається впливу завад випадкового характеру;
- для обробки пакета маршрутизатором необхідно певний час;
- протяжності повідомлень незалежні.

Отже, пошук оптимального маршруту здійснюється в мережі з нечітко заданими параметрами або множини параметрів. Описувати неточні категорії, уявлення та знання, оперувати ними і робити відповідні висновки дозволяє теорія нечітких множин та заснована на ній нечітка логіка.

У системах керування потоками навантаження найбільш прийнятною є лінгвістична нечітка модель прийняття рішень [1]. Враховуючи, що керування навантаженням здійснюється в реальному масштабі часу, та зручність формалізування інформації, про процедури та умови їх застосування, при описуванні знань доцільно застосувати продукційну модель (сукупність нечітких продукційних правил). Кожне нечітке продукційне правило дозволяє ставити у відповідність ситуації, що склалась, певну дію.

Значення параметрів надходять для перетворення до блоку введення нечіткості. Діапазон вхідних змінних, наприклад $[R_{\text{min}}, R_{\text{max}}]$ та поточні значення вхідних змінних перераховуються (відображуються) на єдину універсальну множину $U = [0, L_i - 1]$, де L_i - число, яке відповідає кількості термів кожної лінгвістичної змінної $x_i, i = \overline{1, n}$. Лінгвістичні терми (позитивна велика, негативна мала, нульова і т. ін.), які розробник може використовувати для опису дії системи керування, використовуються для позначення нечітких підмножин, які в дійсності подають числові значення. Для кожного поточного значення вхідної змінної визначається ступінь належності (величина істинності) до тих термів (нечітких множин), які характеризують конкретну лінгвістичну змінну. Кожна з цих нечітких підмножин складається з елементів разом зі своїми ступенями належності. Кількість термів j для кожної лінгвістичної змінної бажано вибрати однаковим. На виході блоку введення нечіткості формуються перелічені вище лінгвістичні значення та пере-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

даються до бази нечітких продукційних правил. База знань складається з набору умовних лінгвістичних правил (нечітких асоціативних матричних правил) які задають конкретні ситуації керування. Формувач нечітких логічних рішень на підставі матриці знань (бази правил) запише лінгвістичні правила у вигляді ЯКЩО (вихідна ситуація), ТОДІ (відповідна реакція), які разом називають робочим правилом. Взаємодія між вхідними та вихідними функціями належності типу ЯКЩО-ТОДІ позначаються як імплікація (логічна зв'язка). Частка ЯКЩО (передумова) означає сполуку логічних функцій, а частка ТОДІ (рішення, висновок) звичайно являє собою просте наведення лінгвістичної величини для вихідного впливу (керуючого впливу на об'єкт керування) нечіткого регулятора.

У роботі розроблено алгоритм маршрутизації на основі нечіткої логіки для протоколу EIGRP з урахування двох параметрів метрики: завантаження вихідного буфера та частку вдало доставлених пакетів.

На основі розробленої бази знань,:

Правило 1: ЯКЩО надійність «велика» ТА завантаженість буфера «мала» ТОДІ метрика «мала»;

Правило 2: ЯКЩО надійність «велика», ТА завантаженість буфера «велика» ТОДІ метрика «велика»;

Правило 3: ЯКЩО надійність «мала», ТА завантаженість буфера «мала» ТОДІ метрика «велика»;

Правило 4: ЯКЩО надійність «мала», ТА завантаженість буфера «велика» ТОДІ метрика «велика»;

було проведено моделювання з застосування пакету Matlab.

На Рис. 1 наведено поверхню метрики маршрутизації одержаної шляхом моделювання.

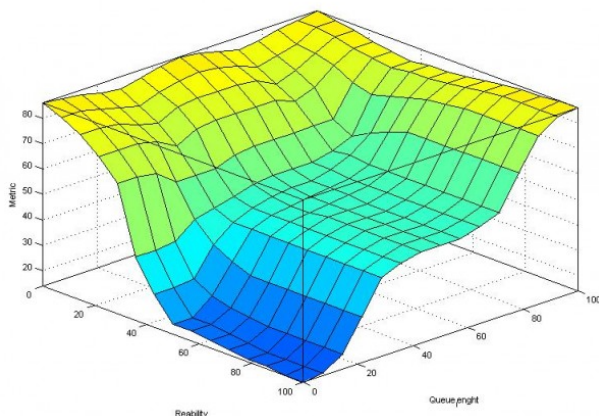


Рис. 1. Поверхня метрики маршрутизації

Результат моделювання свідчать, що нечіткий алгоритм забезпечує збільшення частки успішно доставлених пакетів у 1,5 рази.

III. Висновки

Застосування системи керування на основі нечіткої логіки для маршрутизації потоків навантаження забезпечує нові можливості керування на основі простих евристичних правил та адаптації до екстремального та нестационарного навантаження.

Нечіткий алгоритм маршрутизації дозволяє зменшити втрати даних, навіть при досить великій інтенсивності надходження пакетів.

IV. Список літератури

- [1] Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB.– М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR ROUTING PROTOCOL EIGRP

Vrublevsky A.R, Lesovoy I.P.

Department of the Telecommunication Systems, Alexandr Popov Odessa National Communication Academy, Odessa, Ukraine

This work is devoted to the synthesis of routers that are in the process develop a control action based on fuzzy logic. With the development of telecommunication networks, there are more and more additional factors that must be considered in routing algorithm, which points to the need to improve routing protocols through analysis and evaluation performance networks.

Options switching nodes and transmission channels used to determine the metric may vary due to the fact that:

- - the amount of buffer space is restricted routers;
- - safety lines and equipment transport network is limited;
- - signals in the distribution network is exposed to noise random nature;
- - to handle packet router need some time;
- - the length of the messages are independent.

Thus, finding the optimal route is in a network with fuzzy set parameters or sets of parameters. Describe the inaccurate category, ideas and knowledge to operate them and make appropriate conclusions allows the theory of fuzzy sets and it is based on fuzzy logic. The most acceptable systems control the flow of burden is linguistic fuzzy decision-making model. Given that load control is carried out in real time, and hassle formalization information on the procedures and conditions for their use, with the description of knowledge, it is advisable to use productive model (a set of fuzzy production rules). Each fuzzy production rules allows of matching situation that has developed an action. The values come to convert the block input fuzziness. Range of input variables, such as current values and input variables are transferred (displayed) on a single universal set, where L_i - a number that corresponds to the number of terms for each linguistic variable. Linguistic terms (positive big, negative small, zero, and so on. Etc.) That developers can use to describe the action of control systems are used to denote fuzzy subsets that actually serves numeric value. For each value of the input current variable determined by the degree of membership (truth value) to those terms (fuzzy sets), that characterize a particular linguistic variable. Each of these fuzzy subsets consisting of elements together with their degrees of affiliation. j number of terms for each linguistic variable is desirable to choose the same. The output of the block input fuzzy formed the above mentioned linguistic and transferred to the fuzzy production rules. The knowledge base consists of a set of conventional linguistic rules (fuzzy associative matrix rules) that define specific situation management. Shaper fuzzy logic decisions based on knowledge of the matrix (base rules) writes linguistic rules in the form IF (initial situation), then (response), which together are called a working rule. Interaction between the input and output membership functions of type IF-THEN designated as implication (logical connection). Share IF (premise) means a compound logic functions, and the proportion of time (decision, conclusion) is usually a simple guidance values for output linguistic influence (control action on the object control) fuzzy controller.

In this paper, a routing algorithm based on fuzzy logic for EIGRP protocol with two metrics parameters: load output buffer and the percentage of successfully delivered packets. On the basis of the knowledge base of rules conducted simulation application package Matlab.

Application control system based on fuzzy logic for routing flow stress management, provides new opportunities based on simple heuristic rules and adaptation to extreme stress and unsteady.

ШИРОКОСМУГОВІ СИГНАЛИ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Ю.Я. Бобало¹, А.Д. Верига², С.Д. Галюк³, М.М. Климаш⁴, Р.Л. Політанський⁵

^{1,4}Кафедра електронних приладів, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна.

^{2,3,5}Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки,

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,

Чернівці, Україна, E-mail: ⁵polrusl@i.ua, ²veriga@ukr.net

Анотація. – Перші системи генерування широкосмугових сигналів використовували хаотичну синхронізацію, а наступні системи: хаотичну маскуючу модуляцію, хаотичний зсув та імпульсну синхронізацію. Українські учені активно розвивають системи з хаотичним зсувом, використовуючи рекурсивні сигнали. Ці системи, які передають інформацію, використовують різні сигнали і методи декодування. Ми розглядаємо системи, що використовують фрактальний Броунівський шум з різними параметрами Херста і кластерний метод кодування. Переваги запропонованого методу - простота його виконання, здатність працювати в умовах складного електромагнітного оточення без необхідності визначати рівень шуму в каналі зв'язку.

Ключові слова: фрактал, шум, кластер, кодування.

I. Вступ

Розвиток телекомунікаційних систем, що використовують хаотичні сигнали та ПВП розпочався у 1990-х. Першим поколінням таких систем є системи з додаванням хаотичного маскувального сигналу до інформаційного (рис.1а), системи із перемиканням (або csk – chaotic shift keying) між хаотичними сигналами (рис.1б), системи із імпульсною синхронізацією (рис.1в). Ці системи ґрунтувалися на експериментальних даних по синхронізації електронних кіл [1].

II. Основна частина

Розглянемо більш детально базову технологію синхронізації, що є ефективною у системах захищеного передавання інформації, а саме імпульсну синхронізацію. Передавальний та приймальний пристрої системи утворені із однакових блоків: ідентичних генераторів хаотичних коливань, кодера та декодера, що базуються на методах традиційної криптографії, змішувача та розділювача скрембльованого сигналу та синхронізуючого імпульсу (рис.1в). Параметрами такої схеми є частота та тривалість імпульсів синхронізації. На рис. 2 приведена часова діаграма сигналу у системі з імпульсною синхронізацією. Сигнал, що передається у канал зв'язку, складається із двох частин – синхроімпульсу та зашифрованого методами традиційної криптографії інформаційного сигналу.

Кожен кадр передавання інформації тривалістю T розділяється на дві частини: синхронізуючу (час синхронізації Q) та частину з зашифрованим інформаційним сигналом ($T-Q$). У цьому випадку використаний найменш складний спосіб композиції – суміщення інформаційного та сигналу синхронізування заданої тривалості.

Зростання потужності цифрових засобів оброблення сигналів розширює потенціальні можливості розробників, зусилля яких спрямовані на зменшення співвідношення сигнал/шум при незмінній швидкодії системи. За теоремою Шенона про пропускну здатність каналу ці дві величини є компромісними для будь-якої системи зв'язку.

Один із типів широкосмугових сигналів, використаних у системах передавання інформації розвивається вітчизняними науковцями, є фрактальні сигнали. Загальна схема пере-

давання цифрової інформації з їх використанням приведена на рис.3 [2].

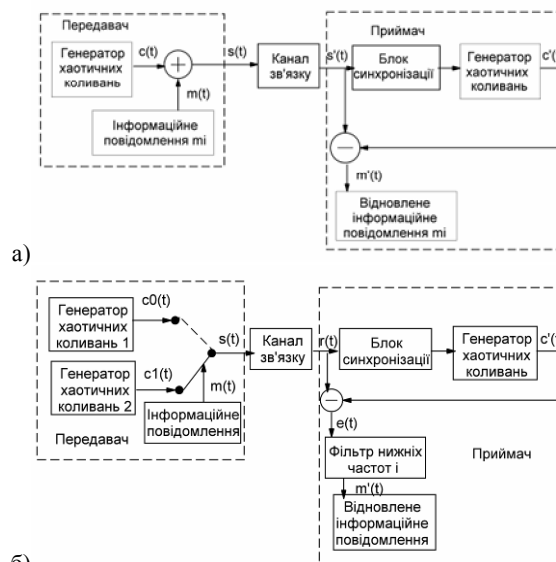


Рис. 1. Системи маскувння інформації з додаванням хаотичного маскувального сигналу, з перемиканням хаотичних режимів та з імпульсною синхронізацією а), б) і в) відповідно.

Система передавання інформації, що використовує фрактальний сигнал у вигляді послідовності наносекундних імпульсів з розподілом амплітуд за певним законом. Система, що використовує фрактальний вейвлет, була розроблена колективом співробітників Харківського інституту електродинаміки НАН України (В. Н. Болотов, С. Є. Колесніков, Ю.В. Ткач, Я.Ю. Ткач, П.В. Купченко). Спектральна густина потужності фрактального вейвлету приведена на рис. 4.

Оскільки передавання широкосмугових сигналів на великій відстані через радіофір є неможливим, то системи подібного класу можуть використовуватися для оперативного керування.

Іншою системою передавання інформації, що використовує у якості несучого сигналу хаотичний фрактальний сигнал є система запропонована К. С. Васюгою [4]. Вона містить передавач, що складається з двох генераторів послідовностей імпульсів із фрактальними амплітудами. Декодування закодованих інформаційних послідовностей здійснюється шляхом складних математичних перетворень (обчислюється функція правдоподібності):

$$G(H, \sigma_s^2) = \ln p(\tilde{y}(\omega) | H, \sigma_s^2) = -T \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{|\tilde{y}(\omega)|^2}{\tilde{R}_y(\omega, H, \sigma_s^2)} + \ln \tilde{R}_y(\omega, H, \sigma_s^2) \right] d\omega \quad (1)$$

$$R_y(\tau, \varepsilon) = \frac{\sigma_s^2 \cdot \varepsilon^{2H-2}}{2} \cdot \left[\left(\frac{\tau}{\varepsilon} + 1 \right)^{2H} + \left(\frac{\tau}{\varepsilon} - 1 \right)^{2H} - 2 \cdot \left(\frac{\tau}{\varepsilon} \right)^{2H} \right] + \sigma_n^2 \cdot R_n(\tau)$$

де H – показник Херста генерованого сигналу; σ_s^2 – його дисперсія; ε – період дискретизація вибірки прийнятого сигналу; σ_n^2 – дисперсія шуму в каналі зв'язку; $R_n(\tau)$ – функція автокореляції шумового сигналу.

Визначення переданого біта інформації зводиться до визначення параметра Херста H , або найвірогіднішої його оцінки. При цьому також може бути невідомою дисперсія шуму, тому оптимізацію необхідно здійснювати за параметрами H і σ_s^2 .

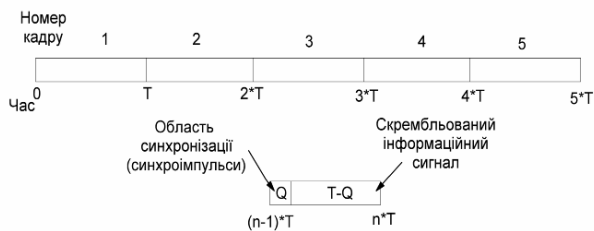


Рис.2. Структура переданого сигналу у випадку імпульсної синхронізації

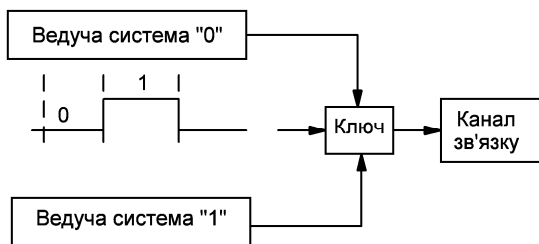


Рис.3. Схема кодування бінарного повідомлення з використанням якості елементів коду випадкових процесів

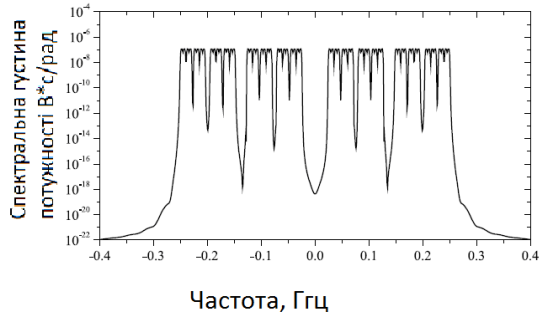


Рис.4. Спектральна густина потужності фрактального вейвлету

Нами [5] запропонований метод кодування, що ґрунтується на аналізі фазових портретів, що утворені у фазовому просторі прийнятого сигналу.

Декодування інформації відбувається шляхом порівняння значення параметру розпізнавання прийнятого фрактального сигналу зі значенням параметру розпізнавання фрактального сигналу, що відповідає логічній одиниці, переданого по каналу без шуму.

В якості параметру розпізнавання вибиралася величина, що дорівнює кореню квадратному із суми квадратів відстаней від точок кластера до його центру (надалі називатимемо цю величину параметром розпізнавання кластера):

$$d_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\left(X^{(0.9)}(i) - X_0 \right)^2 + \left(Y^{(0.9)} - Y_0 \right)^2 \right]}, \quad (3)$$

$$d_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\left(X^{(0.1)}(i) - X_0 \right)^2 + \left(Y^{(0.1)} - Y_0 \right)^2 \right]}, \quad (4)$$

де d_1 – параметр розпізнавання кластера, утвореного сигналом, що передає біт зі значенням «1»; d_0 – параметр розпізнавання кластера, утвореного сигналом, що передає біт зі значенням «0»; N – кількість відліків носійного сигналу;

$X_0 = \sum_{i=1}^N X(i)/N$, $Y_0 = \sum_{i=1}^{N-1} X(i+1)/N$ – координати центра кластера; $X^{(0.9)}(i)$ – відлік носійного сигналу з номером i ,

що формується бітом зі значенням «1» (верхній індекс є значенням параметру Херста носійного сигналу $H = 0.9$); $X^{(0.1)}(i)$ – відлік носійного сигналу з номером i , що формується бітом зі значенням «0» (верхній індекс є значенням параметру Херста $H = 0.1$).

При цьому має місце співвідношення:

$$Y^{(0.1)}(i) = X^{(0.1)}(i+1) \\ Y^{(0.9)}(i) = X^{(0.9)}(i+1) \quad (5)$$

На рисунку 5 приведені залежності параметрів розпізнавання кластерів несучих сигналів від кількості їх відліків.

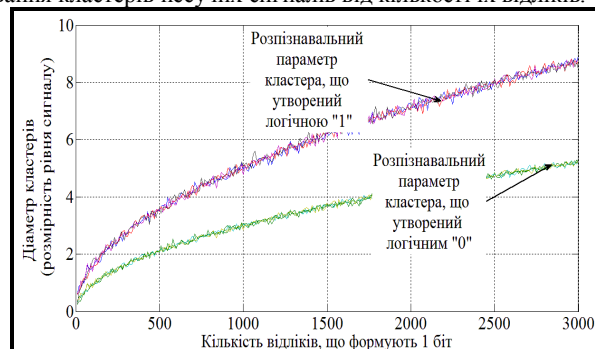


Рис. 5. Залежність значень параметрів розпізнавання кластерів, сформованих інформаційними бітами «0» та «1» від кількості відліків сигналу при відсутності шуму в каналі

Похибка визначення параметру розпізнавання кластера визначалася шляхом багатократного проведення однотипних обчислень з подальшим усередненням отриманих результатів. Результати обчислень показують, що похибка визначення розпізнавального параметру не перевищує 5% при кількості відліків сигналу рівній 100...500.

Розглянемо більш детально процес декодування сигналу на приймальній стороні телекомунікаційної системи за схемою (рис.6), що уможливило правильне декодування незалежно від рівня шуму на приймальній стороні [6].

На виході передавача використовується комутатор перетворення інформаційного повідомлення приведеного в код NRZ в «манчестерський» код, що забезпечує відмінність значень параметру розпізнавання поточного та попереднього сигналів у приймачі. Таким чином, біт інформації передається в два такти. Якщо вхідний біт відповідає логічній «1», то на протязі першого такту до комутатора підключається генератор хаотичного сигналу типу ФГШ з показником Херста 0.1, а протягом другого такту – генератор хаотичного сигналу типу ФГШ з показником Херста 0.9. якщо вхідний біт відповідає логічному «0», то порядок включення генераторів хаотичних сигналів типу ФГШ є оберненим.

Процес декодування отриманого сигналу ґрунтується на порівнянні параметрів розпізнавання кластерів, що утворені у фазовому просторі заданою кількістю відліків прийнятого сигналу і відбувається у декілька етапів.

Спочатку декодер визначає параметр розпізнавання кластера і запам'ятовує його. Далі декодер визначає параметр другого кластера, що сформований наступною серією відліків сигналу прийнятого протягом другого такту. Очевидно, що значення параметрів кластерів відрізняються, оскільки вони формуються сигналами із різними показниками Херста ($H = 0,9$, $H = 0,1$ для логічного «0», і $H = 0,1$, $H = 0,9$ для логічної «1»).

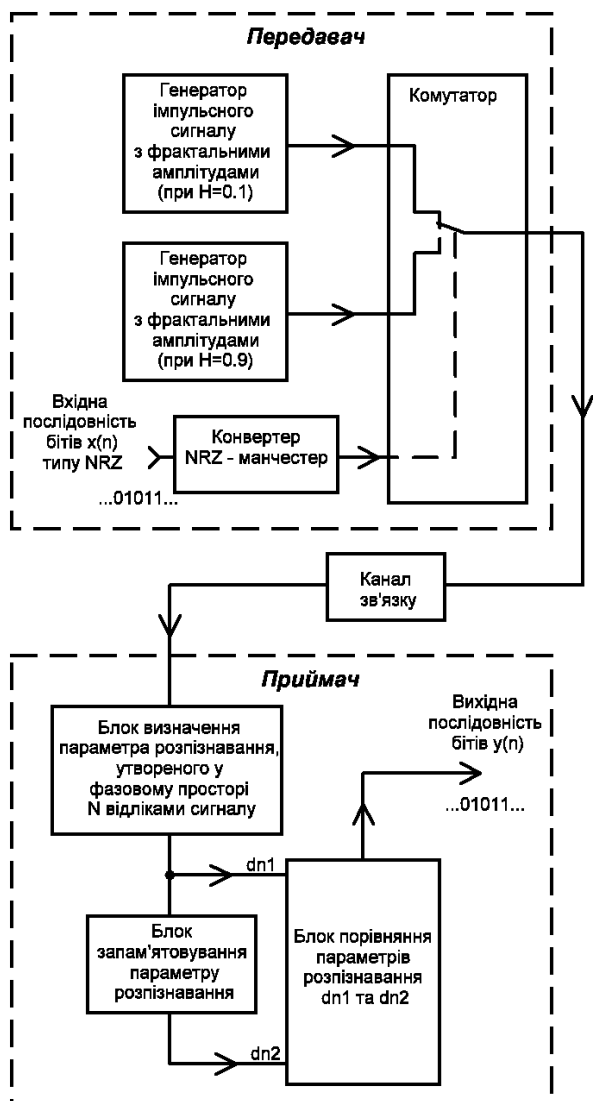


Рис. 6. Схема кодування-декодування, що побудована на основі порівняння параметрів кластерів бітів, що передаються один за одним (з використанням модулюючих NRZ-імпульсів)

III. Висновки

Перевагою запропонованого методу є простота його реалізації, можливість працювати в умовах змінних електромагнітних обставин без необхідності визначення рівня шуму в каналі зв'язку.

IV. Список літератури

- [1] Pecora, M.L. Fundamentals of synchronization in chaotic systems, concepts, and applications / Louis M. Pecora, Thomas L. Carroll, Gregg A. Johnson, and Douglas J. Mar // *Chaos*. – 1997. – V. 7, № 4. – P. 520—543.
- [2] Щербінін, С.О. Метод застосування випадкових процесів з α -стабільними розподілами для прихованої передачі цифрової інформації за рахунок варіації властивостей їх розподілів / С.О. Щербінін // *Physical and technological problems of radio engineering devices, telecommunication, nano- and microelectronics. Proceedings of 11th International Scientific-Practical Conference*. — October, 2013. — Chernivtsi, Ukraine. — P. 87–88.
- [3] Bolotov, V.N. Generation of Fractal Spectrum Signals / V.N. Bolotov, Yu. V. Tkach // *Technical Physics*. — 2006. — Vol.51, № 4. — P.482—488.
- [4] Васюта, К.С. Метод передачі інформації, оснований на маніпуляції показателя херста фрактального (“цветного”) гауссовського шуму / К.С. Васюта // *Системи обробки інформації*. — 2010. — випуск 6 (87). — с. 62—65.
- [5] Політанський Р.Л. Кластерне кодування / Р.Л. Політанський, М.М. Климаш // *Східноєвропейський журнал передових технологій*. – 2012р. – №59. – С. 50-54.
- [6] Система передавання цифрової інформації: № 106856 патент України: МПК H04L 9/00/ Ю. Я. Бобало, А.Д. Верига, М.М. Климаш, Р.Л. Політанський; заявник і власник патенту Національний Університет «Львівська Політехніка» a201313676; заявл. 07.08.2014; опубл. 10.10.2014, бюл. № — с.

BROADBAND SIGNALS IN TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS

¹Bobalo Ju.Ja., ²Veryga A.D., ²Galiuk S.D.,
¹Klymash M.M., ²Politanskyj R.L.

¹Department of Electronic Devices, National University “Lviv Polytechnic”, Lviv, Ukraine.

²Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The first generation systems based on experimental data on chaotic synchronization are the following systems: chaotic masking modulation, chaotic shift keying and pulse synchronization. Ukrainian scientists are actively developing systems with chaotic shift keying using fractal signals. These systems, which transmit information, used different signals and decoding methods. We are reviewing the system using fractal Brownian noise with different Hurst parameters and cluster encoding method. The advantages of the proposed method is the simplicity of its implementation, the ability to work under conditions of complex electromagnetic environment without the need to determine the level of noise in the communication channel.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТОРІВ ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ОБРОБЛЕННЯ ТА ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

¹Еліяшів О.М., Політанський Л.Ф.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: ¹melyart111@ukr.net

Анотація. – Запропоновано реалізація алгоритму логістичного відображення на основі ПЛІС технологій з використанням мови опису апаратних засобів VHDL. Розв'язано актуальну наукову задачу комп'ютерного моделювання та чисельного аналізу поведінки генераторів хаотичних сигналів, їх практичної реалізації та дослідження можливості використання в системах передавання інформації.

Ключові слова: Логістичне відображення, детермінований хаос.

I. Вступ

Під детермінованим хаосом розуміють складні неперіодичні коливання, що породжуються нелінійними динамічними системами з однозначним визначенням еволюції стану системи в часі при відомій передісторії. При цьому нелінійність системи є необхідною, але недостатньою умовою для виникнення хаосу. Можливість застосування генераторів детермінованого хаосу в системах передавання інформації обумовлена перш за все існуванням певного алгоритму, за допомогою якого можна забезпечувати відтворюваність хаотичних коливань безмежну кількість разів.

Генератори хаотичних коливань володіють набором специфічних властивостей, що роблять їх привабливими з точки зору процесів обробки, побудови схем передавання та відновлення інформації. До цих властивостей відносяться:

- можливість вкладення, зберігання та вилучення з використанням детермінованого хаосу великої кількості корисної інформації;
- генерація складних, у тому числі неперіодичних коливань за допомогою відносно простих за структурою систем;
- різноманіття хаотичних режимів, формованих за допомогою одного джерела
- ефективне управління хаотичними режимами шляхом малих змін параметрів системи
- можливість застосування нетрадиційних методів мультиплексування / демультіплексування

II. Основна частина

Запропоновано модифікування базового елементом приймально-передавальних трактів системи зв'язку, в основу роботи яких покладені властивості детермінованого хаосу на базі логістичного рівняння. Дослідження реалізовано на базі математичної моделі даного генератора із синтезцією на програмний код[1]. Перетворення миттєвих значень послідовності запропоновано на використанні програмного перетворення у двійкову послідовність.

Аналітичне представлення логістичного рівняння має наступний вигляд:

$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n) \quad (1)$$

де: x_{n+1} – наступне значення динамічної змінної; n – крок ітерації; r – керуючий параметр; x_n – поточне значення динамічної змінної.

В залежності від значення параметру r генеровані коливання можуть бути періодичними, квазі-періодичними або хаотичними. Встановлено, при $r \geq 3.56$ має місце хаотичний режим коливань. Початкове значення динамічної змінної вибране в діапазоні значень 0.3-0.8.

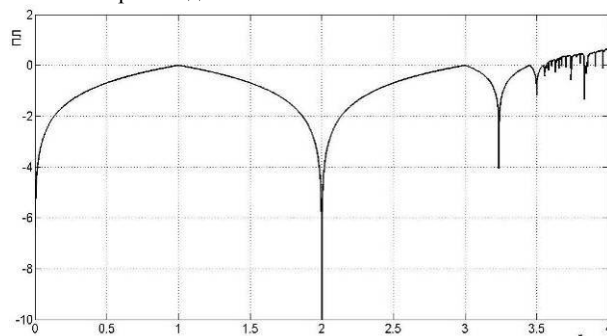


Рис. 1. Показник Ляпунова для логістичного відображення

Із отриманих залежностей показника Ляпунова від параметру керування (які характеризують ступінь залежності динамічної системи від початкових умов та визначають швидкість розходження її траєкторій у фазовому просторі, діапазони значень параметрів систем при яких мають місце періодичні, квазі-періодичні та хаотичні коливання) та біфуркаційної діаграми логістичного відображення (рис.1 та рис.2) впливає, що при $r \geq 3.56$ показник Ляпунова є додатним, а бифуркація подвоєння періоду має велику частоту, що і вказує хаотичну природу коливань.

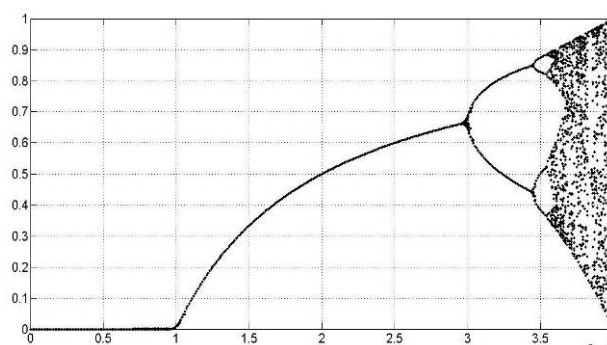


Рис. 2. Біфуркаційна діаграма для логістичного відображення

Модифікований варіант логістичного відображення синтезованого в програмний код, використаний у системі кодування та передавання інформації в радіодіапазоні на частоті 2.4 ГГц. Кодування інформації здійснюється псевдовипадковою бінарною послідовністю утвореною генератором детермінованого хаосу математична модель якого є логістичне відображення.

Фізичне передавання інформації між вузлами реалізоване за використанням технології бездротового зв'язку за стандартом IEEE 802.15.4, що визначає апаратну основу та

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

принципи керування доступом до середовища для бездротових персональних мереж з низькою швидкістю передавання інформації. Завдяки вбудованому програмному забезпеченню мережам на основі специфікації мережевих протоколів верхнього рівня ZigBee притаманна самоорганізація та самовідновлення. Це уможливує знаходження вузлами один одного і формування мереж у випадку виходу з ладу одного із них, з наступним встановленням маршруту для передавання повідомлень[2].

Процес кодування полягає у виділенні з потоку вхідних даних процесом послідовно-паралельного перетворення восьми бітової інформаційної послідовності переданої з джерела інформації. Генерування восьми бітової псевдовипадкової послідовності яка утворена за допомогою генератора детермінованого хаосу математична модель якого є логістичне відображення відбувається після подання стартового імпульсу. Стартовий імпульс служить для введення відліку ітерацій при формуванні хаотичної послідовності. В блоці виключної диз'юнкції інформаційні біти кодуються хаотичною послідовністю і додатково формується біт для ініціалізації процесу послідовно – паралельного перетворення. Слід зауважити, що у блоці генератора логістичного відображення міститься регістр зберігання початкового значення, що задається при програмуванні ПЛІС[3].

Структурна схема кодування та декодування інформації зображена на (рис.3). Для забезпечення передавання інформації між персональними комп'ютерами, або іншими пристроями, використовується стандарт інтерфейсу обміну даними шляхом послідовного передавання даних RS-232, що визначає тип конектора для з'єднання двох пристроїв, для обміну даними.

Реалізація алгоритму логістичного відображення здійснюється з використанням ПЛІС (програмована логічна інтегральна схема) функціональні властивості яких задаються не під час виробництва а безпосередньо програмним методом з використанням мови опису апаратних засобів VHDL (VHSIC Hardware Description Language).



Рис.3. Структурна схема способу кодування та декодування інформації

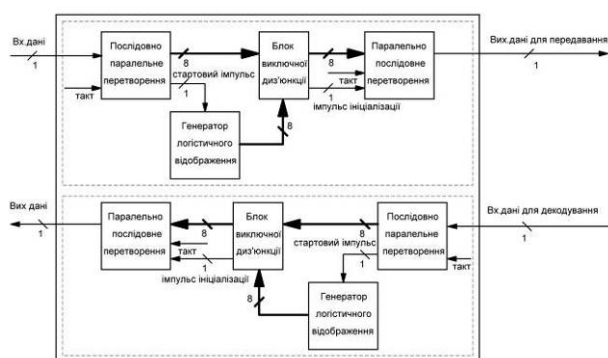


Рис. 4. Блок схема зображена програмно апаратної реалізація кодера\декодера генератора хаотичних коливань на базі логістичного рівняння

Вихідна послідовність поступає на передавач, що працює в діапазоні радіохвиль 2.4 ГГц. Для забезпечення коректного передавання і приймання інформації, кодер та декодер розміщені в одному модулі (рис. 4). Процес декодування є оберненим до процесу кодування інформації.

На рис.5 зображений модуль приймача/передавача системи зв'язку яка використовує кудування інформації псевдовипадковою бінарною послідовністю утвореною генератором детермінованого хаосу математична модель якого є логістичне відображення.

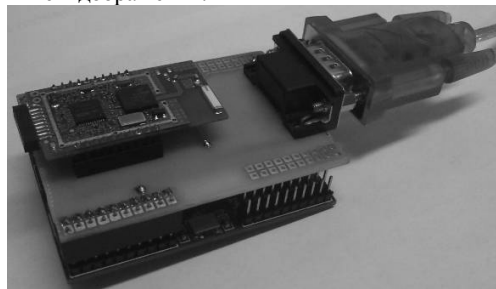


Рис. 5. Модуль приймача/передавача

III. Висновки

Застосовано генератор детермінованого хаосу в системі передавання і відновлення інформації що працює в діапазоні радіохвиль 2.4 ГГц.

Здійснено програмно - апаратну реалізацію системи кодування інформаційного повідомлення псевдовипадковою послідовністю утвореною генератором детермінованого хаосу математична модель якого є логістичне відображення.

Побудована мережі зв'язку з комплексним підходом до конфіденційного передавання\відновлення інформації, що включає в себе новітні розробки криптографії та детермінованого хаосу

IV. Список літератури

- [1] Політанський Л.Ф., Еліяшів О.М, Гладун Н.Г. /Програмно-апаратна реалізація логістичного відображення для конфіденційного передавання інформації/ XVI International Conference "Dynamical system modeling and stability investigation", 29-31 May 2013
- [2] Home networking with IEEE 802.15. 4: a developing standard for low-rate wireless personal area networks/ Callaway E., Gorday P., Hester L., Gutierrez J. A., Naeve M., Heile B., Bahl V.// Communications Magazine, IEEE. – 2002. –№40(8). – P.70 – 77.
- [3] Опанасенко В. М. Формалізація процесу проектування обчислювальних пристроїв та систем на базі ПЛІС/ Опанасенко В. М., Лісовий О. М. // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2009. – №8. – С.58-63.

MODIFICATION OF GENERATORS DETERMINISTIC CHAOS FOR USE IN A DIGITAL SYSTEM PROCESSING AND TRANSMISSION OF THE INFORMATION

Eliashiv O.M.¹, Politanski L.F¹

¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Proposed realization of the logistic mapping algorithm based on FPGA technology using a hardware description language VHDL. Resolved actual scientific problem computer modeling and numerical analysis of chaotic behavior of generators of signals and their practical implementation and resar-tion capabilities use in pre-ing information.

Applied generator deterministic chaos in the system of transfer and recovery of information that is in the range of 2.4 GHz radio.

Done software - hardware implementation of system codelion notification pseudo-random sequence generator deterministic chaos resulting mathematical model which is the logistic mapping.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки 23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

БАГАТОМІРНА ЛАЗЕРНА АВТОФЛУОРЕСЦЕНТНА НАНОСКОПІЯ ОПТИЧНО-АНІЗОТРОПНИХ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ

Ушенко О.Г.

Кафедра оптики та видавничо-поліграфічної справи, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: o.ushenko@chnu.edu.ua

Анотація. – Представлено результати дослідження поляризаційних проявів лазерної автофлуоресценції молекулярних комплексів у оптично анізотропних структурах біологічних тканин. Запропоновано мюллер-матрична модель опису даного фізичного явища).

Ключові слова: лазерна автофлуоресценція, двоприменезаломлення, поляризація.

I. Вступ

У даний час в біологічних і медичних дослідженнях використовується безліч практичних методик, заснованих на вимірі й аналізі матриць Мюллера досліджуваних зразків [1]. Відомі нечисленні публікації, присвячені використанню мюллер-матричного формалізму для аналізу флуоресценції ансамблів оптично активних білкових молекул та їх комплексів [2].

Тому перспективним завданням виявляється розвиток мюллер-матричної моделі на більш загальний випадок флуоресценції двоприменезаломлюючих мереж оптично активних комплексів біологічних тканин і розробку на цій основі методу спектрально-селективної автофлуоресцентної поляриметрії.

II. Теорія методу лазерної поляризаційної автофлуоресцентної наноскопії

Формування лазерної поляризаційної флуоресценції біологічних тканин ґрунтується на:

- механізмах оптично-анізотропного поглинання (лінійний і циркулярний дихроїзм);
- флуоресценції молекул порфірину ("лінійних" осциляторів) і полікристалічних мереж таких молекул ("еліптичних" осциляторів);
- механізмах фазової анізотропії (лінійне і циркулярний двоприменезаломлення фібрилярних мереж), які модулюють часові затримки між ортогональними складовими амплітуди флуоресцентного випромінювання "лінійних" та "еліптичних" осциляторів.

Зазначений сценарій аналітично можна описати з використанням мюллер-матричного формалізму.

Враховуючи всі розглянуті механізми оптично анізотропного поглинання лазерного випромінювання та фазової модуляції флуоресцентного випромінювання порфіринів, результуюча матриця флуоресценції біологічної тканини може бути записана наступним чином

$$\{R\} = \{B\}\{A\}\{N\}\{\Psi\}\{\Xi\} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Аналіз матриці (1) показує, що елементи r_{ik} характеризують суперпозицію механізмів лінійного ($\Delta\tau$) та циркулярного (Δg) дихроїзму; флуоресценції лінійних ($\eta_{12;21;22;33}$) та еліптичних (η_{44}) осциляторів з наступною фазовою модуляцією такого випромінювання оптично акти-

вними молекулами (θ) та двоприменезаломлюючими (ϕ) сітками таких молекул.

При цьому виявляється різний інформаційний зміст матричних елементів.

Так, сукупність елементів $r_{i=1,k=1;2;3;4}(\eta_{12})$ характеризує флуоресценцію лінійних осциляторів, що виникло за рахунок оптично анізотропного поглинання.

Елементи $r_{i=2;3;k=1;2;3;4}(\eta_{21;22;33})$ описують фазово-модульовану (ϕ, θ) флуоресценцію лінійних осциляторів.

Зауважимо, що практичне використання виразу (6.8) утруднене. Причиною цього є азимутальна залежність більшості матричних елементів - у загальному випадку 12 з 16 елементів змінюються при обертанні зразка навколо осі зондування.

Було показано, що азимутально-інваріантними, не залежними від кута (Θ) повороту зразка, є наступні елементи матриці $\{R\}$

$$\begin{cases} r_{11}(\Theta) = const; \\ r_{14}(\Theta) = const; \\ r_{41}(\Theta) = const; \\ r_{44}(\Theta) = const; \end{cases} \quad (2)$$

III. Висновки

1. Запропоновано мюллер-матричне описання процесів флуоресценції молекулярних комплексів у біологічних шарах з лінійним і циркулярним двоприменезаломленням. На основі такої мюллер-матричної моделі флуоресценції двоприменезаломлених мереж оптично активних комплексів біологічних тканин розроблений метод спектрально-селективної автофлуоресцентної поляриметрії.

IV. Список літератури

- [1] Тучин В. В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике / В. В. Тучин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 811 с.
- [2] Arteaga O. Mueller matrices in fluorescence scattering / O. Arteaga, S. Nicols, B. Kahr // Optics Letters. – 2012. – Vol. 37, № 14 – P. 2835-2837

MULTIDIMENSIONAL LASER AUTOFLUORESCENCE NANOSCOPY OF OPTICAL-ANISOTROPIC BIOLOGICAL LAYERS

Ushenko O.G.

Department of the Optics and Publishing, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The mueller-matrix model of description of laser autofluorescence of birefringent networks of optically active complexes of biological tissues and fluids has been elaborated. The mueller-matrix invariants of laser autofluorescence, which characterize the polarization manifestations of fluorescence of "linear" and "elliptical" oscillators on the background of linear birefringence and optical activity of proteins of biological layers have been determined. It has been found the connection between the polarization state of laser beam and the structure of Mueller matrix of optically anisotropic biological layer, which provides maximal intensity of autofluorescence.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

СЕКЦІЯ 1.
РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ
ТА ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНВЕЕРА ТОКА II-ГО ПОКОЛЕНИЯ

Чехместрук Р.Ю.¹, Стахов В.П.², Лищинская Л.Б.³, Филинюк Н.А.⁴

Кафедра проектирования компьютерной и телекоммуникационной аппаратуры,

Винницкий национальный технический университет, Винница, Украина,

E-mail: lchehroma@yandex.ru, vladstakhov@mail.ru, 3N_Fil_45@mail.ru

4Кафедра, экономической кибернетики и информационных систем,

Винницкий торгово-экономический институт, Винница, Украина, E-mail: L_Fil_1@mail.ru

Аннотация. – Установлена аналитическая зависимость между системами a_{ij} - и y_{ij} -параметрами токового конвейера, что позволяет по результатам измерения y_{ij} -параметров КТП рассчитать его a_{ij} -параметры, используемые для проектирования информационных устройств на его основе. Произведена оценка погрешности.

Ключевые слова: токовый конвейер, матрица проводимости.

I. Введение

Конвейер тока II-го поколения (КТП) можно рассматривать как трёхполюсник (рис.1а), у которого соотношение между токами ветвей i_x, i_y, i_z и потенциалы U_x, U_y, U_z между полюсами и общей шиной в идеальном случае определяются отношениями [1]:

$$i_x = 0, U_x = U_y, i_z = \pm i_x. \quad (1)$$

Однако в реальном случае, эти условия выполняются частично.

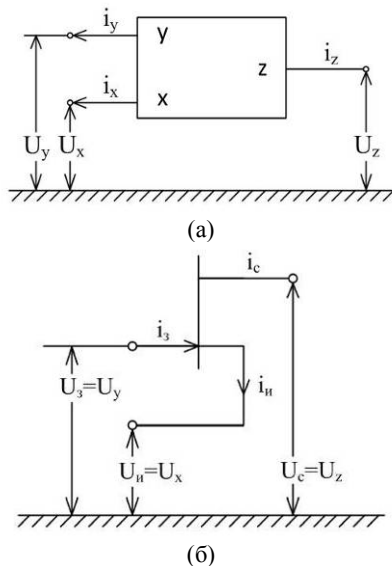


Рис. 1. Схематическое представление КТП

Поэтому связь между токами и потенциалами полюсов следует характеризовать системой уравнений:

$$\begin{bmatrix} i_y \\ U_x \\ i_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_y \\ i_x \\ U_z \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где a_{ij} – коэффициенты квадратичной матрицы 3-го порядка, характеризующие параметры реального КТП.

II. Основная часть

Анализ [2] показывает, что коэффициенты a_{ij} имеют различный физический смысл и требуют в процессе измерения различных комбинаций режимов КЗ и ХХ. С целью упрощения этой задачи предложено описывать КТП системой уравнений:

$$\begin{bmatrix} i_y \\ i_x \\ i_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_y \\ U_x \\ U_z \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где y_{ij} – параметры неопределённой матрицы проводимости КТП, которые достаточно просто и с высокой точностью могут быть измерены в широком диапазоне частот [2].

Путем совместного решения систем уравнений (2) и (3) установлена аналитическая зависимость между системами a_{ij} - и y_{ij} -параметрами, что позволяет по результатам измерения y_{ij} -параметров КТП рассчитать его a_{ij} -параметры, используемые для проектирования информационных устройств на его основе.

Экспериментальная проверка метода произведена на основе однотранзисторного высокочастотного КТП, на базе полевого транзистора КП325 (рис. 1б), для которого справедливы соотношения:

$$i_x = i_z = 0, U_y = U_u = U_x = U_z, i_x = i_u = i_z = i_c. \quad (4)$$

Измерения y_{ij} -параметров осуществлялось с помощью измерительной линии ИЛД на частоте 1 ГГц, с погрешностью, не превышающей 10%.

III. Выводы

Установлена аналитическая зависимость между системами a_{ij} - и y_{ij} -параметрами токового конвейера, что позволяет по результатам измерения y_{ij} -параметров КТП рассчитать его a_{ij} -параметры, используемые для проектирования информационных устройств на его основе. Произведена оценка погрешности измерения y_{ij} -параметров которая не превысила 10%.

IV. Список литературы

- [1] Sedra A.S. A second-generation current conveyors and its applications / A.S. Sedra, K.C. Smith // IEEE Transactions on Circuit Theory. – Vol. CT-17. – Feb.1970, pp.132-134.
- [2] Филинюк Н.А. Измерение параметров матрицы проводимости СВЧ транзисторов // Радиоэлектроника. Изв. Вузов СССР, Киев, 1984, №3, с. 81-82.

MEASUREMENT PARAMETERS OF II - GENERATION CURRENT CONVEYOR

Chekhmestruk R.Y.¹, Stakhov V.P.²,

Lischinskaya L.B.⁴, Filinyuk N.A.⁴,

^{1,2,4} Department of Design Computer and Telecommunication Equipment, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.

³ Department of Economic Cybernetics and Information Systems, Vinnytsia Commerce and Economic Institute, Vinnytsia, Ukraine.

An analytical dependence between systems a_{ij} – and y_{ij} – parameters of the current conveyor was found. It allows calculating conveyors a_{ij} – parameters using results of y_{ij} -parameters measurement. These parameters are used for the design of information device based on current conveyors. Experimental verification of the method was performed on the basis of one-transistor high-frequency CCII using FET КП325. Measurement error of y_{ij} – parameters didn't exceed 10%.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ОЦІНКА СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИСТРОЇВ ТАКТОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Бойко Ю.М.¹, Єрмоєнко О.І.²

¹Кафедра радіотехніки та зв'язку, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна, E-mail: boiko_julius@ukr.net

²Кафедра фізики та електротехніки, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна, E-mail: yeromenko_s@ukr.net

Анотація. – В роботі проведено оцінку густини розподілу помилки синхронізації для стаціонарного режиму роботи системи синхронізації, досліджено поверхні для оцінки середнього часу та дисперсії помилки синхронізації для системи другого порядку.

Ключові слова: система синхронізації, стаціонарний стан, дисперсія помилки.

I. Вступ

Для підвищення ефективності роботи системи тактової синхронізації супутникових засобів телекомунікацій, необхідно розширити теоретичну інтерпретацію аналітичного опису функціонування та оптимізації параметрів приймачів в умовах реального комплексу завдань та впливів на систему обробки маніпульованих сигналів, шляхом дослідження зміни густини розподілу помилки синхронізації, проведення аналізу залежностей середнього часу та дисперсії для системи синхронізації (СС) використанням стохастичних моделей.

II. Оцінка статистичних показників

Аналіз перехідного режиму СС можна провести з допомогою чисельного розв'язку рівняння Фокера-Планка сітковим методом для зміни густини розподілу помилки синхронізації τ . В цьому випадку можна записати канонічну форму стохастичного рівняння Фокера – Планка для густини ρ розподілу $P = P(\tau, t_H)$ [1].

$$\frac{\partial P}{\partial t_H} = \frac{\partial}{\partial \tau} (b(\tau)P) + \frac{1}{D_0} \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} (h(\tau)P) \quad (1)$$

Використаємо це рівняння та введемо нормований час $t_H = 4\sigma\tau$, де $\sigma = k_1 k_2 U_0 T / 4$ - шумова смуга лінійної моделі системи синхронізації. Існує чисельне рішення цього рівняння. Графіки які описують процес встановлення стаціонарного режиму за відношення сигнал до шуму для ймовірності помилки $p_0 = 10^{-3}$ у випадку фазової маніпуляції рис.1.

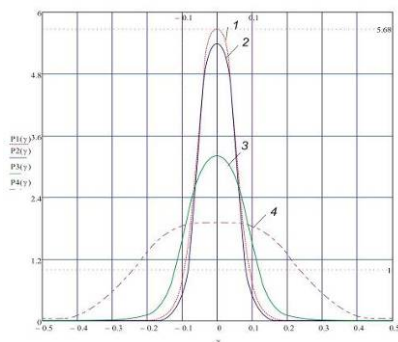


Рис. 1. Графіки розподілу густини ймовірності за різних значень нормованого часу t_H ($p_0 = 10^{-3}$, $\sigma\tau = 5 \cdot 10^{-2}$): 1 – стаціонарний стан; 2 - $t_H = 2$; 3 - $t_H = 1$; 4 - $t_H = 0.5$

На рис. 2 представлено залежність середнього часу та дисперсії отримані для системи синхронізації (СС) другого порядку.

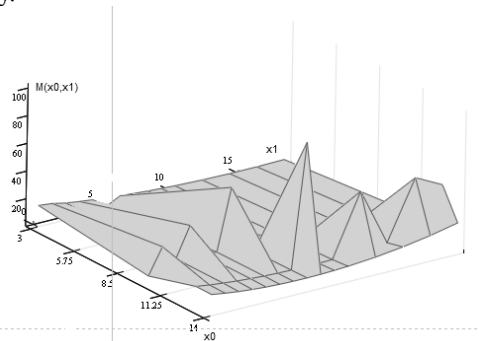


Рис. 2. Поверхня для оцінки середнього часу для СС другого порядку

Розглядалась поведінка СС у випадку інтенсивного дискретного шуму (гаусівський закон розподілу шуму). Залежності встановлювались шляхом оцінки поведінки СС до зриву синхронізму в системі другого порядку від початкових значень x_0, x_1 - неузгодження в два попередніх такти роботи системи. Приведені залежності є поверхнями над площиною можливих значень - x .

III. Висновки

Аналіз досліджень дозволяє встановити: середній час та дисперсія помилки зростає, коли неузгодження в два попередніх такту приймає значення, які лежать ближче до середини діапазону можливих значень.

IV. Список літератури

- [1] Бойко Ю.М., Єрмоєнко О.І. Проблеми синтезу пристроїв тактової синхронізації приймачів супутникових телекомунікаційних систем передачі інформації /Ю.М. Бойко, О.І. Єрмоєнко – Вісник НТУУ КПІ. Телекомунікації, радіолокація і навігація, електродинаміка – Київ. – 2014 № 58.

ESTIMATION OF STATISTICS CLOCK SYNCHRONIZATION DEVICES OF TELECOMMUNICATIONS

Boiko J.M.¹, Eromenko A.I.²

¹ Department of Radio Engineering and Communication, Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

² Department of Physics and Electrical Engineering, Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

Manuscripts in the estimation of the density distribution of synchronization errors steady state of system synchronization is investigated for surface estimation of average and variance of time synchronization errors of second order. Average time and variance of errors increased when mismatch in the two previous cycles takes values that are closer to the middle of the range of possible values fig. 1, 2. Error of the numerical grid search solution (1) by less than 1%.

СИНХРОНІЗАЦІЯ МЕЖ ЕЛЕМЕНТАРНИХ СИГНАЛІВ В ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ

Колчар В.М.

Кафедра комутаційних систем, Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
Одеса, Україна, E-mail: vovakolchar@ukr.net

Анотація. – В роботі виконано дослідження закону розподілу фази синхроімпульсу (СІ) і оцінка впливу на цей закон характеристик пристроїв синхронізації меж елементарних сигналів (ПСМЕС).

Ключові слова: синхронізація, фаза, синхроімпульс.

I. Вступ

З математичних алгоритмів прийому сигналів видно, що на приймальному кінці має бути певний набір відомостей – апріорних даних – про сигнали, що приймаються, причому чим більше апріорі відомо про сигнал, тим вище ймовірність правильного прийому.

Внаслідок флуктуаційних завад і нестабільності параметрів каналу зв'язку та апаратури, виникає розсинхронізація (розбіжність між СІ і положеннями меж елементарних сигналів).

Слідкування за СІ виконує пристрій синхронізації меж елементарних сигналів (ПСМЕС). У загальному виді ПСМЕС замкнутого типу містить: аналізатор сигналу (АС), що визначає положення МЕС в інформаційному сигналі; усереднюючий пристрій (УП), який виявляє невідповідну величину відхилення СІ від МЕС; генератор, керований напругою (ГКН) та формувач СІ (ФС).

II. Статистичні характеристики замкнутого ПСМЕС

Надалі буде вважатися, що МЕС нерухомі, а синхроімпульси можуть відхилятися (флуктувати) щодо моментів меж елементарних сигналів.

Єдиним параметром, що повністю описує окремо взятий СІ, є його фаза:

$$x = 2\pi \frac{\Delta\tau}{T}. \quad (1)$$

Тут: $\Delta\tau$ – відхилення СІ від МЕС, T – тривалість послілки. Очевидно, що якщо СІ і МЕС збігаються – $x = 0$.

Для розгляду статистичних характеристик замкнутого ПСМЕС приведена блок-схема рис. 1

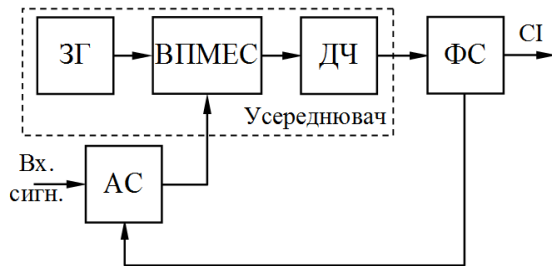


Рис. 1

Аналізатор сигналу (АС) за допомогою ВПМЕС один раз за елементарний сигнал може здійснювати корекцію фази СІ на величину $2\pi n/N$. Зазвичай в ПСМЕС виконуються наступні умови:

$$N \gg 1 \text{ та } N \gg K,$$

де K – найбільша можлива кількість імпульсів, що додаються чи віднімаються.

$$-K \leq n \leq +K.$$

За кількістю значень n ПСМЕС розрізняють двохопозиційні, трипозиційні та багатопозиційні. В двохопозиційних ПСМЕС та приймає значення -1 і $+1$, тобто корекції фази СІ проводиться на кожній послілці. Це робиться в тому випадку, коли величина розсинхронізації може бути вимірною на кожній послілці. Частіше ж застосовуються трипозиційні ПСМЕС. В трьохпозиційних n може приймати значення: -1 , 0 , $+1$. Якщо розсинхронізація відсутня $n=0$. При появі розсинхронізації, через кілька елементарних сигналів прийнятого сигналу буде додаватися або віднімається по одному імпульсу до тих пір, поки фаза СІ не стане рівною нулю.

Нехай сигнали в сусідніх елементарних сигналах незалежні, а властивості каналу зв'язку постійні в часі.

Ймовірність формування команди про додавання або віднімання K імпульсів залежить тільки від величини розсинхронізації, а фаза СІ являє собою просте однорідне коло Маркова з ймовірністю переходу від стану $x_n = 2\pi n/N$, до стану $x_{n+1} = 2\pi(n+1)/N$ за один елементарний сигнал $q_k(x_n)$. При цьому умовна ймовірність $p(x_n, t_m / x_r)$ того, що зі стану x_r відповідного моменту часу $t=0$, система в момент часу $t_m = mT$ перейде в стан x_n буде визначатися із рівності:

$$p(x_n, t_m / x_r) = \sum_{k=-K}^{+K} p(x_{n-k}, t_{m-1} / x_r) \cdot q_k(x_{n-k}). \quad (2)$$

Якщо N досить велике, то можна перейти від дискретної множини станів до безперервного і від ймовірностей до густини ймовірності. Нехай [1]

$$p(x_n, t_m / x_r) = \frac{2\pi}{N} W(x_n, t_m / x_r). \quad (3)$$

Підставляючи (3) в (2), і вимагаючи, щоб воно виконувалося не тільки для x_n , а й для всіх x , а також замінюючи дискретне початкове положення x_r безперервним y , і якщо $I = t/T$ – без вимірний час, отримаємо

$$\frac{\partial W}{\partial I} = -\frac{2\pi}{N} \frac{\partial}{\partial x} [a(x) W] + \frac{2\pi^2}{N^2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [b(x) W]. \quad (4)$$

З початковими граничними умовами:

$$W(x, 0 / y) = \delta(x - y), \quad (5)$$

$$W(-\pi, I / y) = W(\pi, I / y).$$

Тут $\delta(x-y)$ – дельта функція.

Необхідно також:

$$\int_{-\pi}^{+\pi} W(x, I / y) dx = 1. \quad (6)$$

В загальному випадку коефіцієнт $b(x)$ визначається не як початковий момент другого порядку, кількість імпульсів, що додаються, за один елементарний сигнал, а як центральний момент, тобто дисперсія кількості імпульсів. $a(x)$ – являє собою математичне очікування кількості імпульсів за елементарний сигнал.

Рівняння (4) узагальнене на випадок неоднорідного каналу і пристрою синхронізації зі змінними параметрами:

$$\frac{\partial W}{\partial I} = -\frac{2\pi}{N} \frac{\partial}{\partial x} [a(x, t) W] + \frac{2\pi^2}{N^2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [b(x, t) W]. \quad (7)$$

Слід зазначити, що збіг густини ймовірності фази СІ з рішенням рівняння (4) тим краще, чим точніше виконують-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ся умови центральної граничної теореми, для прирощення фази СІ за деякий інтервал часу.

ПСМЕС, як система зі зворотним зв'язком повинна відповідати вимогам стійкості роботи і швидкого входження в синхронізм. Щоб в околиці точки $x=0$ рух системи відбувалося в напрямку компенсації збурень, тобто щоб точка $x=0$ була стійкою, необхідно:

$$a(x) = \begin{cases} = 0, & \text{при } x=0, \\ > 0, & \text{при } x < 0, \\ < 0, & \text{при } x > 0; \end{cases} \quad (8)$$

або функція $a(x)$ повинна мати корінь в точці $x=0$, і похідна $a'(x)$ в цій же точці повинна бути негативна. $x=0$ буде єдиною стійкою точкою, якщо $a(x)$ не матиме інших коренів з від'ємною похідної. Рух фази СІ до стійкого стану має відбуватися за найкоротшим шляхом. Для цього повинні бути виконані умови:

$$\begin{aligned} a(x) > 0 & \text{ при } -\pi < x < \pi, \\ a(x) < 0 & \text{ при } 0 < x < +\pi. \end{aligned} \quad (9)$$

Звідки випливає, що $a(x)$ має другий корінь в точці $x = \pi$, причому $a'(x) > 0$ в цій же точці. Нехай $a(x)$ непарна функція відносно точки $x = 0$, тобто

$$a(x) = -a(x). \quad (10)$$

Рух фази СІ до точки $x=0$ має проходити не тільки по найкоротшому шляху, але і з максимальною швидкістю. Швидкість ця пропорційна $|a(x)|$. Але т.я. $|a(x)|$ не може бути великим в околиці коренів функції $a(x)$, то доцільно вимагати, щоби була великою величина $|d a(x)/dx|$.

Функція $b(x)$ не може бути від'ємною. Бажано, щоби її величина в околиці точки $x = 0$, була невеликою. Крім того функція $b(x)$ повинна бути близькою до парної. Можливий вигляд цих функцій приведений на рис. 2. В реальних умовах функція $a(x)$ може відхилитися від непарної, а $b(x)$ от парної.

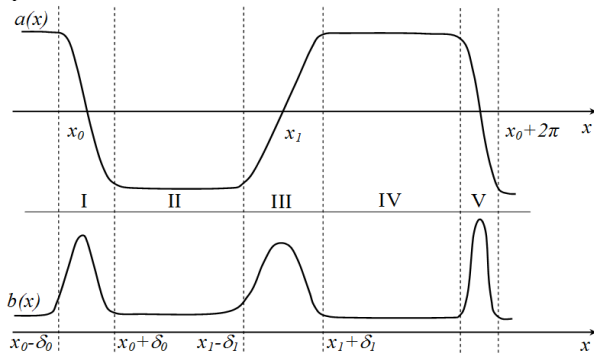


Рис. 2

Бажано, щоб ці відхилення мали незначну величину, і якщо це буде виконуватися, то $a(x)$ і $b(x)$ будуть описуватися порівняно невеликою кількістю членів ряду Фур'є, причому у функції $a(x)$ переважають непарні складові, а в $b(x)$ – парні. Коефіцієнт при $\sin x$ в розкладанні $a(x)$ повинен бути від'ємним і переважати інші коефіцієнти по абсолютній величині. В розкладанні $b(x)$ повинна бути додатна постійна складова, більша ніж абсолютні величини інших коефіцієнтів.

В околиці точки $x=0$ функції $a(x)$ і $b(x)$ можуть апроксимовані степеневими поліномами:

$$\begin{aligned} a(x) &= a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3, \\ b(x) &= b_0 + b_1 x + b_2 x^2; \end{aligned} \quad (11)$$

причому:

$$\begin{aligned} a_0 &= a(0); a_1 = a'(0); a_2 = a''(0)/2; a_3 = a'''(0)/3; \\ b_0 &= b(0); b_1 = b'(0); b_2 = b''(0)/2; \end{aligned} \quad i$$

$$b_0 > 0, a_1 < 0, \left| \frac{a_0}{a_1} \right|, \left| \frac{a_2}{a_1} \right|, \frac{b_1}{b_0} \ll 1. \quad (12)$$

III. Висновки

1. Чим більше функції $a(x)$ та $b(x)$ є гладкими, і чим більше величина коефіцієнта N , тим більше точність при використанні рівняння Фокера-Планка.

2. Рух фази СІ до стійкого стану має відбуватися за найкоротшим шляхом, для цього повинні бути виконані умови (9).

VI. Список літератури

[1] Линдсей В. Системы синхронизации в связи и управлении / Пер. с англ. Под ред. Ю.Н.Бакаева и В.В.Капанова. – М.: Сов. радио, 1978. 600 с.

SYNCHRONISATION EXTENT ELEMENTARY SIGNALS IN A DIGITAL TRANSMISSION SYSTEM

Kolchar V.M.

Department of switching systems,
Odessa National Academy of Telecommunications
Odessa, Ukraine, E-mail: vovakolchar@ukr.net

From the mathematical algorithms receiving signals we can see that the more a priori known about the signal, the higher is the probability of correct reception.

Because of fluctuating noise and instability parameter of the communication channel and equipment, there is skewing is result (the difference between the SI and the provisions of the limits of elementary signals).

Tracking device performs clock synchronization boundaries of elementary signals (CSBES) (see Fig. 1).

We assume that the BES are still and clock can deviate (fluctuate) points on the boundaries of elementary signals. The only option that fully describes any given SI is its phase (1).

As the number of values of n the CSBES are distinguished into two-position, three-position and multiposition. Often used the three-position CSBES are used most frequently.

In three-position CSBES the n can take values: -1, 0, +1. If no skewing the result is $n = 0$. When desync, in a few elementary signals received signal a pulse will be added or subtracted by as the SI phase becomes zero.

The probability of forming a team to add or subtract pulses K depends only on the value desync and the phase of SI is a simple homogeneous Markov range of transition probabilities between states for each elementary signal.

In general, the coefficient $b(x)$ is defined not as the starting point of the second order, the number of pulses that are added for each elementary signal, but as the focal point, ie, the variance of the number of pulses. $a(x)$ – is the expectation of the number of pulses per elementary signal.

Equation (4) is generalized to the case of nonuniform channel and device synchronization with variable parameters.

It should be noted that the coincidence probability density phase of the SI solution of equation (4) is better, the more accurately the conditions of the central limit theorem for phase increment SI after some time interval.

CSBES as a feedback system must meet the requirements of stability and rapid entry into synchronism.

Movement phase SI to steady state should be the shortest path. For this condition must be met: (9).

Movement phase SI point $x = 0$ is held not only by the shortest path, but with maximum speed. This speed is propor-

tional $|a(x)|$. But as far as $|a(x)|$ can not be large in the vicinity of the roots of the function $a(x)$, then it is the right to demand, so that the value $|da(x)/dx|$ was great.

Possible functions of the form $a(x)$ and $b(x)$ is shown in Fig. 2. In the real world function $a(x)$ can deviate from the odd and $b(x)$ from the pair.

It is desirable that these deviations have little value, and if it runs, then $a(x)$ and $b(x)$ will be described by a relatively small number of members of the Fourier series, and the function $a(x)$ is dominated by the odd component, and $b(x)$ – paired.

The coefficient of in the expansion of $a(x)$ must be negative and dominate the other coefficients in absolute value. In the decomposition of $b(x)$ must be positive DC component, more than the absolute values of the other coefficients.

Conclusions:

1. The more functions $a(x)$ and $b(x)$ are smooth, and the more is the size of factor N , the more accurate is using Fokera-Planck equation.

2. SI motion phase to steady state should be the shortest way for this to be the conditions (9).

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯЦІЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ В БАГАТОМОДОВОМУ ПОЛІМЕРНОМУ ВОЛОКНІ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМУ ЗБУДЖЕННІ МОД

Варищук В.Г.¹, Татарин В.Я.¹, Бобицький Я.В.^{1,2}

¹Кафедра фотоники, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: vasya.v.v.9@gmail.com, vasya@lp.edu.ua

²Інститут техніки Жешувського університету, Польща: bobitski@polynet.lviv.ua

Анотація. – В роботі розглянуто механізм модуляції інтенсивності випромінювання в багатомодових волокнах з врахуванням явища взаємодії між хвилеводними модами. Експериментально досліджено залежність амплітуди сигналу на виході багатомодового полімерного волокна від амплітуди сигналу модуляції.

Ключові слова: полімерне волокно, спекл-картина, модуляція інтенсивності.

I. Вступ

При збуреннях багатомодового волокна відбувається модуляція розподілу інтенсивності випромінювання в спекл-картині за рахунок взаємодії між хвилеводними модами і їх фазової модуляції. Якщо перед реєстрацією сигналу на фотоприймачі провести його просторову фільтрацію, то з модульованого сигналу на виході приймача можна отримати інформацію про величину зовнішнього впливу [1].

II. Досліджень модуляції інтенсивності випромінювання ПОВ

Модуляція інтенсивності випромінювання при збудженні неосьових мод в полімерних оптичних волокнах (ПОВ) здійснювалась гармонічним сигналом з амплітудою модуляції близько 1 мм при частоті 30 Гц. Частотний спектр вихідного сигналу отриманий з використанням діодного лазера в якості джерела випромінювання представлено на рис. 1.

У відповідності до теорії зв'язаних мод, спектр вихідного сигналу містить як основну частоту вібрації, так і декілька гармонік основної частоти. Амплітуда сигналу на основній частоті вібрації рівна 33 Дб і практично відповідає амплітуді сигналу другої гармоніки, яка складає 30 Дб.

Амплітуда сигналу на основній частоті вібрації складає 35 Дб і є більшою за амплітуди сигналів другої та третьої гармонік на 13 Дб та 18 Дб відповідно, що дозволяє чітко ідентифікувати частоту сигналу, спричинену вібрацією.

Після цього було проведено аналогічне дослідження з використанням He-Ne лазера. Спектр сигналу, отриманий при частоті модуляції 30 Гц представлено на рис. 2.

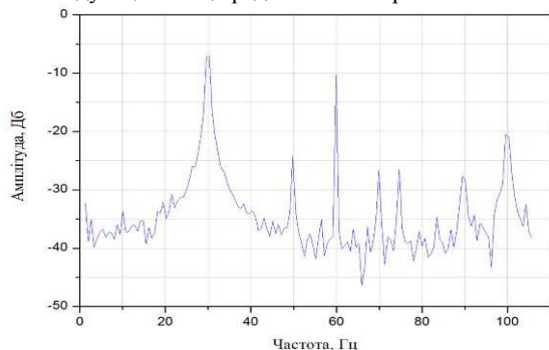


Рис. 1. Частотний спектр сигналу багатомодового ПОВ при збудженні в ньому неосьових мод з частотою 30 Гц з використанням діодного лазера

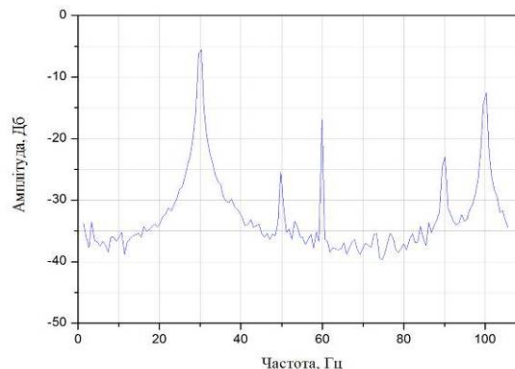


Рис. 2. Частотний спектр сигналу багатомодового ПОВ при збудженні в ньому неосьових мод He-Ne лазером

III. Висновки

Аналіз модуляції інтенсивності випромінювання з врахуванням явища взаємодії між модами показав, що зміна інтенсивності мод при їх взаємодії внаслідок згинів волокна буде залежати від довжини волокна та від амплітуди коливань волокна при вібрації. Амплітуда сигналу на виході волокна є більшою при використанні високо когерентних джерел випромінювання.

IV. Список літератури

- [1] Лиюкумович Л.Б. Волоконно-оптические интерферометрические измерения. Часть 1. Волоконно-оптические интерферометры / Л.Б. Лиюкумович. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 110 с.

RESEARCHING OF MODULATION OF RADIATION INTENSITY IN MULTIMODE POLYMER FIBER UNDER SELECTIVE EXCITATION OF MODES

V. Varyshchuk¹, V. Tataryn¹, Y. Bobitski^{1,2}

¹Department of Photonics, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine

²University of Rzeszow, Poland

In this paper the effect of fiber bends on the intensity modulation of the off-axis modes in multimode polymer fiber has been investigated. The theory of a bend multimode fiber shows that the change of the speckle pattern intensity depends on the length of the fiber perturbed and amplitude of the vibration signal. When a highly coherent light source is used, the speckle pattern modulation is due primarily to phase modulation of the modes, and the component of the induced frequency overcomes the first and second harmonics with a difference of 13 dB and 18 dB, respectively, which allows clear identification of the induced vibration frequency. In contrast, when less coherent sources are used, the difference between fundamental vibration frequency and its second harmonic is small.

ДВОПАРАМЕТРИЧНИЙ НЕГАСЕНСОР НА L-НЕГАТРОНІ

Філінюк М.А., Лазарев О.О., Бондарюк Д.В., Поліщук А.С.

Кафедра проектування комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури,

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, E-mail: n_fil_45@mail.ru

Анотація. – Представлено двопараметричний негасенсор на схемотехнічному L-негатроні, перевагами якого є висока чутливість та схемотехнічна простота за рахунок використання від'ємної індуктивності L-негатрона.

Ключові слова: ємнісний сенсор, від'ємний опір, від'ємна індуктивність, негатроніка.

I. Вступ

Сучасний стан розвитку автоматизованих систем контролю та керування різноманітними технологічними і фізичними процесами характеризуються широким використанням первинних засобів збору та обробки інформації. При цьому сенсори входять до складу будь-якої інформаційно-вимірювальної або керуючої системи і в значній мірі визначають її метрологічні характеристики. Внаслідок значних переваг (висока заводостійкість, висока точність) отримали широке використання частотні сенсори. Підвищити ефективність сенсора можна за рахунок використання L-негатрона – електронний прилад, що в деякому режимі роботи має від'ємне значення диференційної індуктивності [1].

II. Основна частина

Наявність від'ємного активного опору $R^{(-)}$, що входить до складу еквівалентної схеми L-негатрона, буде забезпечувати можливість роботи в режимі автогенерації коливань. На рис. 1. зображена схема двопараметричного сенсора на базі схемотехнічного L-негатрона, реалізованого на операційному підсилювачі.

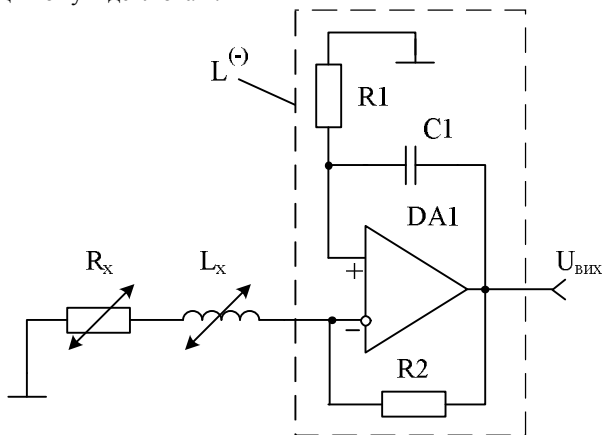


Рис. 1. Двопараметричний негасенсор на L-негатроні.

Частота сигналу на виході буде залежати від двох параметрів: опору R_x резистивного первинного вимірювального перетворювача (фоторезистор, терморезистор, тензорезистор тощо); і індуктивності L_x індуктивного первинного вимірювального перетворювача. Таким чином за частотою вихідного сигналу можна робити висновок про два фізичні параметри об'єкту, наприклад, освітленість та відстань до металевго об'єкту. Залежність частоти сигналу на виході для значень індуктивності первинного вимірювального перетворювача 200...300 мкГн зображена на рис. 2.

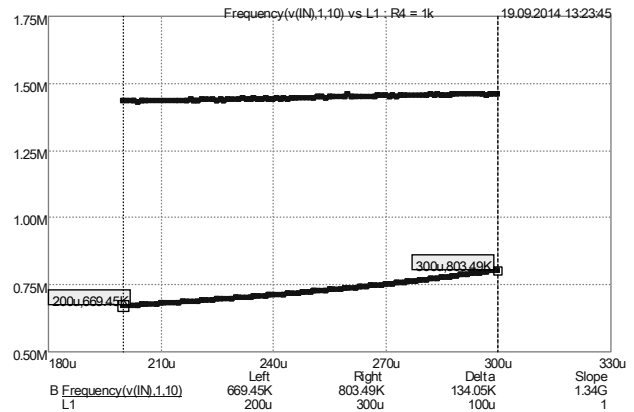


Рис. 2. Графіки залежності частоти та індуктивності.

Від'ємна індуктивність реалізована на інверторі від'ємного опору на операційному підсилювачі, що перетворює додатну ємність C у від'ємну індуктивність L .

III. Висновки

При наявності освітленості частота вихідного сигналу змінюється від 670 кГц до 803 кГц в залежності від значення індуктивності первинного вимірювального перетворювача, що залежить від відстані до металевго об'єкту. З наближенням металевго об'єкту частота збільшується.

При відсутності освітленості частота вихідного сигналу змінюється від 1,432 кГц до 1,461 кГц в залежності від значення індуктивності первинного вимірювального перетворювача, що залежить від відстані до металевго об'єкту. З наближенням металевго об'єкту частота збільшується.

IV. Список літератури

- [1] Філінюк М.А. LC-негатрони та їх застосування / М.А. Філінюк, О.О. Лазарев, О.В. Войцеховська. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 308с.

TWOPARAMETRIC NEGASENSOR BASED ON L-NEGATRON

Filinyuk M.A., Lazarev O.O., Bondaryuk D.V. Polishchuk A.S.
Department of the design of computer and telecommunication equipment, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, Ukraine

Using of L-negativeatrons (devices with negative inductance) allows increasing a sensitivity of analog and frequency sensors and, correspondingly, accuracy of non-electrical values measurement.

The frequency of the output signal depends on two parameters: the resistance R_x and inductance L_x . Analyzing the frequency of the output signal can be inferred about the two physical parameters of the object, such as lighting and distance to a metal object. In the presence of light frequency output signal changes from 670 kHz to 803 kHz. In the absence of light frequency output signal changes from 1,432 kHz to 1,461 kHz.

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСУ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Волочій Б.Ю.¹, Онищенко В.А.², Сальник Ю.П.²

¹ Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, bvolochiy@ukr.net

² Науковий центр Сухопутних військ, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна, OnishchenkoVolodymyr@gmail.com, jurasalnik@ukr.net

Анотація. – Представлено методику синтезу структури комплексу охоронної сигналізації, яка базується на розроблених математичних моделях реакції комплексу на рухомий об'єкт. Задача синтезу вирішується визначенням мінімальної кількості сейсмічних датчиків і схеми їх розміщення на кожному маршруті підходу до об'єкта, що охороняється, чим забезпечується мінімальна комплектність комплексу охоронної сигналізації.

Ключові слова: синтез структури, комплекс охоронної сигналізації, сейсмічний датчик, схеми розміщення сейсмічних датчиків.

I. Вступ

Для забезпечення охорони підрозділів, що виконують завдання у відриві від своїх основних сил, гостро стоїть проблема своєчасного виявлення несанкціонованого підходу сторонніх осіб до місця їх тимчасового розташування. Враховуючи обмеження на вагу і об'єм спорядження військовослужбовців, актуальним є раціональне його комплектування. В груповий комплект спорядження підрозділу входить комплекс охоронної сигналізації (КОС), який призначений для посилення його охорони.

Місце перебування або відпочинку підрозділу в тилу протидіючої сторони обладнується у важкодоступному місці і, як правило, може мати два - чотири маршрути підходу, які повинні надійно контролюватися. В першу чергу охорона здійснюється призначеними спостерігачами і посилюється застосуванням технічних засобів, яким є КОС. Комплекс охоронної сигналізації складається з деякої кількості автономних систем виявлення, класифікації об'єкта та передачі радіосигналу (ВКОПР) про виявлений рухомий об'єкт (РО) та системи прийому і відображення інформації (СПВІ). Кожна автономна система ВКОПР має безпосередній доступ до СПВІ, тобто структура КОС є зірковою.

Актуальною є задача синтезу структури КОС, яка передбачає визначення мінімально необхідної кількості сейсмічних датчиків (СД), а відповідно і автономних систем ВКОПР, яку підрозділ має взяти з собою.

II. Методика синтезу структури комплексу охоронної сигналізації

Ще в ході підготовки підрозділу до виконання завдання у відриві від своїх військ, його командир поряд з іншими питаннями, знаючи характеристики КОС, попередньо вибирає місце де буде перебувати підрозділ. Використовуючи методику синтезу структури КОС, командир підрозділу визначає мінімальну комплектність комплексу (кількість автономних систем ВКОПР з сейсмічними датчиками), який забезпечить належну охорону підрозділу. Це завдання виконується в такій послідовності:

1. На основі аналізу місцевості визначається кількість і характерні особливості маршрутів імовірних підходів до місця перебування підрозділу.

2. На основі характерних особливостей кожного маршруту призначаються ближня та дальня зони контролю і з

бібліотеки вибираються доцільні варіанти схем розміщення сейсмічних датчиків.

3. Для першого маршруту і першої доцільної схеми розміщення СД, за допомогою розробленої математичної моделі реакції КОС на появу РО, визначається значення ймовірності успішного виявлення РО комплексом охоронної сигналізації. Аналіз розпочинаємо з схеми мінімальної конфігурації, послідовно досліджуючи ефективність КОС для всіх доцільних схем розміщення СД на маршруті [1]. В структуру КОС включається схема з мінімальною кількістю СД, яка забезпечує задане значення ймовірності успішного виявлення РО на цьому маршруті.

4. Процедура, опис якої представлено в пункті 3, виконується для всіх інших імовірних маршрутів пересування рухомого об'єкта.

5. Після визначення прийнятної схеми розміщення СД для кожного маршруту ймовірного пересування РО завершується синтез структури комплексу, тобто визначається комплектність комплексу охоронної сигналізації.

III. Особливості маршрутів імовірного пересування рухомого об'єкта і призначення зон контролю

Місце перебування підрозділу вибирається, по можливості, поблизу водних джерел у скритному місці, яке забезпечує гарне маскування, виключає або обмежує доступ до нього транспортним засобам. Також має існувати можливість скритного відходу підрозділу у випадку виявлення цього місця. Військовослужбовці повинні мати детальну інформацію про місцевість на підступах до місця перебування підрозділу і своєчасно виявляти зміни місцевості (розлив або замерзання річок, пересихання боліт і т. і.), які можуть суттєво вплинути на проходимость місцевості, на умови маскування, скритність пересування до місця перебування підрозділу та від нього і т. і. Зауважимо, що маршрути ймовірного пересування РО є скритними і обмежують маневр рухомого об'єкта.

Для відбору доцільних схем розміщення СД визначаються сприятливі для встановлення СД дальня і ближня зони контролю. В переліку вимог до зон контролю є: наявність природних перешкод, які виключають можливість обходу зони контролю; існування радіовидимості для автономних систем ВКОПР та можливості скритного їх встановлення; уникнення, по можливості, м'яких ґрунтів; можливість візуального спостереження за ближньою зоною.

Дальня зона контролю вибирається за необхідності попередження про наближення РО. Ближня зона повинна забезпечувати ефективне використання засобів впливу на несанкціоноване пересування РО. За умов, коли не можливо призначити дальню зону контролю, призначається тільки ближня зона (брак часу на встановлення СД; відкрита місцевість і т. і.).

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки

23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

IV. Варіанти схем розміщення сейсмічних датчиків на маршруті

Зона чутливості СД повинна відповідати площі зони контролю. Коли зона контролю за своєю площею перевищує зону чутливості одного СД, то виставляється декілька СД за певною схемою. Глибина встановлення СД теж визначає розміри зони його чутливості. Для підвищення ймовірності виявлення РО у великих зонах контролю (широких проходах), СД заглиблюється на певну відстань від поверхні ґрунту. Для контролю не широких проходів СД може встановлюватися безпосередньо під поверхнею ґрунту. Зона чутливості при такому встановленні відповідно зменшується. Однією із значимих особливостей маршруту є склад і щільність ґрунтів на ньому [2, с. 659-663]. Геологічні породи та ґрунти, характеризуємо як тверді, середні і м'які.

Для схем розміщення СД використовуємо умовне позначення у вигляді суми двох складових, у якій перша складова представляє кількість СД в дальній зоні контролю, а друга в ближній. Представимо п'ять базових варіантів схем розміщення СД на ймовірному (контрольованому) маршруті. У першому варіанті встановлюється один СД, який розміщується в дальній або ближній зоні контролю (1+0 або 0+1). Другий варіант схеми передбачає встановлення двох СД на рубежі в дальній або ближній зоні контролю (2+0 або 0+2). У третьому варіанті два СД встановлюються послідовно у обох зонах контролю (1+1). У четвертому варіанті схеми у дальній зоні контролю встановлюються два СД, а в ближній один СД (2+1), або навпаки (1+2). П'ятий варіант схеми передбачає розміщення двох пар СД на рубежах в дальній і ближній зонах контролю (2+2).

Представлені базові варіанти дають можливість сформулювати інші схеми розміщення СД.

V. Математичні моделі реакції комплексу охоронної сигналізації на появу рухомого об'єкта

Розробка математичних моделей реакції КОС на появу РО здійснена за допомогою методу простору станів. Моделі, розроблені з урахуванням чотирьох описаних вище схем розміщення СД, представлені у вигляді систем диференціальних рівнянь Колмогорова – Чепмена. Для формування систем диференціальних рівнянь здійснена розробка моделей об'єкта дослідження у вигляді графа станів і переходів [3]. Розмірності цих моделей для кожної схеми розміщення СД подані в таблиці 1

ТАБЛИЦЯ 1

РОЗМІРНОСТІ МОДЕЛЕЙ РЕАКЦІЇ КОС НА ПОЯВУ РО
(моделі у вигляді графа станів і переходів)

Базові схеми розміщення СД	Розмірність моделі
КОС зі схемою 2+2	651 стан і 650 переходів
КОС зі схемою 2+0 або 0+2	26 станів і 25 переходів
КОС зі схемою 1+1	31 стан і 30 переходів
КОС зі схемою 1+0 або 0+1	6 станів і 5 переходів

VI. Висновок

Методика синтезу структури КОС призначена для використання у військовій сфері, а саме для забезпечення охорони військових підрозділів. А також у цивільній сфері для підвищення ефективності охорони стаціонарних об'єктів.

Практичне використання запропонованої методики синтезу структури КОС гарантує правильне встановлення КОС за мінімальної комплектності навколо місця перебування військового підрозділу.

VII. Список літератури

- [1] Volochiy B.Yu. Research of the dependence of the guard signaling complex on the location of seismic sensors / B. Yu. Volochiy, V. A. Onishchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.– Kharkiv, 2014, №2/9(68).– P.54-60.
- [2] Войсковые фортификационные сооружения. – М.: Воениздат, 1983. – 720 с.
- [3] Volochiy B. Modelling the Reaction of Guard Signalling Complex on Appearance of Moving Object When Seismic Sensors Are Deployed in Far and Close Control Zones / B. Volochiy, V. Onishchenko // Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science: proceedings of the XIIth International Conference TCSET'2014, Lviv-Slavske, Ukraine: Publishing National University "Lviv Politechnic", 2014. – P. 252 - 254.

SYNTHESIS OF THE GUARD SIGNALING COMPLEX STRUCTURE

¹Volochiy B.Yu., ²Onishchenko V.A., ²Salmik Yu.P.

¹Department of theoretical Radio Engineering and Radio Measuring,

²The Army Science Center, The Petro Sahaidachny

Army Academy of Lviv, Ukraine

Summary – The article presents methods of synthesis of the guard signaling complex structure (GSC) basing on the developed mathematical models of the GSC reaction on the moving object (MO). The task of the structure synthesis can be solved with a glance of a suitable layout of seismic sensors (SSs) on the route of probable MO movement.

The guard signaling complex consists of a certain number of autonomous systems of detection, object classification and transmitting radio signals (DOCTRS) about the detected MO and the system of receiving and displaying information (RDI). Each autonomous system has a direct access to the system of receiving and displaying information, so the GSC structure is star-shaped.

This work is aimed at creating the methods of synthesis of GSC structure providing determination of a minimum necessary number of SSs and autonomous systems DOCTRS that a military unit should take with it.

Mathematical models are the basis of the methods which allow carrying out comparative analysis of GSC effectiveness with different versions of SSs placement on the way to the place of location of the military unit, and taking into account the characteristics of the area.

Development of mathematical models of GSC reaction on MO appearance for four suitable SSs layouts is carried out by means of the method of state space. Models are presented as a system of differential equations of Kolmogorov – Chapman.

Suggested methods of the synthesis of GSC structure provide fulfilment of the tasks in the following succession:

1. On the basis of the area analysis determine number and specific features of the routes of probable MO movement.

To choose suitable SSs layouts determine far and close zones of control appropriate for SSs placement.

2. On the basis of specific features of each route choose suitable versions of SSs layouts.

Use the conventional sign in a form of a sum of two components where the first one presents number of SSs in far control zone, and the second one in close control zone. Imagine five basic versions of SSs layouts on the route: (1+0 or 0+1); 2+0 or 0+2); (1+1); (2+1 or 1+2); (2+2). Presented basic versions can be used to form other SSs layouts.

3. For the first route and each suitable SS layout on it determine the value of probable successful MO detection by the guard signaling complex by means of mathematical models of the reaction of GSC on MO appearance. Begin the analysis with the minimal configuration, considering GSC effectiveness for all suitable SSs layouts on the route [1]. A layout with minimum number of SSs is included in GSC structure which provides the given value of probable successful MO detection on this route.

4. The procedure described in paragraph 3 is performed for all other probable routes of MO movement.

5. After choosing a suitable SS layout for each route of probable MO movement determine a minimum GSC completeness, so the synthesis of the complex structure is finished.

Methods of synthesis of GSC structure are designated for use in military sphere, namely, to provide the protection of military units.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖАХ WI-FI

Кулешова І.О.

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації, Національний технічний університет України "КПІ", Київ, Україна, E-mail: innakulieshova@yandex.ru

Анотація. – Досліджено питання збільшення швидкості передавання даних в безпроводових мережах Wi-Fi. Також приділено увагу пошукам надійних способів гарантування безпеки в процесі передавання даних.

Ключові слова: технологія Wi-Fi, IEEE 802.11, модуляція, кодування, аутентифікація, шифрування.

I. Вступ

Сьогодні важко уявити собі світ без Wi-Fi - безпроводового передавання даних високої швидкості. Своїм поширенням Wi-Fi завдячує відсутності використання кабелів в процесі підключення. Зв'язок за технологією Wi-Fi здійснюють за допомогою сімейства протоколів безпроводового обміну даними, які розвиваються на базі стандарту IEEE 802.11. Дослідженню питання збільшення швидкості передавання даних за технологією Wi-Fi присвячена ця доповідь.

II. Підвищення швидкості передавання у Wi-Fi мережах

Безпроводові локальні мережі WLAN працюють за специфікацією 802.11, серед яких найстарший стандарт підтримував швидкість передавання даних до 2 Мбіт/с [1]. Згодом швидкість передавання даних через зміни, внесені до стандарту, підвищилась. Зараз максимальна швидкість передавання становить до 600 Мбіт/с [2] у стандарті 802.11n, що досягається за допомогою використання одночасно чотирьох каналів, кожний з яких має швидкість 150 Мбіт/с. Гігабітні швидкості можливі в одному з найновіших стандартів 802.11ac за умови використання одночасно 8 каналів, а також збільшення ширини каналу з 20-40 МГц до 80-160 МГц [2]. Максимальна теоретична швидкість передавання даних у стандарті 802.11ac може досягати 7000 Мбіт/с. Хоча це значення швидкості теоретично можливе, практична швидкість передавання даних буде не більше 800 Мбіт/с [2], яку може забезпечити звичайний роутер Cisco.

Для передавання інформації дані накладають на радіохвилю, тобто відбувається процес модуляції сигналу. У різних версіях стандарту 802.11 використовують різні способи модуляції. Технологія модуляції, яку застосовували у першому стандарті 802.11 - це псевдовипадкове перелаштування робочої частоти (FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum) і широкопasmової модуляції з прямим розширенням спектру (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum) у частотному діапазоні 2400 МГц. Метод прямого розширення спектру DSSS дозволяє розділити смугу частот на певну кількість каналів (у стандарті 802.11 їх кількість досягає 11)[1] і при цьому передавати інформацію одночасно і паралельно по кожному з каналів. Такий спосіб модуляції має свої переваги. Він дозволяє забезпечити більшу захищеність сигналу від підслуховування, але, разом з тим, призводить до зменшення відношення сигнал/шум.

Стандарт 802.11a працює у частотному діапазоні 5000 МГц зі швидкістю передавання даних до 54 Мбіт/с та побудований з використанням методу мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів (OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Швидкість передавання даних у ньому змінюється в залежності від схе-

ми модуляції підносійних, наприклад, модуляція BPSK забезпечує швидкість до 6 Мбіт/с, а 64-QAM - до 54 Мбіт/с [1].

У версіях 802.11n і 802.11ac використовують технологію OFDM-MIMO (Multiple Input Multiple Output - багато входів, багато виходів). Завдяки цій технології здійснюють одночасне приймання і передавання кількох потоків даних через кілька антен замість однієї, що, у свою чергу, також збільшує швидкість передавання даних.

Технологія Wi-Fi часто зазнає мережних атак, тому в ній застосовують механізм шифрування WEP (Wired Equivalent Privacy), але на практиці він виявився недостатньо надійним. Це призвело до розроблення спеціального стандарту, спрямованого на забезпечення безпеки безпроводового передавання даних - 802.11i, в рамках якого був створений механізм шифрування WPA (Wi-Fi Protected Access), в якому усунуто недоліки WEP, а пізніше почали застосовувати механізм WPA2.

III. Висновки

Отже, аналіз стандартів 802.11 Wi-Fi дозволяє виявити декілька основних тенденцій. Очевидним є значне підвищення швидкості передавання даних за рахунок збільшення кількості каналів, кількості антен, зростання ширини каналу, зміни схем модуляції та кодування. Друга яскрава тенденція - це пошуки надійних способів гарантування безпеки під час безпроводового передавання даних. Слабкий захист від злому даних є, за свідченням експертів, недоліком технології Wi-Fi. Розроблення більш досконалих механізмів шифрування даних ведеться, але проблема залишається актуальною.

IV. Список літератури

- [1] Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: пер. с англ./ Рошан Л., Лиэри Дж. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. - 304 с.
- [2] Макаренко В. Особенности стандарта беспроводной связи IEEE802.11ac (Wi-Fi)// Электронные компоненты и системы.- 2012.- №7.- С. 29-34.

DATA RATES INCREASING TECHNOLOGIES IN WLAN NETWORKS

Kulieshova I.¹

¹Department of Audio Engineering and Information Registration, National technical university of Ukraine "KPI", Ukraine

The paper is devoted to the main standards of Wi-Fi technology. The analyses is made of some technical characteristics of the family of standards IEEE 802.11. Particular attention is paid to the standards 802.11n, 802.11ac, 802.11i. Technologies of signal modulation FHSS, DSSS, QAM, OFDM, OFDM MIMO are also noted as well as the mechanisms of data enciphering WEP, WPA, WPA2. The analyses made of the Wi-Fi standards allows to reveal some general tendencies in the development of Wi-Fi technology. It is obvious that there have been substantial increase in data transmission rate. This tendency is due to the increase of the amount of channels, the amount of antennas, as well as the increase in the width of channels and the change of the schemes of modulation. The second obvious tendency is the search for reliable methods of guaranteeing the safety in wireless data communication. Many experts witness the weak protection of wireless data against its breaking. The working out of the more sophisticated mechanisms of data enciphering is in progress but the problem remains.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

СТЕНД ЛАБОРАТОРНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ З ВЕЛИКИМ СТУПЕНЕМ ІНТЕГРАЦІЇ НА ПРОГРАМОВАНОМУ КРИСТАЛІ

Андрушак В.Ю.¹, Саміла А.П.¹, Воробець Д.В.², Янчишин Р.А.²

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, ¹E-mail: vandron5@gmail.com,

²Вище професійне училище № 3, Мукачево, Україна

Анотація. – Запропоновано демонстраційно-відлагоджувальний стенд, що може бути використаний при програмуванні та вивченні роботи програмованих логічних інтегральних схем Altera сімейства Cyclone, а також для поглиблення знань та навичок при вивченні мов опису апаратури моделювання електронних систем – Verilog HDL, VHDL.

Ключові слова: програмована логічна інтегральна схема, алгоритми програмування.

I. Вступ

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС-Programmable Logic Devices - PLD) є новою елементною базою, що поєднує гнучкість великих інтегральних схем спеціального призначення та доступність традиційної апаратної логіки. Головною перевагою ПЛІС є можливість їх налаштування на виконання заданих функцій самим користувачем [1]. Щорічна розробка ПЛІС з більш досконалою архітектурою та постійно зростаючий обсяг випуску провідними виробниками мікросхем (Advanced Micro Devices (AMD), Altera, Xilinx, Atmel, Intel, Texas Instruments) вказують на перспективу їх використання в розробленні радіоелектронної апаратури нового покоління.

II. Структура пристрою

В основі запропонованої розробки покладена ПЛІС EP1C6Q240C8 сімейства Altera Cyclone [2]. Внутрішня структура даної ПЛІС містить майже 6000 логічних елементів, що забезпечують реалізацію цифрових функціональних блоків шляхом програмної конфігурації. Перелік ресурсів деяких мікросхем сімейства Cyclone наведені в таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ 1

Параметри мікросхем сімейства Cyclone

Параметр	EP1C3	EP1C6	EP1C20
Кількість логічних елементів	2910	5980	20060
Кількість блоків пам'яті М4К (128×36 біт)	13	20	64
Загальний об'єм пам'яті, біт	59904	92160	294912
Блоків ФАПЧ	1	2	2
Виводів, доступних користувачу	104	185	301

Можливість ПЛІС працювати одночасно з кількома стандартами вводу-виводу одночасно дала змогу використати у нашій розробці периферійні пристрої з різними стандартами вводу-виводу. До мікросхеми ПЛІС можуть бути під'єднані сигнали з напругою живлення 2,5 В, 3,3 В, диференційні сигнали, сигнали різноманітних протоколів: PCI, PCI-X, DDR. В більшості випадків периферійні пристрої на базі інтегральних мікросхем працюють з сигналами до 3,3 В. Для роботи з сигналами ТТЛ та КМОН логіки з напругою живлення 5 В необхідно використовувати перетворювачі рівня.

Забезпечення підтримки декількох стандартів для різних периферійних пристроїв досягнуто завдяки архітектурі застосованої ПЛІС та роздільним лініям живлення для різних банків. Блок-схема розробленого пристрою приведена на рис. 1. Основою пристрою є мікросхема ПЛІС EP1C6Q240C8 (I). Для формування сигналів тактування

внутрішньої логіки ПЛІС на платі розміщений кварцовий генератор (2) налаштований на частоту 50 МГц. Периферійні пристрої стенду розділені на декілька функціонально незалежних вузлів: блок запам'ятовуючих пристроїв (ЗП) та конфігурації (3-6), високочастотний (ВЧ) блок (7-12), мультимедійний блок (13-20), блок керування та індикації (21-23).

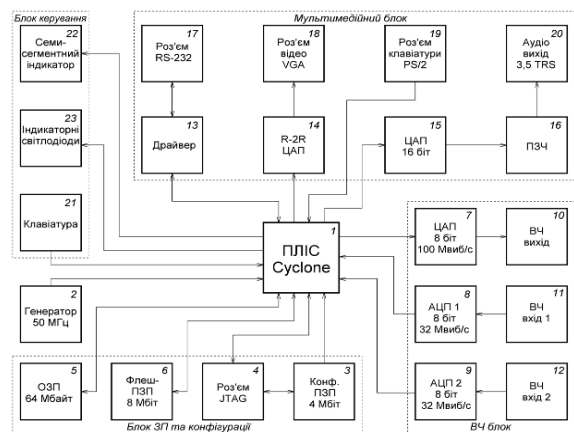


Рис. 1. Блок-схема навчального стенду

III. Висновки

Результатом огляду існуючих рішень стало розроблення структури стенду для вивчення роботи з програмованими логічними інтегральними схемами, включаючи застосування широкого спектру периферійних пристроїв, засобів відлагодження та конфігурування ПЛІС, реалізації сумісності архітектури різних протоколів передавання інформації.

IV. Список літератури

- [1] Прищеп С.Л. Проектирование цифровых схем с помощью САПР MAX+PLUS II фирмы Altera: Учебно-метод. пособие по курсу «САПР цифровых устройств» для студ. спец. «Телекоммуникационные системы» дневной формы обуч. / С.Л. Прищеп, Е.А. Ильина. - Мн.: БГУИР, 2005. - 52 с.: ил. ISBN 985-444-793-6.
- [2] EP1C6Q240C8 - Cyclone FPGA Family - Altera Corporation [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/131597/ALTERA/EP1C6Q240C8.html>

THE DEVELOPED BOARD FOR DESIGNING SYSTEMS WITH A HIGH INTEGRATION ON PROGRAMMABLE CRYSTAL

Andrushchak V.Yu.¹, Samila A.P.¹, Vorobets D.V.², Yanchyshyn R.A.²

¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²Higher Vocational School №3 of Mukachevo, Ukraine

A developed board that can be used for programming and learning of programmable logic integrated circuits family Altera Cyclone, and to deepen the knowledge in the study of hardware description languages modeling of electronic systems - Verilog HDL, VHDL. The device includes peripheral devices, debugger and configure the FPGA and supports various protocols architecture compatibility data transfer.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ФУНКЦІОНАЛЬНО-АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІМПУЛЬСНОЇ ТА РЕЛАКСАЦІЙНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ЯКР

Саміла А.П.¹, Каземірський Т.А.²

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, ²Кафедра фізики твердого тіла, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна; ¹E-mail: asound@ukr.net

Анотація. – Розроблено модуль керування імпульсним Фур'є радіоспектрометром ЯКР лабораторного типу. Основні функціонально-алгоритмічні методи автоматизації реалізовано на основі запрограмованої логічної інтегральної схеми MAX® II EPM1270 типу CPLD. Алгоритм запропонованої програми для ПЛІС створений засобами синтаксису моделювання динамічних режимів логічних структур передбачає оперативний контроль та налаштування усіх необхідних параметрів радіоспектрометра. Передача команд на виконуючі пристрої останнього з швидкістю 180 кбіт/с забезпечується засобами розробленої паралельної інтерфейсної шини.

Ключові слова: радіоспектрометр, ЯКР, модуль керування, ПЛІС.

I. Вступ

Розвиток широкого спектру радіоспектроскопічних методів наукових досліджень ядерних резонансних явищ у напівпровідниках, дефектів та домішок у вертикальних багатопровідних напівпровідникових структурах спричинив розроблення високоточних вимірювальних установок електронного парамагнітного (ЕПР), ядерного магнітного (ЯМР) та квадрупольного (ЯКР) резонансів [1,2]. Унікальність даного обладнання полягає у можливості реєструвати надслабкі сигнали спінової індукції ядер, що у більшості випадків важко виділити із шумів. Сучасні спектрометри стаціонарного типу попри високу чутливість і функціональність мають значні масогабаритні показники, високу вартість і при цьому вимагають спеціальну підготовку та навчання обслуговуючого персоналу. Наявність великої кількості налаштувань і органів керування певною мірою ускладнює роботу не підготовлених науковців та дослідників.

В роботі представлено розроблення функціонально-алгоритмічних методів автоматизації імпульсного радіоспектрометра ЯКР у вигляді модуля керування радіоспектрометром побудованого на основі перепрограмованої логічної інтегральної схеми (ПЛІС).

II. Модуль керування радіоспектрометром

Головною ідеєю роботи є розроблення модуля керування портативного радіоспектрометра ЯКР для забезпечення оперативного контролю і налаштування усіх необхідних його параметрів [2].

Як правило, пристрої такого плану створюють на основі однокристальних мікроЕОМ (мікроконтролерів), що має свої переваги і недоліки. Перевагою застосування ПЛІС у нашому випадку є можливість реалізації паралельних алгоритмів із можливістю швидкої зміни конфігурації системи фактично в будь-який момент часу. Це дозволить застосувати розробку не тільки для методу ЯКР але й для інших методів (ЕПР, ЯМР, подвійні резонанси, релаксаційні дослідження і т.д.). Для розробки вибрана ПЛІС MAX® II EPM1270 типу CPLD [3].

Функціональна схема запропонованого пристрою приведена на рис.1. Як було сказано – основою розробки є мікросхема DD2, що виконує основні функції задані програмним алгоритмом. Конфігурація даної ІС здійснюється засобами JTAG програматора. Інформація про роботу радіоспе-

ктрометра та текучі налаштування відображається на рідкокристалічному символічному дисплеї HG1 4×20 знаків на основі контролера HD44780. Звукову індикацію забезпечує електромагнітний звуковий випромінювач BF1, а світлову – аксіально-симетрична світлодіодна шкала HG2 розміщена нормально до вісі енодера навігації меню BR1. Матрична клавіатура SB2 4×4 слугує для вводу налаштувань. У енергонезалежній пам'яті DD1 зберігаються налаштування параметрів радіоспектрометра.

Контроль температури у вимірювальній комірці радіоспектрометра забезпечує цифровий давач температури BK1 DS18B20 з'єднаний з ПЛІС по 1-Wire інтерфейсу. Вибрана роздільна здатність перетворювача температури складає 0,125°C. Для вимірювання частоти передбачено два канали частотоміра, схематехніка реалізації яких забезпечує регулювання вхідної чутливості шляхом зміни порогу спрацювання компаратора A1. Наступне перетворення періодичних сигналів у імпульси чіткої прямокутної форми та узгодження рівнів сигналу забезпечує тригер Шмідта U4. В пристрої також реалізований годинник реального часу U1 на базі мікросхеми DS1302 з резервним живленням GB1. Наявність даних вузлів дозволить оперативно фіксувати не тільки резонансні частоти ЯКР, але і час та робочу температуру проведення експерименту, що особливо важливо при дослідженні зразків із залежністю параметрів спектрів від температури [4].

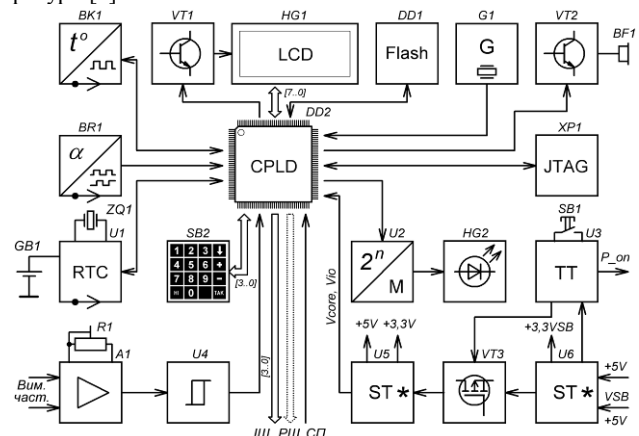


Рис. 1. Функціональна схема пристрою:

A1 – підсилювач-компаратор; BF1 – звуковий оповіслювач; BK1 – давач температури; BR1 – енодер; DD1 – флеш пам'ять; DD2 – ПЛІС; G1 – кварцовий генератор; GB1 – джерело резервного живлення; HG1 – дисплей; HG2 – світлодіодна шкала; R1 – регулювання порогу компаратора; SB1 – увімкнення пристрою; SB2 – клавіатура матрична; U1 – годинник реального часу; U2 – дешифратор; U3 – вузол керування увімкненням; U4 – тригер Шмідта; U5, U6 – стабілізатори; VT1 ÷ VT3 – електронні ключі; XP1 – інтерфейс JTAG; ZQ1 – кварц 32,768 кГц; ІШ – інтерфейсна шина; РШ – резервна шина; СП – сигнал помилки.

Передачу команд на виконуючі пристрої забезпечує 4-розрядна інтерфейсна шина (ІШ) із швидкістю передачі даних не менше 180 кбіт/с. Шина дозволяє передавати налаштування параметрів на системну плату, а далі на цифровий синтезатор частот, пристрій формування радіоімпульсів, програматор послідовностей, прийомо-передавач, керувані фільтри та інші функціональні вузли радіоспектромет-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ра. Підсистема, що формує напруги живлення ПЛІС та інших функціональних блоків, умовно розділена на вузол керування *U3*, блок основних та чергових лінійних стабілізаторів (*U5*, *U6*), електронний ключ *VT3*. Таке рішення дозволяє реалізувати так званий «режим очікування» та сумісність із зовнішнім джерелом живлення стандарту ATX, гальванічно розв'язане керування яким здійснюється через порт «P_on».

Формування тактових і синхронізуючих імпульсів роботи пристрою забезпечується від термостабілізованого кварцового генератора *G1* частотою 50 МГц.

III. Алгоритм роботи програми ПЛІС

Алгоритм роботи програмної частини модуля керування радіоспектрометром (рис.2.) розроблений з використанням засобів синтаксису моделювання динамічних режимів логічних структур Quartus II Web Edition від Altera [5]. Як видно з рисунка, початковим етапом є ініціалізація основних пристроїв, опитування давачів, зчитування налаштувань з зовнішньої Flash-пам'яті та наступний запис вихідних даних у регістри. В такому випадку пристрій забезпечує відображення основних параметрів на дисплеї та вивід їх на інтерфейсну шину.

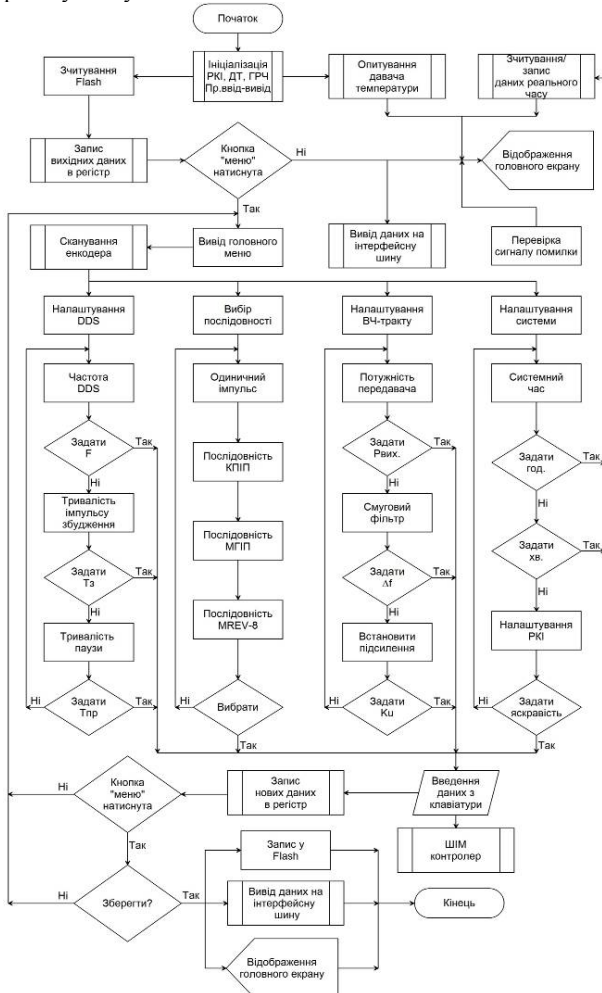


Рис. 2. Алгоритм роботи програми ПЛІС

Сторінки меню дозволяють здійснювати налаштування параметрів виконуючих пристроїв спектрометра. При цьому числові дані вводяться з матричної клавіатури. В цілому розроблений алгоритм передбачає можливість налаштування синтезатора типу DDS, вибору типу послідовності сигнала

лів збудження ЯКР, налаштування параметрів височастотного тракту спектрометра та системи керування ним. По завершенні налаштувань при повторному натисканні на кнопку «меню» перевіряється виконання умови збереження даних. При її виконанні нові дані записуються в енергонезалежну пам'ять та транслюються на інтерфейсну шину. На дисплеї відображається головний екран.

Реалізацію алгоритму здійснено методом комплексного графічно-синтаксисного програмування. Окремі підпрограми розроблені із застосуванням мови опису апаратури Verilog HDL. Зокрема, це стосується підпрограм роботи з рідкокристалічним дисплеєм, годинником реального часу та контролером широтно-імпульсної модуляції. На рис.3 показано машинний автомат ініціалізації дисплея. Оскільки передача даних на контролер HD44780 реалізована по восьмибітній шині даних то для здійснення процесу запису передбачено формування послідовності виконання наступних операцій [6]:

- - встановлення значень лінії RS;
- - виведення байта даних на шину [7..0];
- - встановлення значень лінії E = 1;
- - встановлення значень лінії E = 0;
- - встановити лінії шини [7..0] у стан високого імпедансу.

Вибір регістра контролера дисплея здійснюється станом лінії RS. Якщо RS = 0 – адресується регістр команд, якщо RS = 1 – регістр даних. Відображення певного символу записаного в ОЗП знакогенератора CGRAM відповідає кодуванню ASCII.

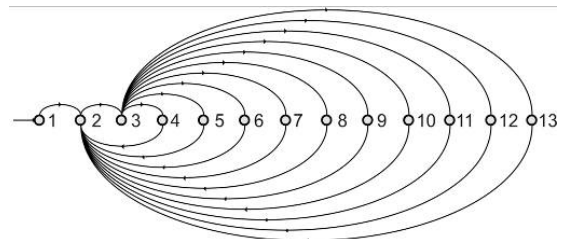


Рис. 3. Діаграма станів машинного автомату ініціалізації контролера РК: 1 – Reset1, 2 – dr_LCD_E, 3 – Hold, 4 – Disp_clear, 5 – Display_off, 6 – Display_on, 7 – Func_set, 8 – Line2, 9 – Mode_set, 10 – Print_string, 11 – Reset2, 12 – Reset3, 13 – Return.

Заключний етап розробки передбачав операції компіляції (моделювання, симуляції) програми та її відлагодження в Quartus II Web Edition. Об'єм задіяних апаратних ресурсів ПЛІС склав 1268 (99,84%) із 1270 можливих.

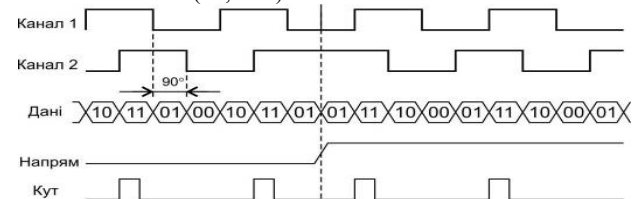


Рис. 4. Квадратурні сигнали на виході енкодера та декодований сигнал

Інші процедури та функції реалізовані засобами Megafunction з використанням бібліотек параметризованих модулів Library of Parameterized Modules (LPM). Оброблення квадратурних сигналів з виходу енкодера навігації по меню здійснює процедура сканування енкодера, результат роботи якої приведений на рис.4 у вигляді часових діаграм. Декодований сигнал інформує про напрямок та кут повертання валу. Регістри даних, що розроблені для зберігання налаштувань параметрів спектрометра, реалізовано на основі бібліотеки мегафункцій LPM_DFF (паралельний регістр).

Запис та даних в регістри здійснюється відповідно до коду на адресній шині. Таким чином створена система із окремих 4-розрядних модулів LPM_DFF загальним об'ємом пам'яті 192 біт дозволяє зберігати налаштування ряду параметрів: частоти DDS, тривалості імпульсу збудження та перехідного процесу, паузи між імпульсами, типу послідовності, потужності передавача, смуги пропускання та підсилення радіоканалу спектрометра ЯКР. Процес опитування давача температури починається з підпрограми ініціалізації, яка включає формування імпульсу скидання ($\tau=15\div 60$ мкс) та приймання імпульсу присутності ($\tau=60\div 240$ мкс) давача.

IV. Практична реалізація

Конструктивно модуль керування радіоспектрометром виконаний у виді блочної конструкції (рис.5), що включає основну плату, РКІ, органи керування та порти вводу-виводу. Резервна шина (PШ) дублює інтерфейсну шину і у більшості випадків її використання є не обов'язковим. Для контролю нештатних ситуацій (перевищення максимальної вихідної потужності, перегрів вузлів спектрометра, нестабільність напруг живлення, і т. п.) передбачено окремий порт типу I-Wire на який поступає сигнал помилки (СП). У випадку відхилення від норми вказаних параметрів на дисплеї виводиться мигаючий надпис «E!» і блокується робота спектрометра. Для «прошивки» та відлагодження програми ПЛІС використано JTAG програматор USB Blaster.

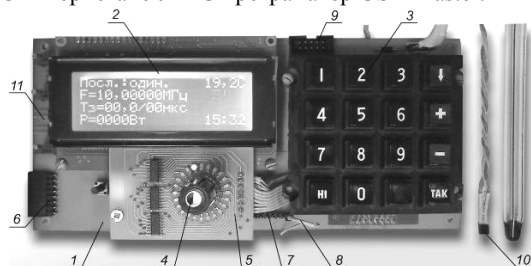


Рис. 5. Зовнішній вигляд панелі модуля керування імпульсним спектрометром ЯКР: 1 – основна плата, 2 – РКІ, 3 – клавіатура, 4 – енкодер, 5 – плата драйверів світлодіодної шкали, 6 – ІШ, 7 – ПШ, 8 – порт сигналу помилки, 9 – JTAG інтерфейс, 10 – цифровий давач температури, 11 – входи частотоміра.

Діючий макет пристрою перевірено в комплексі з синтезатором частоти та формувачем імпульсних послідовностей радіоспектрометра ЯКР. Результати випробування пристрою показали відповідність його функціональних можливостей усім нормам, що висуваються до такого класу апаратури релаксаційної та імпульсно-резонансної спектроскопії.

V. Висновки

Запропонований модуль керування імпульсним Фур'є радіоспектрометром ЯКР лабораторного типу, головні апаратно-програмні методи реалізації якого ґрунтуються на застосуванні програмованої логічної інтегральної мікросхеми. В результаті аналізу функціональних можливостей релаксаційної та імпульсно-резонансної спектроскопії розроблено та відлагоджено алгоритм роботи ПЛІС.

Проведено експериментальні випробування діючого макету та підтверджено відповідність його технічних характеристик заявленим.

VI. Список літератури

- [1] Hideo Itozaki. Nuclear quadrupole resonance for explosive detection / Hideo Itozaki and Go Ota // International journal on smart sensing and intelligent systems. – 2007. – Vol. 1, № 3. – P. 705-715.
- [2] Хандожко А.Г. Импульсный радиоспектрометр ЯКР с эффективным подавлением переходного процесса / А.Г. Хандожко, В.А. Хандожко, А.П. Самила // Східно-Європейський журнал

передових технологій. – 2013. – Том 6, № 12(66). – С. 21-25.

- [3] MAX II Device Handbook [електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.altera.com/literature/hb/max2/max2_mii5v1.pdf
- [4] Политанский Л.Ф. Наблюдение ЯКР в термометрическом веществе Cu2O / Л. Ф. Политанский, А. П. Самила, В. А. Хандожко // Sensor Electronics and Microsystem Technologies. – 2013. – Т. 10, № 4. – P. 23-27.
- [5] Quartus II Subscription Edition Software [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.altera.com/products/software/quartus-ii/subscription-edition/qts-se-index.html>
- [6] HD44780U (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver) [електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>

FUNCTIONAL AND ALGORITHMIC METHODS AUTOMATION PULSED AND RELAXATION NQR SPECTROSCOPY

Samila A.P.¹, Kazemirskiy T.A.²

¹Department of the Radio Engineering and Information Security,

²Department of Solid State Physics,

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The development of a wide range of research methods nuclear resonance phenomena in semiconductors, defects and impurities in vertical multilayer semiconductor structures has led to the implementation of precision measuring systems electron paramagnetic (EPR), nuclear magnetic (NMR) and quadrupole (NQR) resonance.

This paper describes the development of functional and algorithmic methods to automate pulsed NQR radiospectrometer. Module controlling this device is based on a programmable logic device (PLD).

The objective of this work is to develop a control unit for operational control and setting all required parameters portable NQR radiospectrometer. The use of FPGAs will provide the implementation of parallel algorithms and the possibility of quickly change the system configuration at any time.

Main functional and algorithmic methods of automation is implemented based on complex programmable logic device (CPLD) MAX® II EPM1270. Operational information and radiospectrometer settings are displayed on the LCD character display. Matrix 4 × 4 keyboard is used to enter settings and incremental encoder to page navigation menu. Temperature control in the measuring coil radiospectrometer provides digital temperature sensor DS18B20. In the device also implemented real-time clock with battery based chip DS1302. Flash memory stores radiospectrometer settings. Crystal oscillator to a frequency of 50 MHz generates clock pulses for the digital part of the circuit. The algorithm of the proposed software for CPLD is designed using syntax modeling of logical structures dynamic modes tools. This software implements operational control and configure all required parameters of radiospectrometer. Developed parallel bus interface with speeds of 180 kbit/s transfer commands for performing device it is provided.

The algorithm is implemented using integrated graphics and programming syntax. Some subprogrammes are developed using the hardware description language Verilog HDL. Other procedures and functions are implemented by means Megafunction using Library of Parameterized Modules (LPM).

Menu pages allow to carry out configure the spectrometer functional devices. The number of data entered from the matrix keyboard. On the whole the algorithm provides the ability to customize DDS synthesizer, select the type of NQR excitation sequence signals, configure RF channel spectrometer and system management. At the end settings when you click on the "Menu" is verified the condition of data storage. If it is done, the new data is stored in flash memory and transmitted on the interface bus. The display shows the main screen.

Final stage of work included compilation (modeling, simulation) software and debug it in Quartus II Web Edition. Volume of used CPLD hardware resources was 1268 (99.84%) of 1270 possible.

Radiospectrometer control module is designed as a block structure, which includes the main board, LCD, controls and ports IO.

The sample unit tested in complex with frequency synthesizer and NQR radiospectrometer pulse sequences shaper. The test results showed the device matching its functionality to all regulations that apply to this class of relaxation and pulsed resonance spectroscopy equipment.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СУМІСНО ПРАЦЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Бобало Ю.Я., Недоступ Л.А., Кіселичник М.Д.¹, Заярнюк П.М.², Тарадаха П.В.

Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: ¹mkiselychnyk@polynet.lviv.ua, ²zayarnyukpm@gmail.com

Анотація. - В даній роботі розглянуто удосконалений метод квантильних зон, який застосовується для прогнозування параметричної надійності сумісно працюючих пристроїв

Ключові слова: параметрична надійність, прогнозування на надійності, квантилі, сумісно працюючі пристрої

I. Вступ

Велика кількість радіоелектронних пристроїв працюють сумісно з іншими, сигнали одного пристрою передаються на інший пристрій. При цьому у переважній більшості такий сигнал не контролюється якимись додатковими системами, у таких випадках постає питання надійності правильного спрацювання такої ланки.

Для таких випадків використовуються вихідні характеристики для першого пристрою і вхідні характеристики для другого пристрою, які визначаються виробником. Таким чином існують певні допускові рівні, як для першого пристрою так і для другого. Для прогнозування параметричної надійності кожного з цих пристроїв легко застосувати метод квантильних зон[1].

Але оскільки у випадку сумісної роботи двох пристроїв допускові рівні один для одного задають пристрої, їх відповідними розподілами, які в свою чергу дрейфують, то й метод квантильних зон потребує модифікацій для прогнозування параметричної надійності сумісно працюючих систем.

II. Основна ідея

Основна ідея полягає у тому що в такому випадку допускові рівні задаються розподілом вхідних параметрів другого пристрою для вихідного розподілу першого та навпаки. Таким чином імовірність правильного спрацювання визначається перекриттям цих законів розподілу, тобто сумісним законом розподілу. Але необхідно врахувати часову залежність.

III. Розрахунок імовірності правильної роботи

Для визначення імовірності правильної роботи сумісно працюючих пристроїв необхідно визначити: імовірність знаходження вихідного параметра першого пристрою у межах спрацювання другого пристрою і імовірність відповідної реакції другого пристрою на весь випадковий розкид вихідного параметра. Ці імовірності можна визначити шляхом інтегрування щільності розподілу першого у межах квантилів другого і навпаки. Загальна імовірність правильної роботи визначається перемноженням цих імовірностей.

Рівняння набуває вигляду:

$$P_3(t) = \int_{\alpha_{21}(t)}^{\alpha_{22}(t)} f_1(x,t) dx \cdot \int_{\alpha_{11}(t)}^{\alpha_{12}(t)} f_2(x,t) dx \quad (1)$$

де $\alpha_{11}(t), \alpha_{21}(t)$ - нижні квантилі для першого та другого розподілів; $\alpha_{12}(t), \alpha_{22}(t)$ - верхні квантилі для першого та другого розподілів відповідно; $f_1(x,t), f_2(x,t)$ - щільності розподілів величини x ;

Отримана імовірність не буде перевищувати певне значення імовірності, що визначається добутком значень довірчих імовірностей, які відповідають обраним квантилям.

VI. Висновок

Розроблений метод дозволяє спрогнозувати параметричну надійність сумісно працюючих пристроїв. Оскільки розрахунки проводяться без урахування допускових рівнів то враховано варіанти коли обидва розподіли дрейфують в одному напрямку і виходячи за допусковий рівень система все одно лишається працездатною. Відповідно до цього спостерігається підвищення точності прогнозування, порівняно із методом квантильних зон.

Розроблений метод математично є більш простим за метод квантильних зон та розрахунок проводиться одразу для пари а не для кожного з пристроїв окремо.

V. Література

- [1] Forecasting the Quasi-Deterministic Parameters' Drift of Radioelectronics Apparatus on the Basis of Quantile Zones Techniques. Y. Bobalo, M. Kiselychnyk, L. Nedostup, P. Zayarnyuk. Przegląd Elektrotechniczny 2a' 2013. Warszawa: Sigma-NOT, 270-272p.
- [2] Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: "Наука", 1984 г.
- [3] Л.А. Недоступ, М.Д. Кіселичник, Ю.Я. Бобало. Основи надійності радіоелектронних пристроїв. За редакцією д.т.н., проф. Л.А. Недоступа. Львів. ВДУ «ЛП», 1998 р.
- [4] Бобало Ю.Я., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури. За редакцією проф. Недоступа Л.А. Монографія. Львів. ВДУ «ЛП». 1996р.

RESEARCH OF THE PARAMETRIC RELIABILITY OF THE JOINTLY WORKING DEVICES PREDICT METHOD

Yuriy Bobalo, Myroslav Kiselychnyk¹, Leonid Nedostup, Pavlo Zayarnyuk², Pavlo Taradaha

Theoretical Radio Engineering and Measuring department, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine, E-mail:

¹mkiselychnyk@polynet.lviv.ua, ²zayarnyukpm@gmail.com

In this paper, we describe a new method for parametric reliability predicting of the jointly working devices. This method based on the research of the quantile zones method.

The method allows predicting the correct work probability of jointly working devices. The accuracy of this method is higher than the quantile zones method because considered a cases that are can't be taken into account when applying the tolerance levels. The basic idea of the method is to determine the probability of parameter hitting in the boundaries of input distribution of the second device and compliance of its distribution with the output distribution of the first device.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ФОЗООБЕРТАЧІ НА ОСНОВІ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ (МЕМС) ДЛЯ АНТЕН ЧАСТОТНОГО СКАНУВАННЯ

Антоненко А.С., Гераїмчук М.Д.

Кафедра Приладобудування, Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний Інститут», Київ, Україна, E-mail: ehnton1990@gmail.com

Анотація. – В тезі представлено новий тип фазообертачів С діапазону для антен частотного сканування, які мають малу вартість, не значний час перемикавання, низькі фазові шуми, малі втрати енергії. Такі фазообертачі можуть бути використані. Проектування антен з електронним скануванням є основою в розробці адаптованих антен з високим коефіцієнтом підсилення і різною поляризацією.

Ключові слова: фазообертач, фазокерований, МЕМС, паралельний ключ.

I. Вступ

Сучасні НВЧ фазокеровані скандувальні антени користуються широким попитом через їх здатність керувати хвиловим сигналом в просторі без фізичного переміщення елементів антени, що є необхідним для швидкого перенаправлення сигналу і його формування. Це досягається за допомогою електронного керування фазою сигналу в системі антени. Типова сучасна скандувальна антена складається із декількох тисяч елементів, кожний з яких керується фазообертачем, що дозволяє отримати фактично будь-яке фізичне направлення сигналу. Тому для таких антен просто необхідні легкі фазообертачі, які мають малі втрати і низьку вартість.

Фазообертачі, як правило, відносяться до класу цифрових пристроїв, оскільки вони можуть забезпечувати тільки дискретний ряд значень, наприклад, 90° , 45° , 22.5° , 11.25° т. д., але також може бути розроблений аналогічний фазообертач, який дозволяє безперервне регулювання фази.

В даний час приділяється підвищений інтерес розробці фазокерованих скандувальних антен на основі МЕМС фазообертачів [1].

II. Конструкція і робота фазообертача реалізованого на МЕМС ключах

Базовим компонентом антени з електрично-керованою діаграмою направленості є фазообертач [2].

МЕМС перемикачі мають виключно робочі характеристики в НВЧ діапазоні, такими як високий коефіцієнт розв'язки і низька потужність кіл управління. МЕМС перемикачі можуть використовуватись в якості розподілених ємнісних ключів, в яких перемикач змінює ефективну ємність лінії передачі.

Ємнісний паралельний ключ складається з тонкої металевої мостової структури, яка підвішена над центром електрода компланарного хвилеводу, яка під дією постійної напруги зміщення опускається донизу. На нижній електрод наноситься тонкий шар діелектричного матеріалу, наприклад, нітрид кремнію (Si_3N_4), для зменшення ефекту залипання і забезпечення ізоляції між металевим мостом і нижнім електродом.

На рис. 1 показана схема мостового ключа. Коли між нижнім електродом і металевим мостом подається постійна напруга зміщення, електростатичні сили притягання змушують металеву мембрану опускатися вниз. При збільшенні напруги зміщення система стає нестабільною і, коли відхилення мембрани досягає $1/3$ від висоти зазору, мостова структура різко падає на нижній електрод (рис. 1б).

Напруга, яка відповідає точці нестабільності, називається напругою спрацювання, яка задається наступним виразом (1).

$$V_P = \left(\frac{8k}{27\epsilon_0 W w} g_0^3 \right)^{-1/2} \quad (1)$$

де ϵ_0 – діелектрична проникність вільного простору, W – ширина нижнього електрода, w – ширина МЕМС перемикача, g_0 – висота ключа, а k – ефективний коефіцієнт пружності, який можна оцінити за формулою:

$$k = \frac{32Et^3 w}{L^3} + \frac{8\sigma(1-\nu)tw}{L}, \quad (2)$$

де E – модуль Юнга для матеріалу моста, t – товщина моста, L – довжина ключа, σ – напруження залишкового розтягу в конструкції ключа, а ν – коефіцієнт Пуассона для матеріалу ключа [2].

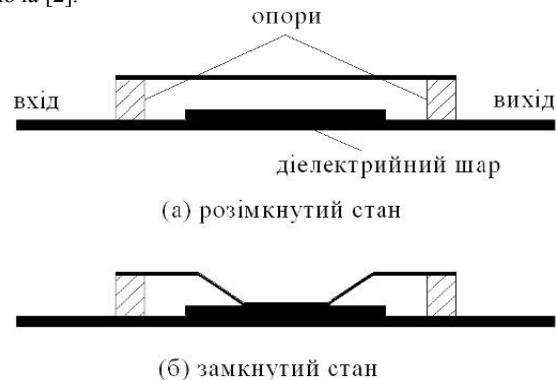


Рис. 1. Схема паралельного мосту:
а – в розімкнутому стані, б – в замкнутому стані.

Положення напруги зміщення між мостовою структурою і нижнім електродом змінює висоту мосту, що в свою чергу призводить до зміни розповсюдженості ємності МЕМС. Це викликає зміну імпедансу навантаженої лінії передачі і фазової швидкості, в результаті чого з'являється зсув фаз.

Основні недоліки паралельних ключів – низька швидкість перемикавання (декілька мікросекунд) і висока напруга керування (20...100 В).

III. Висновки

При проектуванні не дорогих і легких фазокерованих скандувальних антен і радарних систем важливим моментом є розробка фазообертачів, які мають низькі: внесені втрати, керованою напругою і вартістю виготовлення. Найбільш перспективним є фазообертачі, побудовані на основі МЕМС, які мають низькі внесені втрати, низькою напругою керування і низьким рівнем завад від взаємної модуляції.

IV. Список літератури

- [1] В. Варадан, К. Виной, К. Джозе. ВЧ МЕМС і их применение. Москва: Техносфера, 2004. – 528 с.
- [2] Орест Вендик, профессор, д.т.н., Михаил Парнес, к.т.н. Фазовращатели сканирующих антен для радаров обзора территорий. Беспроводные технологии №3 '07.

ПРО ПІДХОДИ ДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОКОНТЕНТУ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

¹Абакумов В.Г., ²Попович П.В.

Кафедра звукотехніки і ресстрації інформації, Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна, E-mail: ¹abakumov38@mail.ru, ²ppv_ua@ukr.net

Анотація. – Досліджено питання покращення якості відеоконтенту в системах цифрового телебачення. Запропоновано підхід з використанням критерію якості результуючого зображення, вимірюваного за допомогою об'єктивних показників.

Ключові слова: відеозображення, якість, керування, бітова швидкість, відеотранскoder.

I. Вступ

Важливим аспектом у технологічному процесі виробництва цифрових телепрограм є контроль та керування якістю зображення у сформованому для передавання відеоконтенті. Найбільш доцільно вимірювати якість відеоконтенту після кодування у форматах MPEG-2 чи H.264, перед передаван-

ням його у ефір (рис.1). Донедавна покращенням якості відеозображення, яке сприймає глядач, займалися лише виробники телевізійних приймачів, а виробники відеоконтенту лише формували відеосигнал, параметри якого задовольняють стандартним вимогам, але на якість результуючого відеозображення не впливали. Крім того, якість відеозображення, яке демонструють кінцевому глядачеві, може залежати від вмісту відеоконтенту. Проте з появою цифрових технологій у технологічному процесі виробництва телепрограм підходи до контролю та керування якістю виробленого відеоконтенту змінюються.



Рис. 1. Система, що ілюструє технологічний процес виробництва телепрограм

II. Підходи до покращення якості відеоконтенту

Декілька років тому, коли цифрове телебачення лише починало свій шлях, розвиток елементної бази телевізійних приймачів уже дозволяв їх виробникам реалізувати ряд технологій [1], здатних покращувати якість відображуваного відеоконтенту.

Оптимізація перенесення кольорів. Технологія відповідає за підвищення якості відображення синього і зеленого кольорів на світлих і яскравих епізодах.

Підвищення розрядності обробки кольорів до 18 біт. Чим вища розрядність, тим більшу кількість відтінків може відтворити телевизор. У випадку низької розрядності ділянки зображення, що складаються з одного кольору, відображають полями з чіткими межами між відтінками – градієнтними заливками. На протипагу 18-розрядна технологія обробки дає плавний перехід між кольорами, зокрема, у плазмових телевизорах.

Збільшення кількості кадрів для усунення дискретності швидкого руху об'єктів. Технологія створює додаткові проміжні кадри, що дозволяє забезпечити плавність

руху швидких об'єктів та відсутність шлейфів. Застосування такої технології важливе під час перегляду спортивних телепрограм.

Підвищення контрастності зображення. Технологія не пов'язана з електронікою, а заснована виключно на фізичних процесах. За допомогою цієї технології вирішують проблему збереження якості зображення у випадку роботи в умовах високої освітленості. Це особливий шар покриття матриці рідкокристалічного (РК) телевизора, що забезпечує мінімум віддзеркалення світла від зовнішніх джерел і мінімум розсіювання світла, що випромінюється самою матрицею. В результаті можна отримати висококонтрастну чітку картинку не лише у випадку слабкого освітлення, а й в умовах інтенсивного зовнішнього засвічення екрану.

Динамічний контраст – технологія, яку використовують у РК телевизорах. Суть її полягає у зміні яскравості лампи підсвічування залежно від яскравості сцени на екрані. Окрім зміни загального підсвічування, змінюються також і окремі зони екрану (наприклад, коли зображена пустеля, яскраво-жовтий пісок підсвічуватиметься сильніше, а небо менше).

Технологія локального затемнення або підсвічування в РК телевизорах з LED підсвічуванням. За принципом

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

дії аналогічна динамічному контрасту, проте її ефект набагато помітніший, оскільки зміна яскравості підсвічування відбувається не за всією площею екрану, а невеликими ділянками лише там, де розташовані ввімкнені світлодіоди.

Очищення від шумів, масштабування, підвищення деталізації реалізовано шляхом багатofункціональної технології цифрової обробки зображення, яка підвищує його якість за всіма основними параметрами і дозволяє здійснювати індивідуальні налаштування (наприклад, система DNe 3 від Samsung).

Проте із розвитком цифрових технологій виробники відеоконтенту отримали можливість не лише контролювати параметри відеосигналу та візуальну якість відеозображення, але й керувати якістю зображення у сформованому для передавання відеоконтенту у автоматичному режимі в залежності від його вмісту.

Тому запропоновано підхід до покращення якості відеоконтенту на етапах формування та передавання цифрових телепрограм, який може забезпечити телекомпанії механізмом керування якістю виробленого відеоконтенту без особливого втручання інженерного персоналу. Підхід заснований на застосуванні у технологічному процесі виробництва телепрограм системи контролю та управління якістю відеоконтенту (рис.1), що використовує відеотранскодер для зміни бітової швидкості відеопотоку відповідно до вимірної якості сформованого відеозображення на підставі об'єктивних показників [2].

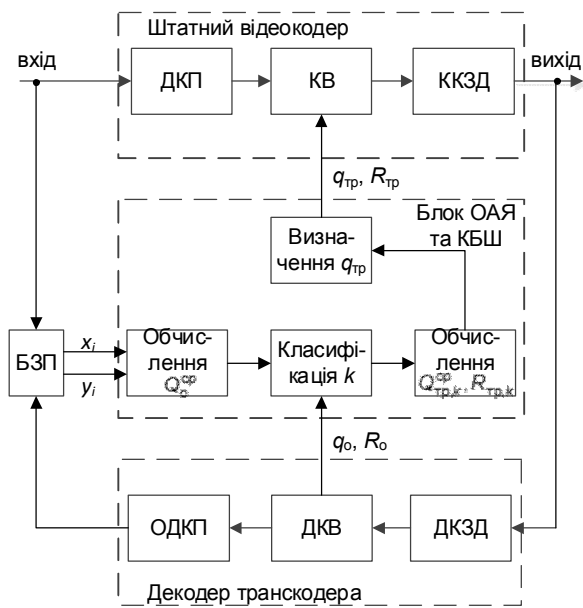


Рис. 2. Система керування якістю відеоконтенту за критерієм якості зображення: ДКП – дискретне косинусне перетворення, КВ – квантування, ККЗД – кодування зі змінною довжиною слова, БЗП – буферний запам'ятовувальний пристрій, ОДКП – обернене ДКП, ДКВ – деквантування, ДКЗД – декодування зі змінною довжиною слова

Система працює зі змонтованим та готовим до передавання відеоконтентом. Штатний відеокдер MPEG-2 формує стиснутий цифровий відеопотік, який характеризують значеннями глобального коефіцієнта квантування q_0 та бітової швидкості R_0 , готовий для передавання у систему каналного кодування та модуляції. Для керування якістю сформованого для передавання відеоконтенту через лінію зворотного зв'язку стиснутий цифровий відеопотік надходить на декодер відеотранскодера, з виходу якого отриму-

ють декодовану та спотворену внаслідок стиснення кодером MPEG-2 послідовність відеокадрів y_i (рис.2), що подають в блок об'єктивного аналізу якості та керування бітовою швидкістю (ОАЯ та КБШ). На інший його вхід через буфер подають неспотворену початкову (еталонну) послідовність відеокадрів x_i . Необхідність застосування буферу можна пояснити двома причинами: компенсацією затримки проходження відеокадрів через кодер та декодер (затримка транскодування) і необхідністю накопичення деякої кількості еталонних та спотворених відеокадрів для усереднення отриманого об'єктивного показника якості.

Блок ОАЯ та КБШ виконує кілька функцій. Спочатку в ньому обчислюють значення об'єктивного показника якості Q_0^{SP} сформованого для передавання відеопотоку. Як об'єктивний показник якості використано метрику MSSSIM (Multi - Scale Structure Similarity Index Measure), яка найбільше відповідає суб'єктивному сприйняттю людини [3]. Потім за допомогою обчисленого показника якості Q_0^{SP} та бітової швидкості R_0 блок ОАЯ та КБШ здійснює класифікацію послідовностей відеокадрів і визначення бажаної якості послідовності відеокадрів класу k $Q_{tr,k}^{SP}$ та відповідного їй значення бітового потоку $R_{tr,k}$. Нарешті, маючи значення показника якості сформованого для передавання відеоконтенту та значення бажаного показника якості, обраховують нові параметри q_{tr} , R_{tr} для штатного відеокодера, змінюючи таким чином якість сформованого відеоконтенту.

III. Висновки

Таким чином, можна виділити два підходи до покращення якості відеоконтенту в системах цифрового телебачення. Перший підхід заснований на застосуванні ряду технологій виробниками телевізійних приймачів, а другий полягає у керуванні якістю відеоконтенту на етапах його формування та передавання безпосередньо виробником телепрограм.

Запропонований підхід до покращення якості відеоконтенту дає можливість керувати якістю вироблених телевізійних програм без втручання інженерного персоналу телекомпанії, що може привести до покращення якості послуг, які надають телекомпанії і провайдери супутникового, кабельного або IP-телебачення.

IV. Список літератури

- [1] Samsung: Технологии улучшения изображения [Електронний ресурс]. – Режим доступу до інформації: <http://obzor.hitech.com.ua/samsung-технологии-улучшения/>
- [2] Абакумов В.Г., Попович П.В. Удосконалений спосіб керування якістю підготовки телевізійних програм // Матеріали III-ої міжнародної науково-практичної конференції «Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки». – 24-26 жовтня 2013 р., Чернівці, Україна. - С.29-30.
- [3] Попович П.В. О подходе к управлению скоростью транспортного потока по критерию качества видеозображений // Электротехнические и компьютерные системы. – 2011. – №4. – С.185-189.

ABOUT APPROACHES TO VIDEO CONTENT QUALITY IMPROVEMENT IN DIGITAL TELEVISION SYSTEMS

Abakumov V.G.¹, Popovych P.V.¹

¹Department of Audio Engineering and Information Registration, National Technical University of Ukraine „KPI”, Kyiv, Ukraine

There are two approaches to improve the video quality in digital television systems. The first approach is based on the use of a number of technologies by manufacturers of television receivers, such as optimization of color reproduction, increasing the bit of color to 18 bits, increasing the number of frames to eliminate the discreteness of fast-moving objects, enhancing image contrast, dynamic contrast, technology of local dimming or backlighting in LED TVs, noise reduction, scaling and increasing of details.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКТОРА ФАЗОМОДУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ

Бондарев А.П., Максимів І.П., Погорецький Д.С.

Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: bondar@ukr.net, izendel@rambler.ru

Анотація. – У цій роботі здійснено імітаційне моделювання приймання OQPSK сигналів модифікованим фазовим детектором. Експериментально встановлено значення параметрів детектора, за яких приймання сигналу відбувається належним чином під час впливу на сигнал високого рівня шум та знайдено відношення BER до SNR.

Ключові слова: OQPSK, відношення сигнал/шум, AWGN, Simulink, Matlab.

I. Вступ

З появою коміркового зв'язку з'явилися проблеми раціонального використання радіочастотного спектру для забезпечення якісним сервісом великої кількості мобільних абонентів. В останні роки розвиток сфери бездротового зв'язку набув широкого масштабу, що спонукало розробників радіобладнання до знаходження нових шляхів вирішення проблеми раціонального використання виділеного частотного спектру. З'явилися нові спектрально-ефективні види модуляції радіосигналів, а також протоколи, які надають можливість ефективно розподіляти трафік у мережі зв'язку. Одним з ключових параметрів, який використовують для оцінки каналу зв'язку є відношення сигнал-шум (SNR): чим менше це значення, тим краще, проте за умови збереження відповідної якості зв'язку, тобто ймовірності прийняття помилкового біту (BER). Залежність BER від SNR є ключовою характеристикою каналу зв'язку і оптимізація цієї характеристики є важливим завданням для сучасної науки.

У роботі показано можливість зниження SNR при збереженні необхідного BER за допомогою модифікації детектора радіосигналів з OQPSK модуляцією.

II. Підвищення завадостійкості приймання OQPSK сигналів

У теорії зв'язку класичним критерієм якості системи зв'язку є положення системи відносно Кривої Шеннона – ідеальної межі, досягнувши якої отримуємо максимальну спектральну ефективність цієї системи при заданому значенні сигнал-шум (Рис.1). Отже, підвищення якості системи

The other approach is to control the video quality on the stages of production and transmission of television program directly by its manufacturer using the criteria of resulting image quality. It is based on the video content control and quality management system (Fig. 1) in technological TV production process using video transcoder (Fig. 2) to change the bit rate of video stream according to the measured quality of produced video based on objective indexes.

The proposed approach of video content quality improvement allows controlling the quality of television programs produced without the intervention of engineering staff that can lead to the quality improvement of services provided by TV-companies and satellite, cable and IP-TV providers.

зв'язку можливо досягнути за рахунок збільшення її завадостійкості.

Стійкість пристрою фазової автопідстройки частоти (ФАПЧ), який є невід'ємною складовою сучасних радіоприймачів, до шуму та детермінованих завад без зміни динамічних властивостей можна підвищити за допомогою модифікованого пристрою, описаного у роботах [1, 2, 3]. У цьому пристрої, вузькосмуговий фільтр зменшує різницю фаз коливань на входах фазового детектора (ФД). Після проходження сигналу через ФД у межах робочої ділянки детекторної характеристики, його рівень відновлюється за допомогою активного фільтра верхніх частот. Запропонована схема модифікованого пристрою ФАПЧ відрізняється від класичного аналогу тим, що перед ФД в ньому розташовується вузько смуговий фільтр, а після ФД – фільтр верхніх частот.

У роботі об'єктом дослідження є процес детектування сигналів у сучасних системах коміркового зв'язку, що використовують сигнали з фазовою маніпуляцією.

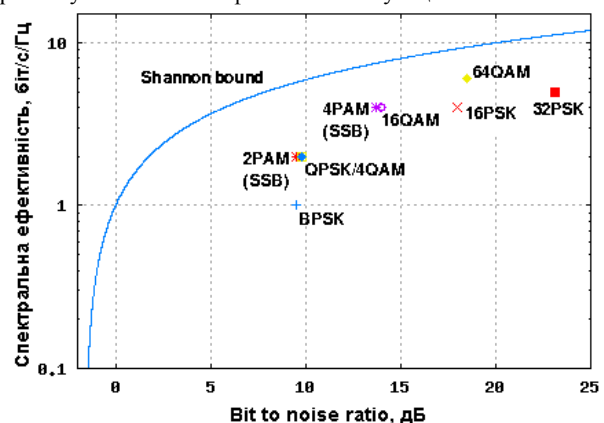


Рис.1. Границя Шеннона та сигнали з сучасними видами модуляції

Зокрема, проведено імітаційне моделювання процесів детектування OQPSK сигналів, які використовуються у таких сучасних системах коміркового зв'язку як cdma-2000.

Імітаційне моделювання проведено за допомогою програми Matlab. Для цього побудовано імітаційну модель радіоканалу, джерела фазо-модульованого сигналу та детектора. Детектор модифіковано за допомогою пропорційно-інтегруючих фільтрів, описаних у роботі [1].

Дослідження проведено для випадку детектування сигналу класичним та модифікованим детекторами. Метою дослідження було визначення відношення частоти виникнення бітової помилки у прийнятому сигналі (BER) до конкретного значення відношення сигнал-шум (SNR). Отримані співвідношення для класичного детектора були порівняні з аналогічними співвідношеннями, наведеними у відкритій літературі. Це дало змогу підтвердити рівень адекватності створеної імітаційної моделі. Порівняння цих співвідношень зі співвідношеннями BER/SNR, отриманими у результаті використання модифікованого фазового детектора, дали змогу зробити оцінку його ефективності.

Відношення BER до мінімально необхідного SNR є важливим критерієм, який використовують для оцінки ефективності системи зв'язку. У імітаційній моделі каналу зв'язку відношення BER/SNR було знайдено, аналізуючи статистичні дані, отримані детектором помилок. Подавши довгу інформаційну послідовність на вхід моделі за певного SNR, було підраховано кількість помилок, що виникли у сигналі після його детектування.

У результаті моделювання контрольні значення BER отримано за значно нижчого допустимого відношення сигнал-шум. Наприклад, для ймовірності бітової помилки 10^{-5} , яка є стандартом для коміркового зв'язку, значення мінімально необхідного SNR на 1.2 дБ нижче ніж у звичайному детекторі. Таким чином показано можливість збільшення ефективності систем радіозв'язку та наближення їх до Кривої Шеннона (Рис. 2).

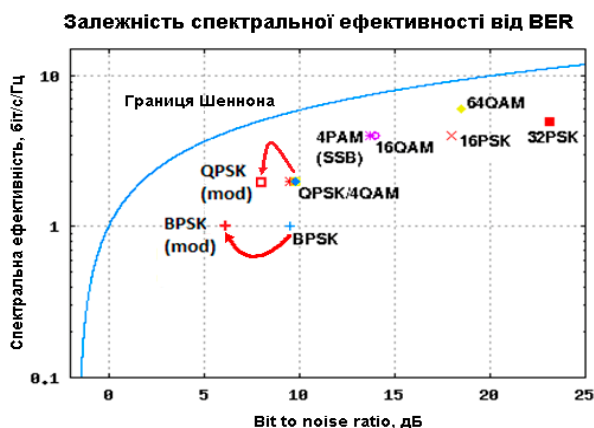


Рис. 2. Наближення систем QPSK до Границі Шеннона за рахунок збільшення завадостійкості

Проведені дослідження підтверджують високу завадостійкість та енергетичну ефективність досліджуваного модифікованого детектора.

III. ВИСНОВКИ

Проведено імітаційне моделювання, під час якого досліджувалась завадостійкість модифікованого детектора з використанням вузькосмугових пропорційно-інтегруючих фільтрів. У якості експериментального сигналу було обрано OQPSK сигнал. У результаті моделювання встановлено, що

якість детектування покращується зі зростанням значення інерційності фільтра та зі зменшенням коефіцієнта пропорційності. Отримане відношення BER до SNR сигналу продемонструвало високу стійкість модифікованої схеми до впливу завад.

IV. Список літератури

- [1] A. Bondariev, I. Maksymiv "Method Of Improvement Of Quality Indexes of Detecting in Cellular Communication Systems", Electronics, Palanga, 2012.
- [2] Бондарев А.П., Мартинів М.С. Патент України на винахід №66435. Н03L7/00 "Пристрій фазової автопідстройки частоти" // Заявка № 4869869 від 01.10.90; Опубл.: Бюл. №5, 2004.
- [3] Method of Improvement of Quality Indexes of Detecting in Cellular Communication Systems / A. Bondarev, I. Maksymiv // Elektronika ir elektrotechnika.-2012. - Vol.18. - No 10. P.85-88.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF PHASE DETECTOR

Bondariev A.P., Maksymiv I.P., Pogoretsky D.S.
National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine,
E-mail: bondap@ukr.net, izendel@rambler.ru

Over the last fifteen years cellular communications become an integral part of modern society. Further development of communication systems is limited by threshold signal-to-noise ratio (SNR), which is one of the determining factors for the communication channel capacity calculation. The aim of this paper is to show the possibility of increasing communication system capacity by reducing the threshold SNR.

There are new methods of modulation signals that allow effective use of the frequency band, and communication systems (eg. trunking) that can effectively distribute the network traffic. However, further development of communication systems is limited by threshold SNR, which is one of the determining factors for the calculation of the capacity of the channel. This paper shows the possibility of increasing noise immunity and capacity of modern cellular communication systems and trunking communication without increasing transmitter power. The improved PLL resistance to noise without changing of dynamic properties is implemented using a modified synchronous phase detector. The proposed scheme of modified PLL device differs from the classical analogue by the narrow bandpass filters, placed before detector, and high-band filter after it.

The simulation processes of detection OQPSK signals which were used in modern systems such as CDMA2000 were made. For as close as possible to the real analogue, the phase detector in imitation model was implemented with leveling filters. These filters are used in communication systems to reduce intersymbol interference that occurs in the digital channel. Research was carried for the case of signal detection by classical and modified detectors. The aim of the research was to determine the bit-error rate (BER) in the received signal at a particular value of SNR.

The obtained BER-to-SNR values for the classical phase detector were compared with similar ratios given in the open literature. The research results show that modified detector is more efficient than classical detector due to its higher noise immunity (Fig. 2).

As result of simulation model of the modified detector research in Matlab program the recommendations for selecting detector filters parameters at high noise level were made. This makes possible to use them in the designing of modern phase demodulators.

The modeling results show the potential for increasing the efficiency of existing cellular communications that use complex types of phase modulation with no additional energy costs.

The effect of modification using narrowband filters before detector of OQPSK signals can significantly improve its noise immunity and energy efficiency.

Keywords: noise immunity, OQPSK, phase detector, PLL.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ БАГАТОЧАСТОТНИМ ФАЗОВИМ МЕТОДОМ

Любчик В.Р., Шинкарук О.М., Лантвойт М.О.

Кафедра радіотехніки та зв'язку, Хмельницький національний університет,

Хмельницький, Україна, E-mail: vitaly1612@gmail.com

Анотація. – Розглянуто вплив частотних характеристик на точність визначення дальності за багаточастотним фазовим методом. Наведено уточнену математичну модель проходження гармонічних сигналів різних частот під час зондування нерухомих та рухомих цілей. Показано джерела виникнення похибок та шляхи їх зниження.

Ключові слова: фазовий метод, дальність, похибка, частотні характеристики.

I. Вступ

Характерним для сучасного стану розвитку радіолокаційних систем (РЛС) є підвищення вимог до точності та роздільної здатності по дальності. Однією із важливих задач радіолокаційного спостереження є забезпечення безпеки руху літальних апаратів. Відомі методи імпульсного визначення дальності в багатьох випадках не дозволяють одночасно підвищити точність як по дальності так і по швидкості [1-2]. Розроблені багаточастотні фазові методи дозволяють проводити вимірювання і дальності і швидкості рухомих цілей шляхом застосування гармонічних сигналів на різних частотах [3]. Проте, не ідеальність частотних характеристик приймально-передавальної апаратури, дисперсії сигналів під час поширення у просторі призводить до виникнення методичних похибок через недосконалості математичної моделі опису поширення цих сигналів на різних частотах.

II. Основна частина

На основі дослідження процесів, що протікають в ході поширення радіосигналів від передавача до цілей і зворотного поширення відбитих сигналів проведено математичні перетворення, які дозволили отримати аналітичні вирази, що встановлюють взаємозв'язок між сумарними відбитими сигналами на різних частотах із параметрами цілей: дальність та ефективна площа розсіяння. Комплексні амплітуди сумарних сигналів на кратних частотах, від першої до n -ої, можна знайти із системи рівнянь:

$$\begin{cases} a_{s1} \cdot e^{-j\varphi_{s1}} = \sum_{i=1}^N a \cdot k_i \cdot e^{-j\varphi_i} = \dot{b}_1; \\ a_{s2} \cdot e^{-j\varphi_{s2}} = \sum_{i=1}^N a \cdot k_i \cdot e^{-j2\varphi_i} = \dot{b}_2; \\ \dots \\ a_{sn} \cdot e^{-j\varphi_{sn}} = \sum_{i=1}^N a \cdot k_i \cdot e^{-jn\varphi_i} = \dot{b}_n, \end{cases} \quad (1)$$

Провівши математичні перетворення, система лінійних рівнянь відносно коефіцієнтів поліноміальних рівнянь:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N (-1)^{i+1} \dot{r}_i \dot{b}_i = -\dot{b}_{n+1}; \\ \sum_{i=1}^N (-1)^{i+1} \dot{r}_i \dot{b}_{i+1} = -\dot{b}_{n+2}; \\ \dots \\ \sum_{i=1}^N (-1)^{i+1} \dot{r}_i \dot{b}_{i+n-1} = -\dot{b}_{2n}, \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{де } \dot{r}_1 = \prod_{i=1}^N \dot{c}_i, \dots, \dot{r}_{N-2} = \sum_{\substack{i,j,k=1 \\ i < j < k}}^N \dot{c}_i \cdot \dot{c}_j \cdot \dot{c}_k, \dot{r}_{N-1} = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^N \dot{c}_i \cdot \dot{c}_j,$$

$$\dot{r}_N = \sum_{i=1}^N \dot{c}_i \text{ - коефіцієнти степеневого рівняння; } \dot{c}_i = e^{-j\varphi_i}$$

– значення одиничного вектору, відбитого від i -го цілі.

Розв'язання отриманої системи лінійних рівнянь дає значення коефіцієнтів степеневого рівняння:

$$\dot{c}^n + \dot{k}_n \dot{c}^{n-1} + \dots + \dot{k}_3 \dot{c}^2 + \dot{k}_2 \dot{c} + \dot{k}_1 = 0, \quad (3)$$

корені якого представляють собою вектори сигналів відбитих від кожної цілі. Тоді фази векторів можна знайти наступним чином:

$$\varphi_1 = \arg(\dot{c}_1), \dots, \varphi_{n-1} = \arg(\dot{c}_{n-1}), \varphi_n = \arg(\dot{c}_n). \quad (4)$$

Тоді відстані до кожного цілі знаходимо наступним чином:

$$l_{x1} = \frac{\varphi_1 \lambda}{4\pi}, \dots, l_{xn-1} = \frac{\varphi_{n-1} \lambda}{4\pi}, l_{xn} = \frac{\varphi_n \lambda}{4\pi}. \quad (5)$$

Для уточнення математичних виразів багаточастотного фазового методу вимірювання дальності багатьох об'єктів будемо вважати що на сигнали впливають узагальнені частотні характеристики. Також необхідно враховувати різне згасання сигналів відбитих від кожного об'єкту. Таким чином, на сигнал відбитий від об'єкту впливають: дальність об'єкту; ефективна площа розсіяння; амплітудно-частотні та характеристики передавача, приймача, траса каналу поширення радіосигналу; коефіцієнт згасання. Гармонічний сигнал відбитий від одного об'єкту буде виглядати:

$$\dot{c}_i = a_i \cdot K_s(f) \cdot e^{-\lambda R_i} \cdot e^{-j \frac{4\pi R_i}{c} f} \cdot e^{-j\varphi_s(f)}, \quad (6)$$

де $K_s(f)$ - амплітудно-частотна характеристика приймально-передавального тракту та траси поширення радіохвилі; $\varphi_s(f)$ - фазо-частотна характеристика приймально-передавального тракту та траси поширення радіохвилі; λ - коефіцієнт згасання середовища траси поширення радіохвилі; f - поточна частота.

Враховання вказаних характеристик дозволяє записати уточнену систему рівнянь, розв'язання якої дозволяє визначити дальність та ефективну площу розсіяння з більшою точністю.

Дослідження процесу зондування та математичних перетворень дозволив отримати вираз для знаходження точності багаточастотного фазового вимірювання дальності:

$$\Delta l = \frac{c}{4\pi f_1} \arctg \frac{\text{Im} \frac{2\text{cond}(A)}{f'(x)} \cdot \left| \delta_{r\max} \sum_{i=0}^n (\bar{x}^i) \right|}{\text{Re} \frac{2\text{cond}(A)}{f'(x)} \cdot \left| \delta_{r\max} \sum_{i=0}^n (\bar{x}^i) \right|}. \quad (7)$$

Аналіз даного виразу показує що найменша похибка визначення відстані буде спостерігатись коли відносний кут нахилу вектору похибки буде мати значення 0. Це можливо коли його напрямком співпадає з напрямком сумарного вектору. Більш докладний аналіз виразу похибки вираз (7) по-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

казує що його мінімум буде спостерігатись при мінімальному значенні числа обумовленості матриці A .

Досліджено можливість застосування багаточастотного методу для удосконалення аналітичного багаточастотного фазового методу далекометрії. На відміну від класичного багаточастотного фазового методу, багаточастотний метод повинне використовувати не по одній частоті на кожній шкалі, а групами частот. Причому, тому як частоти розташовано рівномірно, то діапазон зондувальних частот на одній шкалі частково перекриваються діапазоном зондувальних частот на другій шкалі. Це обумовлено тим що точність визначається кроком по частоті зондувальних сигналів. Значення частоти на точність впливає опосередковано через число обумовленості матриці. Таким чином діапазони частот першої та другої шкали відрізняються в декілька разів, а перші частоти співпадають. На рис. 1 наведено частотні діапазони першої та другої шкали.



Рис. 1. Розташування частот першої та другої шкали багаточастотного фазового методу далекометрії

Знаходження дальності проводиться в декілька етапів. На першому етапі вимірюється дальність з розробленим вище методом. Потім розраховується кількість фазових циклів на другій частоті за виразом:

$$K_i = \left\lfloor \frac{l_i / \lambda_0}{m} \right\rfloor, \quad (8)$$

де l_i - дальність i -го об'єкту знайдена на попередньому етапі; λ_0 - довжина хвилі першого зондувального гармонічного сигналу; m - коефіцієнт збільшення кроку частоти зондувального сигналу; $\lfloor \cdot \rfloor$ - функція - ціла частина числа.

Корегуються дальність цілей з урахуванням кількості фазових циклів:

$$\tilde{l}_i = \frac{\lambda_0}{2m} \cdot K_i + l_{mi}, \quad (9)$$

де l_{mi} - знайдена дальність i -ї цілі знайдена за другому етапі. Корегуються коефіцієнти відбиття відповідно до коефіцієнтів згасання.

Коефіцієнт збільшення кроку частоти зондувального сигналу m визначає зменшення похибки вимірювання. Його потрібно обирати з умови не перебільшення довжини хвилі зондувального сигналу на другому етапі похибки дальності знайденої на першому етапі:

$$\lambda_2 \geq \Delta l_i. \quad (10)$$

Розроблений багаточастотний багаточастотний фазовий метод далекометрії відрізняється від класичного та багаточастотного фазового методу тим, що забезпечує одночасне вимірювання дальності об'єктів багатьох об'єктів із підвищеною точністю. Кількість етапів зондування, вимірювання та розрахунків повинна бути достатньою для досягнення

необхідної точності. Тобто для закінчення вимірювань повинно бути досягнуто умову:

$$\Delta l_s \leq \Delta l_0, \quad (11)$$

де Δl_0 - мінімальна гранична межа похибки.

III. Висновки

Запропоновано метод корегування результатів розрахунку дальності багаточастотним фазовим методом шляхом врахування частотних амплітудної та фазової характеристик прийнятно-передавальної апаратури та траси поширення радіохвилі зондування цілей. Суть корегування полягає у діленні значень векторів відбитих сигналів на значення коефіцієнта передачі на тій же частоті.

Розроблено багаточастотний багаточастотний фазовий метод далекометрії, який полягає у зондуванні об'єктів $2n$ зондуючими гармонічними сигналами з частотами починаючи з першої, що задовольняє умові однозначного визначення дальності для усіх об'єктів, із заданим кроком. Після визначення дальності об'єктів після першого етапу зондування, проводиться зондування з першої частоти із кроком в m разів більшим за попередній та розраховуються дальності використовуючи значення вимірюваних фазових зсувів та амплітуд сумарних відбитих сигналів. Після чого проводиться врахування повних фазових циклів для знаходження дальності об'єктів.

IV. Список літератури

- [1] Финкельштейн М.И. Основы радиолокации : учебник для вузов / Финкельштейн М.И. – [2-е изд., доп. и перераб.]. – М. : Радио и связь, 1983. – 536 с.
- [2] Радиолокационные и радионавигационные системы : [учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов] / П.А. Бакулев, А.А. Соновский. – М. : Радио и связь, 1994. – 296 с.
- [3] Шинкарук О.М. Аналітичний багаточастотний фазовий метод вимірювання дальностей / О.М. Шинкарук, В.Р. Любчик, М.О. Лантвойт // Вісник НТУУ "КПІ". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2013. – №52. – С.65–73.

IMPROVING THE ACCURACY OF THE RANGE OF MULTIFREQUENCY PHASE METHOD

Liubchik V.R.; Shinkaruk O.M.¹, Lantvoyt M.O.¹

¹Department. Radio Engineering and Communication, Institutska str. 11, Khmelniysky city, Ukraine

The effect of frequency characteristics for the accuracy of the range for Multi-phase method. Specified mathematical model of the passage of harmonic signals of different frequencies while still sounding and moving targets. Showing sources of errors and ways to reduce them.

A method of correcting the results of calculation range multifrequency phase method by taking into account the frequency amplitude and phase characteristics of the receiving and transmitting equipment and radio propagation route sensing purposes. The essence of the adjustment is to dividing the values of the vectors of the reflected signals on the transmission coefficient at the same frequency.

A multiscale multifrequency phase method of range, which is probing objects $2n$ probing harmonic signals with frequencies ranging from the first that satisfies unambiguous determine distance to all objects with a given step. After determining the range of objects after the first stage sensing, sensing looked at the first frequency increments in m times larger than the previous range and are calculated using the values of the measured phase shifts and amplitudes of the total reflected signals. Followed by a consideration of the full phase cycles of the range facilities.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ АКТИВНОГО ТЕРМОСТАТУВАННЯ

Клепиковський А.В.¹

Кафедра біологічної фізики та інформатики, Буковинський державний медичний університет,
м. Чернівці, Україна, E-mail: andrei.klepikovskiy@gmail.com

Анотація. – Наведено розробку алгоритму роботи системи активного термостатування, який передбачає режим виходу на режим підтримання постійної температури кристалу кварцу і режим стаціонарного слідування за температурою. Внаслідок застосування напівпровідникових елементів Пельтьє є змога підтримувати постійну температуру шляхом нагріву та охолодження із точним встановленням температури. Розроблено структурну схему пристрою активного термостатування.

Ключові слова: термостатування, напівпровідниковий елемент Пельтьє, кварцовий резонатор, алгоритм.

I. Вступ

Одним із найчутливіших вузлів прийомопередаючих пристроїв, систем обробки інформації, систем єдиного часу, телекомунікаційних систем, систем мобільного зв'язку, засобів вимірювання та ін., що вимагає серйозних заходів по зовнішній стабілізації, є кварцовий резонатор, який служить фактично еталоном частоти генераторів коливань. Серед дестабілізуючих факторів, що викликають нестабільність частоти кварцових генераторів, головну роль відіграють зміни температури навколишнього середовища та впливу зовнішніх низькочастотних вібрацій, що діють на резонатор [1-3].

Існуючі методи підвищення температурної стабільності п'єзореzonаторів ґрунтуються, в першу чергу, на конструктивних підходах (застосування кристалів спеціальних зрізів) або використанні термочутливих неосновних мод коливань кристалів, що вимагає застосування спеціальних зрізів і при цьому має дуже вузький діапазон термочутливості. Крім того, використання термочутливої моди не знаходить застосування в серійних виробках через нестабільність її динамічного опору, так званих «провалів активності», коли добротність резонансу різко падає. Іншою проблемою в точному термостатуванні є висока інерційність термостатуючих систем і залежність їх ефективності від зовнішніх чинників (температури, вологості і т.д.), що практично зводить нанівець ефективність їх застосування в вузлах радіосистем, що розміщуються поза приміщеннями (приймопередавачі, модулі ФАР, мобільні засоби зв'язку, тощо).

Одним з можливих підходів в подоланні даних труднощів може бути застосування напівпровідникових термоелектричних елементів Пельтьє, що в поєднанні з оперативним контролем та короткочасним прогнозуванням температури п'єзоелементу дають змогу значно знизити імпеданс процесу термостатування незалежно від зовнішніх (кліматичних) умов роботи [4].

II. Основна частина

Для створення системи активного термостатування п'єзореzonатора, в роботі розроблено алгоритм термостатування, який представлено на рис. 1, за яким дана система буде працювати.

Відповідно даного алгоритму, система термостатування працює в двох режимах: режим виходу на робочу температуру T_0 та режим статкування.

Враховуючи високу інерційність процесу терморегулювання (високий імпеданс функціоналу $f[T(\Delta i), dQ]$), в

якості терморегулятора в роботі пропонується використовувати напівпровідникові термоелементи Пельтьє, що володіють низьким температурним імпедансом і високим температурним градієнтом, що за своїми значеннями перекриває широкий діапазон від'ємних і додатних температур.

Для розробки алгоритму визначено ряд вхідних змінних та вихідних параметрів, які забезпечують стабільну роботу. До вхідних змінних відносяться: струм, що протікає через кристал кварцового резонатора i ; зовнішня температура кварцового резонатора $T_{зovн.}$; точність підтримання температури кварцового резонатора ΔT .

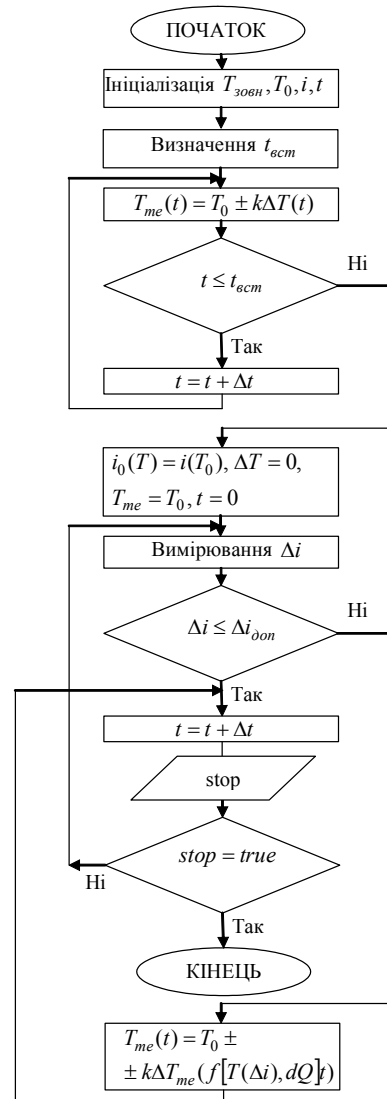


Рис. 1. Алгоритм активного термостатування

Вихідними параметрами є відхилення температури термостатування кварцового резонатора.

Підпрограми вимірювання струму та температури відповідають класичним методам вимірювання, які забезпечують необхідну точність та швидкодію. Необхідно зробити

наступне зауваження: внаслідок малої швидкості процесів нагріву, охолодження та теплопередачі, швидкодія методів вимірювання може бути невеликою. Визначальною є точність вимірювання параметрів. Оскільки струм, який протікає через кварцовий резонатор, є незначним (одиниці чи десятки мікроампер), а точність підтримання температури необхідно забезпечити не гірше 0,1 °С, то це висуває особливі вимоги до вимірвальних датчиків, методів та засобів вимірювання.

Узагальнена структурна схема термостатуючої системи з використанням напівпровідникових елементів Пельтьє представлена на рис. 2.

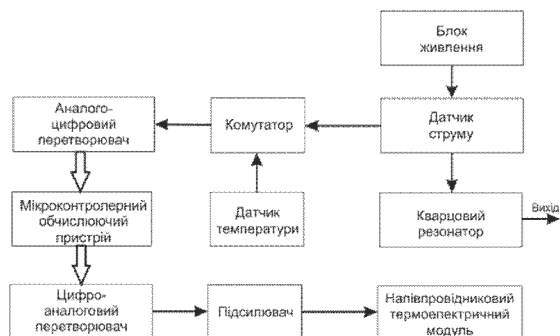


Рис. 2. Структурна схема активної термостатуючої системи

Таким чином, розроблена математична модель п'єзоелектричного резонатора дає можливість встановити зв'язок між значенням відносної зміни частоти кварцового резонатора і струму, що проходить через кристал. Застосування даної залежності дає змогу оперативного контролю температури кристалу і відповідно застосовувати високочастотний алгоритм термостатування. Застосування даного алгоритму можливе лише за умови використання напівпровідникових елементів Пельтьє, що володіють низьким температурним імпедансом і характеризуються широким температурним діапазоном. Застосування розподіленого керування температурою окремих термоелементів, що розміщені в середині корпусу п'єзорезонатора, дає змогу створювати градієнт температур біля поверхні п'єзопластини і відповідно підвищити температурну стабільність.

III. Висновки

Удосконалено метод термостатування п'єзорезонансного елемента з урахуванням температурної динаміки його внутрішнього струму та з використанням напівпровідникових термоелементів. Відмінність даного методу, що визначає його новизну та сутність удосконалення, полягає в застосуванні напівпровідникових термоелектричних модулів Пельтьє в якості терморестабілізатора і діючого значен-

ня струму п'єзоелементу в якості термометричного сигналу. В результаті досліджень встановлено, що застосування напівпровідникових термоелектричних модулів в поєднанні з оперативним контролем температури кристалу кварцового резонатора, дає змогу підвищити точність його термостатування до 0,1°С при різких перепадах температури зовнішнього середовища.

IV. Список літератури

- [1] Кравченко А.В., Плаксин С.В., Соколовский И.И. Активное термостатирование полупроводниковых СВЧ-генераторов// Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2005, №3, С.63-64.
- [2] Хоменко И.В. Терморегулятор термостатированного генератора и способ настройки данного терморегулятора. Патент России №2463700, 20.04.2011, Оpubл. 10.10.2012, Бюл. №28.
- [3] Закс Д. И. Параметры теплового режима микросхем.– М.: Радио и связь. 1983.–176 с.
- [4] Клепиковський А.В. Стабілізація частоти напівпровідниковими термостатуючими елементами / А.В. Клепиковський // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013, № 1 (197). – С. 144-147.

DEVELOPMENT OF THE DEVICE OF ACTIVE THERMAL CONTROL

Klepikovskyy A.V. ¹

Department of Biological Physics and Informatics,
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine,

Shows the development of the algorithm of active thermal control system that provides the output mode to maintain a constant temperature mode quartz crystal and stationary tracking mode temperature. Due to the use of semiconductor Peltier element is able to maintain a constant temperature by heating and cooling with accurate temperature. A block diagram of the device active thermosattuvannya.

The method of thermostatic quartz element based on the temperature of its internal dynamics and current using semiconductor thermoelements. The difference of this method, which determines its newness and the essence of perfection, is to use semiconductor thermoelectric Peltier modules as thermorestabilizatora and the current value of the current piezo as a thermometric signal. As a result, studies found that the use of semiconductor thermoelectric modules coupled with operational temperature controlled crystal quartz resonator allows increasing the accuracy of its incubation with 0,1 ° C with sharp drops ambient temperature.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКУ В УКРАЇНІ

Семененко А.С., Абакумов В.Г.

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації, Національний технічний університет України
Київський Політехнічний інститут, Київ, Україна, E-mail: alya.semenenko@hotmail.com

Анотація. – Телекомунікаційний ринок України, зокрема ринок мобільного зв'язку, виник в 1991 році з появою першого мобільного оператора. За 20 років свого існування цей ринок став одним з найзначніших секторів економіки України. Щороку відбувається злиття та поглинання одних мобільних операторів іншими, а самі мобільні оператори розширюють спектр послуг, з метою отримання більшої частки на ринку. Рівень проникнення мобільного зв'язку в країні перевищує 120%, що говорить про те, що ринок знаходиться на стадії свого насичення. Встановлено характер ринку як еволюційний, що враховує фактор появи інновацій як безперервний процес.

Ключові слова: телекомунікаційний ринок, тенденції мобільного зв'язку, проникнення, технології зв'язку, еволюційний характер.

I. Вступ

Стан світового ринку телекомунікацій визначається розвитком мереж та послуг зв'язку. Мобільний зв'язок – це один із пріоритетних напрямів розвитку галузі телекомунікацій, що був визначений Урядом України після проголошення незалежності України в 1992 р. Ринок послуг мобільного зв'язку, що з'явився у 1991 р., ще в 2007 році перейшов межу 100 % проникнення, а в 2009 р. характеризувався високим рівнем проникнення мобільного зв'язку (117 %). [2] Галузь телекомунікацій в Україні поділяється на два крупних сегменти: електров'язок та поштовий зв'язок. Електров'язок має два основні напрями: наземний (фіксований чи дротовий) та радіозв'язок. До першої групи, як правило, включають телефонний, телефонний міський, телефонний сільський, телефонний міжміський, телефонний міжнародний зв'язок, інтернет. До другої групи належать супутниковий, стільниковий, пейджинговий, транкінговий зв'язок. На телекомунікаційному ринку також стрімко розвиваються сфери інформаційного спрямування, а саме рекламу та новини, сфери комерційного спрямування, що включає в себе цифровізовані платежі, інтернет торгівлю, логістику та банкінг, та сфери управління, логістики, зв'язок з мобільними терміналами, маршрутизації та вироблення стратегії. [3] В зв'язку з тим, що з кожним роком ринок набуває все більшого розвитку, а поява нових технологій кардинально змінює його характер, питання моделювання розвитку даного ринку є актуальним.

II. Тенденції розвитку телекомунікаційного розвитку в Україні

На український ринок телекомунікаційних послуг значний вплив справляють ринки Центральної та Східної Європи, тому доцільним буде розглянути сучасний стан та перспективи даних ринків.

Телекомунікаційні ринки в країнах Центральної й Східної Європи стрімко дозрівали й розвивалися в останні роки. Для них відзначаються основні тенденції такі ж, як і в Західній Європі, а саме заміщення фіксованого зв'язку мобільним, розвиток мобільного широкосмугового доступу. Однією з основних тенденцій у телекомунікаційній галузі в регіоні Центральної і Східної Європи, що, як очіку-

ється, збережеться й у найближчі роки, є ріст популярності пакетів послуг та поява нових телекомунікаційних сервісів.

Перехід до нових технологій, зокрема Internet, призвели до якісно нових тенденцій розвитку телекомунікацій, основними з яких є:

- поява телекомунікаційних та інформаційних послуг нового типу;
- об'єднання окремих мереж у світову мережу (глобалізація);
- надання різних типів послуг у рамках єдиної мережі (мультисервісність);
- стрімке зростання кількості користувачів мобільних ресурсів.

Мета ж еволюційного розвитку телекомунікацій полягає у наступному:

- створенні інтегрованих мультисервісних мереж, здатних забезпечити користувачам якісне передавання всіх видів трафіка, застосувань та різноманітних послуг;
- забезпеченні глобального необмеженого та надійного доступу до інформаційних ресурсів мереж і максимальної зручності користування ними;
- створенні умов для якомога більшої мобільності абонентів без втрати якості надання послуг. [4]

Системи першого покоління мобільного зв'язку (1G) були аналоговими, системи другого покоління (2G) є цифровими. В результаті потреби в бездротовому доступі отримують системи 2.5G. Прикладом технології 2.5G є GPRS (General Packet Radio Services). Пізніше впроваджено технологію EDGE, важливим впровадженням стає поява сервісу SMS, що кардинально змінила характер розвитку ринку мобільного зв'язку. Прикладом системи 3G є стандарт UMTS, що дозволяє надавати абонентам послуги зі швидкістю передачі даних до 2 Мбіт/сек, а технологія HSDPA (3.5G) надає послуги зі семіразовою швидкістю. Таким чином, користувачі мережі мобільного зв'язку можуть отримувати широкий перелік мультимедійних послуг (високоякісне відео, ігри, завантаження файлів великих обсягів). Але навіть така швидкість передачі даних буде задовольняти потреби користувача мережі лише до певних меж. У зв'язку з цим почалася розробка стандарту четвертого покоління (4G). [1]

Комунікаційна мережа — система фізичних каналів зв'язку і комутаційного устаткування, що реалізовує той або інший низькорівневий протокол передачі даних. Існують провідні, безпроводні і волоконно-оптичні канали зв'язку. За типом сигналу виділяють цифрові і аналогові мережі. Призначенням комунікаційних мереж є передача даних з мінімальною кількістю помилок і спотворень. На основі комунікаційної мережі може будуватися інформаційна мережа, наприклад на основі мереж Ethernet як правило будуються мережі TCP/IP, які у свою чергу утворюють глобальну мережу Internet. Прикладами комунікаційних мереж є:

- комп'ютерні мережі,
 - телефонні мережі,
 - мережі стільникового зв'язку,
 - мережі кабельного телебачення.
- Основні призначення телекомунікаційних мереж:

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

- доступ до інформації – місьць концентрування інформації (HTTP, FTP сервера, бази даних);
- сигналізація (електронна пошта, сервіси коротких повідомлень (ICQ));
- сумісне використання технічних ресурсів (мережні принтери, сховища даних, сервери аплікацій);
- розподілення навантаження (кластеризація, розпаралелювання);
- віддалене керування (моніторинг, віддалене виконання процесів);
- забезпечення надійності (кластеризація, резервування (пристроїв та каналів)).

Повний перелік конкретних видів телекомунікаційних послуг привести практично неможливо, він завжди залишається відкритим, особливо це відноситься до передачі інформації. Щодня з'являється попит на нові види послуг чи пакети послуг, що залежить і від розмаїтості інформаційних потреб населення, і від матеріальних ресурсів споживачів, і від розвитку технологій та програмного забезпечення, і від рівня культури тощо. Тому доцільно у відношенні загальних тенденцій і закономірностей інформаційного ринку говорити про найбільш характерні телекомунікаційні послуги, які зображено на рис. 1.

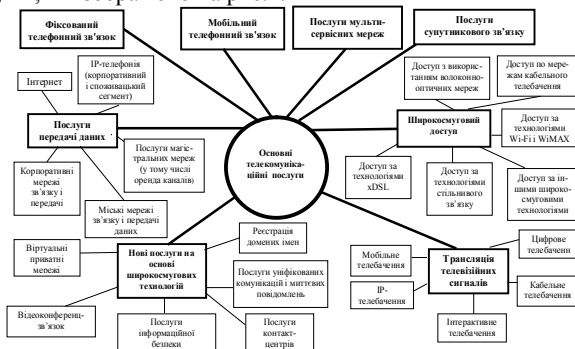


Рис. 1. Основні телекомунікаційні послуги

З врахуванням директив ЄС щодо подальшого розвитку ринків телекомунікаційних послуг і необхідності їх державного регулювання можна визначити такі ринки телекомунікаційних послуг, що зображено на рис. 2:

- фіксованого телефонного зв'язку (корпоративні та споживачеві), включаючи сегменти послуг місцевого телефонного зв'язку і послуг міжміської і міжнародного зв'язку
- мобільного телефонного зв'язку (корпоративні та споживачеві);
- IP-телефонії (корпоративні та споживачеві);
- Інтернет (корпоративні та споживачеві);
- інших послуг передачі даних (корпоративний та споживчий), включаючи сегменти телематичних послуг;
- магистральних послуг, в тому числі, оренда каналів (операторський, корпоративний);
- широкопосмугового доступу (операторський, корпоративний, споживчий), включаючи сегменти послуг доступу з використанням технологій xDSL, послуг доступу з використанням волоконно-оптичних мереж (FTTx), послуг доступу з використанням технологій Wi-Fi і WiMAX, послуг доступу з використанням електромереж;
- супутникового зв'язку (операторський, корпоративний, споживчий), включаючи сегменти традиційних телекомунікаційних послуг і послуг глобального позиціонування;

- трансляції телевізійних і радіосигналів, включаючи сегменти цифрового телебачення, ефірного телевізійного і радіомовлення, супутникового теле- і радіомовлення, а також інші технології доставки ТБ-сигналів);
- нових телекомунікаційних послуг (операторський, корпоративний), включаючи сегменти послуг мультисервісної мережі, відеоконференції зв'язку, віртуальні приватні мережі, послуги інформаційної безпеки.

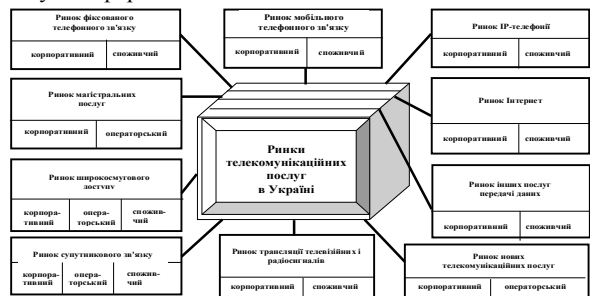


Рис. 2. Ринки телекомунікаційних послуг

III. Висновки

Досліджено тенденції розвитку ринку телекомунікацій України. Еволюційний підхід, застосований для моделювання динаміки ринку мобільного зв'язку, та телекомунікаційних послуг дає змогу адекватно моделювати складну динаміку ринку, в якому інноваційний характер є дуже істотним. Детальніший аналіз адекватності моделі розвитку телекомунікаційного ринку вказує на те, що врахування тільки комунікацій споживачів одного з одним та появи нових технологічних інновацій ще недостатньо для точного опису ринку. Тому надалі необхідне як уточнення взаємодії суб'єктів ринку, так і врахування інших факторів, зокрема зовнішніх, таких як світова криза, та особливості державного регулювання, які не були враховані.

IV. Список літератури

- [1] <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=898>
- [2] <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/20263/1/12-54-60.pdf>
- [3] <http://www.refine.org.ua/pageid-4000-1.html>
- [4] <http://expertoCrede.com.ua/index.php?id=28>

TENTION OF DEVELOPMENT OF TELECOMMUNICATIONS MARKET IN UKRAINE

Semenenko A.S., Abakumov V.G.

Department of Sound technics and registration of Information, National Technical University of Ukraine Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine

Telecommunication market in Ukraine has emerged in 1991 at the same time when the first mobile operator appeared. Every year there is emerges and acquisitions of some other mobile operators and many mobile operators expand the range of services they provide in order to obtain larger market share. Traditional modeling methods are complicated because of new technologies that are changing the nature of the market.

The telecommunications market in Ukraine has enjoyed dynamic growth over the last few years. According to the National Communications Regulation Commission (the NCRC), the number of telecommunications operators and providers reached almost 1,900 in Ukraine in 2010. The NCRC reports stable development of the industry despite the global economic crisis. The prospects of the Ukrainian telecommunications sphere depend on a range of factors, the regulatory framework being one of the most important of them. Further growth of the industry will in many respects be contingent on whether the regulator will be prompt and effective in addressing the challenges facing the telecommunications market.

СПРИЙНЯТТЯ СВІТЛОВИХ ІМПУЛЬСІВ ПЕРИФЕРИЧНОЮ ОБЛАСТЮ ЗОРУ ЛЮДИНИ

Браїловський В.В., Пислар І.В., Пошак О.В., Рождественська М.Г.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: brailovsky@ukr.net

Анотація. – Приведено результати експериментального дослідження зони порогової чутливості людського зору до світлових імпульсів у периферичному полі зору людини.

Ключові слова: людський зір, фонове освітлення, світловий імпульс, порогова зона видимості.

I. Вступ

Питання прихованості та захищеності систем передачі інформації з кожним днем стає все більш актуальним. В цьому аспекті значний інтерес викликають системи бездротового обміну даними за допомогою модульованого світлового променя видимого діапазону (Li-Fi системи) [1]. Перехоплення даних, що передаються по світловому променю, здійснити складно, оскільки даний вид передачі даних використовує спрямовану трансляцію. При спробі перехопити промінь відбувається переривання передачі як мінімум в одному напрямку. Отже така система здатна забезпечувати передачу секретних даних у відповідних сферах діяльності людини. На даному етапі Li-Fi системи розглядаються як доповнення до існуючих (наприклад Wi-Fi системи), способів передачі даних там, де потрібна додаткова ступінь захисту інформації та більша надійність її передачі. Експериментальні дослідження, які дають можливість визначити параметри «невидимих» світлових імпульсів, стосуються прямого зору людини. В доступній нам літературі, не знайдено інформації про експериментальні дослідження чутливості периферичного поля зору людини до світлових імпульсів. Метою даних досліджень є визначення зони «невидимості» для людського зору світлових імпульсів у периферичному полі зору, а саме діапазон зміни параметрів світлових імпульсів, в якому людське око не сприйматиме імпульсний характер світла.

II. Експериментальне дослідження

Експеримент, як і у випадку [2], проводився згідно стандарту ISO 12866: 2008 — Ophthalmic instruments — Perimeters. Відстань точкового джерела світла до ока піддослідного - 0,333 м, дуга периметра діаметром 0,666 м.

Для забезпечення необхідного рівня фонового освітлення дуги периметра використовувалась лампа MAXUS 1-ESL-020-11 з рівномірним світінням світловопромінюючої поверхні. Зміна рівня фонового освітлення забезпечувалась за допомогою нейтральних світлофільтрів. Як тест-об'єкт використовувалась світлодіодна матриця потужністю 10 Вт. Сприйняття світлових імпульсів у периферичній області зору досліджувалось окремо для лівого та правого очей людини. Під час проведення експерименту тест-об'єкт фіксувався на дузі проекційного периметра (кут місця ϕ) з кроком 5° при кутах горизонту (α) 0° та 180° . Тривалість світлового імпульсу $\tau=5$ мкс. Експериментально знаходився діапазон зміни частоти слідування F імпульсів світла в якому зір піддослідного не сприйматиме світло як імпульсну послідовність.

На рис.1 відображено результати дослідження. Заштрихована область — це область значень частот, при яких людський зір не вирізняє світловий імпульс при заданих тривалості світлового імпульсу та фонового освітлення.

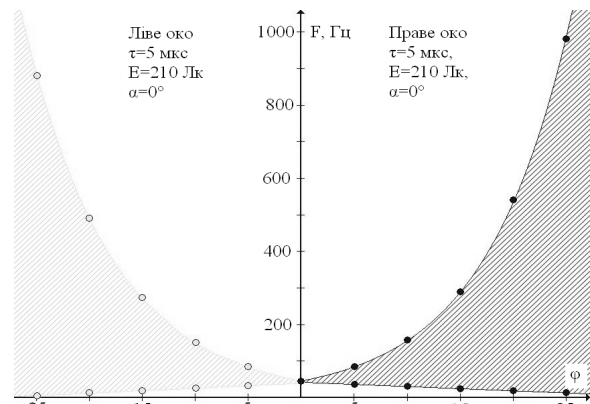


Рис. 1. Зона порогової чутливості людського зору до світлових імпульсів у периферичному полі зору.

При проведенні експерименту з периферичним полем зору були знайдені порогові кути при яких людське око вже ідентифікує світловий імпульс в залежності від рівня фонового освітлення.

III. Висновки

У результаті проведених експериментів, як і у прямому полі зору [3], було підтверджено, що чим більший рівень фонового освітлення, тим більшим може бути діапазон частот слідування «невидимих» світлових імпульсів. Встановлено, що зі збільшенням кута місця збільшується діапазон частот, при яких можливе забезпечення прихованості у периферичному полі зору.

IV. Список літератури

- [1] Purelifi.co.uk, pureLiFi - The Home of Li-Fi [Електронний ресурс]. - Режим доступу до каталогу: - <http://purelifi.co.uk/>
- [2] Ivan Pyslar, Igor Danileiko, Margaryta Rozhdestvenska, Volodymyr Brailovsky. Light pulse sensitivity of the human vision // Proceedings of International Scientific Conference TCSET'2014, Lviv-Slavske, Ukraine, February 25- March 1, 2014- p. 756.
- [3] Браїловський В.В., Пислар І.В., Якимчук В.В., Порогова чутливість людського зору до світлових імпульсів // Тези. Доп. Науково-практичної конференції. «Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки». - Чернівці - 24-26 жовтня 2013 р. - с.64

PERCEPTION OF LIGHT PULSES IN PERIPHERAL FIELD OF VIEW

Brailovsky V.V.¹, Pyslar I.V.¹, Poshak O.V.¹, Rozhdestvenska M.G.¹
¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Experimental study of the threshold sensitivity area of human vision to light pulses in the peripheral field was carried out. Increasing of the angle of test object placement significantly expands the range of frequencies where light pulses are invisible. As a result of the experiments it was also found that increasing of the backlight level expands frequency range in which one can ensure invisibility of pulsed character of the light in the peripheral field of view.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ 4G ЗВ'ЯЗКУ В УКРАЇНІ

Саміла А.П., Юрчик Р.Л., Лукач С.М., Вільданов В.О.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: ros_ur@ukr.net

Анотація. – Четверте покоління мобільного зв'язку 4G є одним із найперспективніших видів безпроводних телекомунікаційних протоколів на даний час. Ця технологія пропонує широкі можливості для передачі мультимедійного контенту, зі швидкістю, близькою до провідного зв'язку. Такі обставини обумовлюють необхідність створення 4G мереж в Україні.

Ключові слова: 4G, швидкість передачі даних, діапазон частот.

I. Вступ

Перспектива розвитку нових технологій мобільного зв'язку обумовлена стрімким розвитком мультимедійних та інтерактивних додатків вимагає реалізацію протоколів швидкісної передачі цифрових даних.

Технологія четвертого покоління мобільного зв'язку 4G дозволяє передачу даних на швидкості до 300 Мбіт/с до користувача та 75 Мбіт/с від користувача [1,2], що значно більше ніж у 3G (практично 3 Мбіт/с). Значна перевага у пропускній здатності та фактична відсутність інфраструктури покоління 3G є умовами, які повинні прискорювати розвиток мереж четвертого покоління.

II. Розвиток технології LTE

Стандарт міжнародного рухомого бездротового широкопasmового зв'язку 4G регламентує розвиток нових мереж на базі технологій Long Term Evolution-Advanced (LTE-Advanced) та Worldwide Interoperability for Microwave Access 2 (WiMAX 2) в діапазонах частот від 700 МГц до 2,7 ГГц. LTE мережа – це звичайна мережа, що складається з базових станцій eNB, поєднаних між собою, інтерфейсом X2, та інтерфейсом S1 з головною мережею (core network), заради прискорення зв'язку та зменшення часу на передавання даних. Схематична архітектура LTE мережі зображена на рис.1. Починаючи з 11 версії, до LTE включена технологія координованого багатоточкового відправлення та прийому даних, що дозволило збільшити швидкість передавання даних та зменшити інтерференцію хвиль між копірками [2]. 4G мережа може бути створена на базі існуючих стільникових мереж, які використовують ті ж частоти, наприклад 1800 МГц. Отже немає необхідності в повній заміні обладнання базових станцій, що суттєво спрощує перехід на стандарт 4G. Хоча без заміни обладнання неможливе впровадження LTE Advanced, який працює на частотах до 3 ГГц, та підвищує швидкість передачі даних, дозволяє реалізувати поєднання технологій Wi-Fi та 4G, підвищити ефективність споживання енергії.

З технологічної точки зору мережа може бути створена за відносно невеликий період за наявності достатніх інвестицій. Більшими проблемами є:

- фактична відсутність ліцензій на LTE-зв'язок: частина частот зайнята GSM-операторами, частина використовується військовими [3];
- не надто великий попит на даний тип зв'язку, що пов'язано з низькою часткою пристроїв, які підтримують стандарт 4G (близько 30% мобільного трафіку у світі створюється ними). В країнах СНД стандарт 4G підтримують близько 13% смартфонів та мобільних пристроїв[4].

Частково проблему частот можна вирішити перенесенням GSM-трафіку з діапазонів 1800 МГц та 1900 МГц у діапазон 900 МГц.

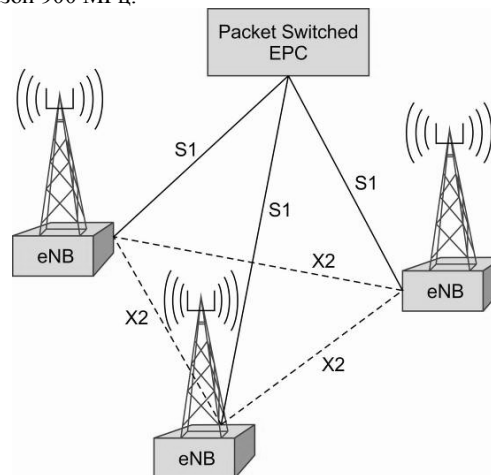


Рис. 1. Схематична архітектура LTE мережі

Друга проблема є тимчасовою, так як кількість пристроїв, що підтримують 4G різко зростає.

III. Висновки

За таких умов розгортання 3G мережі – не має практичного сенсу, тому, що за час необхідний для її створення стандарт 3G може вийти з масового використання. Повноцінна 4G LTE мережа в Україні можлива за умов зацікавленості у цьому телекомунікаційних компаній та державного сприяння.

IV. Список літератури

- [1] LTE Overview. [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords/acronyms/98-lte>
- [2] Захарчук К.С. Перспективи розвитку технології 4G: LTE RELEASE 11 та 12 / К.С. Захарчук // 9-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций RT-2013», 22–26 апреля 2013г. – Севастополь, Украина, – С. 143.
- [3] Коли в Україні з'являться повноцінні 3G та 4G. [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://forbes.ua/ua/business/1371805-koli-v-ukrayini-zyavlyatsya-povnocinni-3g-ta-4g>.
- [4] Non-4G Smartphones Still Generate 70% of North American Smartphone Web Traffic. [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://chitika.com/insights/2013/4G-traffic-study>.

PROSPECTS OF 4G COMMUNICATION IN UKRAINE

Samila A.P., Yurchyk R.L., Lukach S.M., Vildanov V.O.

Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

According to situation in Ukraine and the rest of the world 3G network development hasn't practical sense because by the time it will be built 3G would become outdated technology. 4G is the most perspective mobile connection technology now. This technology provides great possibilities for multimedia data transfer with speed close to wired connection speed. These circumstances determine necessity of making 4th generation networks. Complete 4G network in Ukraine is possible if telecommunication companies and government are interested.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

БАЗА ТА КОЕФІЦІЄНТ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ФРАКТАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ГРЕБІНКОВОЇ СТРУКТУРИ

¹Політанський Р.Л., ²Верига А.Д., Лесінський В.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, E-mail: polrusl@i.ua, ²veriga@ukr.net

Анотація. – Теоретично оцінені база та коефіцієнт завадостійкості фрактальних сигналів гребінкової структури (ФСГС). З ростом порядку фракталу ці параметри зростають, а з ростом коефіцієнту утворення зменшуються.

Ключові слова: фрактал, база сигналу, коефіцієнт завадостійкості.

I. Вступ

База сигналів (добуток ширини спектру сигналу на його тривалість $B = F \cdot Ts$) є однією з їх основних характеристик. Сигнали, база яких більше одиниці є широкосмуговими і відповідно стійкішими до впливу звад різних видів [1].

Рівень відновлення робочих сигналів з їх суміші із завад різного типу за допомогою корелятора можна оцінити значенням коефіцієнта завадостійкості [2].

II. Теоретичне оцінювання бази та коефіцієнта завадостійкості ФСГС

При оцінюванні бази ФСГС [3] ширина їх спектральної смуги визначалася методом шумового еквіваленту за співвідношенням [4]:

$$F_{eff} = \frac{1}{G_{max}} \int_0^{\infty} G(f) df, \quad (1)$$

де F_{eff} - ефективна ширина спектра частот сигналу;

G_{max} - максимальне значення спектральної густини потужності сигналу; $G(f)$ - спектральна густина сигналу.

Розрахункова залежність бази ФСГС від його порядку при різних значеннях коефіцієнту утворення приведена на рис. 1.

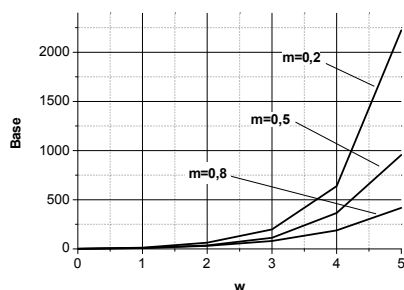


Рис. 1. Залежність бази фрактального сигналу від його порядку для різних значень коефіцієнту утворення

Значення коефіцієнта завадостійкості визначалися згідно виразу [2]:

$$\lambda = \frac{\int_0^{Ts} s^2(t) dt}{\int_0^{Ts} s^2(t) dt + \left| \int_0^{Ts} s(t) \cdot n(t) dt \right|} \quad (2)$$

де $\int_0^{Ts} s^2(t) dt$ - автокореляційна функція робочого сигналу в

нулі; $\int_0^{Ts} s(t) \cdot n(t) dt$ - взаємна кореляційна функція робочого

сигналу і завади в нулі; $s(t)$ - корисний сигнал; $n(t)$ - сигнал завади.

Розрахункова залежність коефіцієнта завадостійкості ФСГС від його порядку при різних значеннях коефіцієнту утворення приведена на рис. 2.

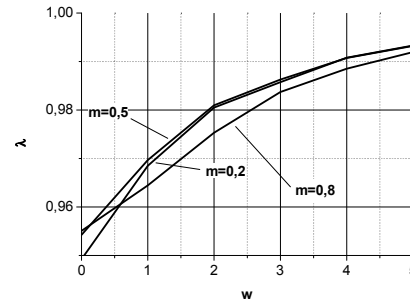


Рис. 2. Залежність коефіцієнта завадостійкості фрактального сигналу від його порядку для різних значень коефіцієнту утворення

В розрахунках приймали, що потужність ФСГС та білого шуму однакові і в сигналі присутня постійна складова.

III. Висновки

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок, що фрактальні сигнали є широкосмуговими і на їх базі можуть бути створені системи зв'язку, що здатні забезпечувати високий рівень захищеності даних від впливу зовнішніх електромагнітних завад.

IV. Список літератури

- [1] Пестряков В.Б. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. – М.: Сов. Радио. – 1973. – 244 С.
- [2] Болотов В.Н., Ткач Ю.В. Выделение фрактальных сигналов в условиях сложной электромагнитной обстановки // В.Н. Болотов, Ю.В. Ткач/ "Электромагнитные явления". – 2003. – Том 3, № 2(10). – С.211-227
- [3] Политанский Р.Л., Верига А.Д. Кодер и декодер телекоммуникационной системы с использованием фрактальных сигналов гребенчатой структуры // Политанский Р.Л., Верига А.Д./ Технология и конструирование в электронной аппаратуре. Научно-технический журнал. – 2014. – № 4. – С.13-20
- [4] Харкевич А.А. Спектры и анализ. – М.: Государственное издание физико-математической литературы. – 1962. – 235 С.

BASE AND NOISE IMMUNITY COEFFICIENT OF COMB STRUCTURE FRACTAL SIGNALS

Verygha A.D., Politansky R.L., Lesinskyj V.V.

Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

A base and noise immunity coefficient of comb structure fractal signals is estimated in theory. With growth of fractal order these parameters grow, and with growth the build up coefficient diminish.

Keywords: fractal, base of fractal, noise immunity coefficient.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

МОБІЛЬНИЙ ПРИЛАД МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛЮДИНИ

Сторова Є.В., Галькевич О.О., Желтухин О.В., Перепелицин А.Є.

Кафедра комп'ютерних систем та мереж, Національний аерокосмічний університет імені М.Є.Жуковського «ХАІ» E-mail: egorova_evgesha@mail.ru

Анотація. – Представлений прилад призначений для безперервного контролю фізіологічного стану людини, моніторингу, збереження і передачі індивідуальних даних, а також перевірка відхилення збережених даних від гомеостазу індивідуально кожної людини.

Ключові слова: прилад, моніторинг, гомеостаз.

I. Вступ

Розвиток цифрової електроніки і однокристальних рішень дозволяє вивести на новий рівень засоби діагностики та моніторингу стану людини. Зараз існує багато пристроїв, які лежать в кишені. В зв'язку з цим є багато прикладів використання портативних датчиків для нагляду за людиною.

Відомо безліч технічних рішень, що відносяться до систем тривалого моніторингу. Ці системи дозволяють діагностувати відхилення параметрів серцевої діяльності і передавати дистанційно діагноз по різним каналам зв'язку.

Метою цього дослідження є вивчене та удосконалення методів моніторингу стану людини. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити задачу створення пристрою тривалого безперервного дистанційного моніторингу фізіологічних параметрів пацієнта з допустимим довготривалим перебуванням на його тілі, з тривалим терміном його роботи без підзарядки. і виключенням можливості втрати діагностичної інформації на всіх етапах його роботи, включаючи і етап перезарядки змінного блоку основного джерела живлення. Умови використання акцентують необхідність забезпечення низького енергоспоживання пристрою.

II. Мобільний прилад моніторингу стану людини

З метою здійснення вимірювання параметрів серцево-судинної системи розроблено пристрій вимірювання, контролю та моніторингу фізіологічного стану людини. Пристрій передбачає моніторинг артеріального тиску крові і пульсу людини, вимірювання температури, рівня цукру у крові та порівняння параметрів зі станом гомеостазу, постійного або періодичного контролю пацієнта в режимі реального часу, виклик медичної допомоги у разі відхилення параметрів людини від нормальних показників.

Пристрій можна віднести до області мобільних засобів радіозв'язку, а також діагностичної системи, що дозволяє пацієнтові, контролювати стан здоров'я віддалено від лікарні та може використовуватися для вимірювання параметрів серцево-судинної системи: артеріального тиску крові і пульсу людини, порівняння значень тиску крові і пульсу людини з граничним, вимірювання температури та рівня цукру в крові та передачі даних вимірювань в медичний центр пакетному вигляді.

Протягом 24 годин проводяться вимірювання: температури тіла; частоти пульсу; тиску; рівня цукру у крові неінвазивним методом.

У разі відхилення показників від гомеостазу, видаються команди для включення пристроїв виклику допомоги або медичних працівників.

Структура пристрою складається з керуючого мікроконтролера, дисплея для моніторингу даних, системи живлення, блоку керування, запам'ятовуючого пристрою, датчика температури, датчика тиску, датчика пульсу та навігатору.

По закінченню терміну, який призначений лікарем, інформація передається йому за допомогою флеш-пам'яті або за допомогою Bluetooth.

Областю застосування є людина-спортсмен, людина з патологіями, літня людина.

III. Висновки

У результаті виконання роботи було проведено дослідження методів вимірювання серцевої роботи людини, визначення рівня цукру в крові, методи вимірювання тиску, методи вимірювання температури, методи вимірювання пульсу.

Разроблений прилад дозволяє медичному закладу, розташованому в віддаленому від пацієнта місці, контролювати стан здоров'я пацієнта.

Позитивний ефект від застосування полягає в тому, що прилад здійснює постійний або періодичний контроль пацієнта в режимі реального часу, порівняння з граничним значенням артеріального тиску (пульсу) і збереження вимірів.

IV. Список літератури

- [1] Портативний прибор для неінвазивного измерения параметров функционирования состояния пациентов (Монитор пациента) / Технический отчет по проекту В-371 МНТЦ. - М. : 2002. - 132 с.
- [2] Павлов, С. П. Охрана труда в приборостроении : учебник для вузов / С.П. Павлов, З.И. Губонина. - М. : ВШ, 1986. -215 с.
- [3] ГОСТ 21829-76 Система «человек-машина». Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования.

MOBILE DEVICE FOR HUMAN CONDITION MONITORING

Yegorova Ye.V, Halkevych O.O, Zheltukhin O.V., Perepelitsyn A.E.
Department of computer systems and networks,
National Aerospace University named after M.E.Zhukovsky "KhAI"
E-mail: egorova_evgesha@mail.ru.

In order to measure the parameters of the cardiovascular system: blood pressure and pulse rights, temperature measurement, the level of sugar in the blood and comparison with the state of homeostasis parameters, continuous or periodic monitoring of the patient in real time, call for medical help in case of deviation from the parameters of human normal values, developed measuring device, control and monitoring of the physiological state of a person.

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА СПОВІЩУВАЧІВ ПОЛУМ'Я

Докторович І.В., Годованюк В.М., Юр'єв В.Г.
ВАТ "ЦКБ Ритм" м. Чернівці

Анотація. – Актуальним при випробуваннях сповіщувачів полум'я постає питання калібрування малих рівнів оптичних сигналів - енергетичних потоків випромінювання або освітленостей. Особливо, якщо необхідно установлювати та періодично контролювати енергетичну освітленість в площині сповіщувача починаючи від 0.001 Вт/м^2 .

Ключові слова: інфрачервоне вимірювання, радіометр, діапазон.

I. Вступ

Відомі на сьогодні радіометри інфрачервоного (ІЧ) випромінювання (РАТ-2П; ИМО-2Н; ПТП-03; ИТП-11; ИТП-МГ4 «Поток») не забезпечують вимірювання малих рівнів освітленості – їхні діапазони вимірювань починаються з освітленостей $2 - 5 \text{ Вт/м}^2$.

Окрім зазначеної проблеми вимірювань існує потреба контролю зміни потоків на незначну величину - на $(0.1 - 0.15)$ децибел, або в разях - в $(1.02 - 1.04)$ рази. Тому за допомогою радіометрів ІЧ випромінювання, чутливість яких не краща за 1 Вт/м^2 , неможливо визначити зміну енергетичної освітленості з 1 до 1.04 Вт/м^2 – на таку зміну радіометр просто не зреагує.

Ще один недолік мають зазначені ІЧ-радіометри – це широкий спектральний діапазон чутливості (від 0.4 до 20 мкм), в той час як найбільш інформативним для сповіщувачів полум'я є діапазон $4 - 5 \text{ мкм}$. Потoki випромінювання за указаними межами можна віднести до фонових, які погіршують порогові характеристики радіометра.

Для забезпечення вимог щодо параметрів розроблено ІЧ-радіометр.

II. Основна частина

Як відомо випромінювання тіл в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль обумовлене температурою даного тіла. Тому в радіометрі використовується приймач на основі напівпровідникової термобатарей, який чутливий в широкому спектральному діапазоні. Оптичний потік випромінювання попадає на чорнену поверхню приймальної площадки та нагріває її. Термобатарея фіксує нагрів та видає фотосигнал у вигляді електричної напруги, пропорційної оптичному потоку. Необхідний спектральний діапазон чутливості радіометра формується інтерференційним фільтром з пропусканням в області $4 - 5 \text{ мкм}$. Для збільшення чутливості приладу та зменшення впливу випромінювання навколишніх предметів, що досягається за рахунок звуження кута поля зору, перед фотоприймачем встановлено лінзу виготовлену з фтористого кальцію (CaF_2).

Оскільки в радіометрі в якості фотоприймача використовується тепловий фотоприймач, то при вимірюваннях потік випромінювання визначається різницею температур джерела випромінювання та середовища, в якому перебуває приймач. Це обумовлює жорсткі вимоги щодо підтримання постійної температури приміщення та радіометричної головки на протязі часу проведення вимірювань.

Структурна схема радіометра приведена на рисунку 1.



Рис. 1 – Структурна схема радіометра ІЧ діапазона: 1 - головка радіометрична (РГ); 2 - передпідсилювач (ПП); 3 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 4 - рідкокристалічний індикатор (РКІ);

Світловий потік від джерела випромінювання попадає на фоточутливий елемент радіометричної головки (1), генерує фотосигнал, який підсилюється ПП(2). АЦП (3) перетворює напругу в цифровий код, який виводиться на індикатор (4). За допомогою перемикача піддіапазонів вимірювання встановлюється необхідний діапазон чутливості радіометра $0-2$ або $0-20 \text{ Вт/м}^2$.

Радіометр складається з електронного блоку та радіометричної головки.

Для зручності вимикач живлення *СЕТЬ*, запобіжник 0.25А , шнур для під'єднання радіометра до мережі 220В , клемма заземлення, роз'єм для під'єднання радіометричної головки *ИЗМ.ГОЛОВКА* та роз'єм аналогового виходу після передпідсилювача *ВЫХОД* для підключення зовнішнього цифрового вольтметра, або іншого пристрою при відносних вимірюваннях розміщені на задній панелі електронного блоку радіометра, а на передній панелі радіометра розміщені тільки цифрове табло, перемикач піддіапазонів вимірювання *ДИАПАЗОН* і ручка установки нуля *УСТ.0*.

III. Висновки

Проведено дослідження метрологічних характеристик ІЧ-радіометра в робочому спектральному діапазоні від 4 до 5 мкм та діапазоні зміни енергетичних освітленостей від 0.001 до 20 Вт/м^2 . Отримано відносну похибку вимірювань освітленості, що не виходить за межі $\pm 6\%$.

IV. Список літератури

- [1] www.tenzor.org.ua.
- [2] Измеритель средней мощности и энергии лазерного излучения ИМО-2Н. Паспорт, Волгоград, 1986.
- [3] www.omsketalon.ru/
- [4] www.geosystem.kz
- [5] Ж.Госсопг, Инфракрасная термография, Основы, техника, применение, М., «Мир», 1988, с.64.
- [6] Бутенко В.К., Годованюк В.М., Докторович І.В., Юр'єв В.Г., Установка для вимірювання динамічного діапазону фотоприймачів Науковий вісник Чернівецького університету, Випуск 112, 2001, Фізика. Електроніка
- [7] І.В.Докторович, В.К.Бутенко, В.Н.Годованюк, В.Г.Юр'єв Методика определения динамического диапазона полупроводниковых фотоприёмников, ТКЭА №6, 2002.

METROLOGY PROVIDING OF PRODUCTION ANNUNCIATORS OF FLAME

Dokorovych I.V., Godovaniuk V.M., Yuriev V.G.
Rhythm optoelectronics, Inc, Chernivtsi, Ukraine.

At the tests of annunciators of flame the question of calibration of small levels of visual signals appears actual - power streams of radiation or illumination. Especially, if it is necessary to set and periodically control power luminosity inplane annunciator, beginning from 0.001 W/м^2 .

ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ ПРИДУШЕННЯ ХИБНИХ ЦІЛЕЙ БІЧНИМИ ПЕЛЮСТКАМИ В ЛІТАКОВИХ ВІДПОВІДАЧАХ

Яновицький О.К.

Кафедра радіоелектронних апаратів та телекомунікацій, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна, E-mail: a_k_yan@ukr.net

Анотація. – У статті розглядається метод підвищення ефективності придушення запиту бічними пелюстками систем управління повітряним рухом, який полягає у використанні двоступеневого рівня придушення. Описуються два пристрої придушення, приведені їх порівняльні характеристики стабільності рівня придушення. Проведений аналіз однієї з основних характеристик літакових відповідачів – придушення помилкового запиту від бічних пелюсток, показані шляхи його поліпшення.

Ключові слова: бічні пелюстки, двох ступеневий рівень придушення.

I. Вступ

В даний час у зв'язку із зростаючою щільністю руху апаратів, що літають, а також застосуванням автоматизованих систем управління повітряним рухом стає вельми актуальним питання зниження вірогідності помилкового запиту відповідачів управління повітряним рухом (УПР).

У сучасних системах УПР придушення помилкового запиту здійснюється завдяки спільній роботі як наземних, так і бортових пристроїв [1].

II. Основна частина

Відомо, що діаграма спрямованості антени РЛС в горизонтальній площині має бічні пелюстки [2]. Не дивлячись на те, що бічні пелюстки мають меншу потужність випромінювання, проте, бортова система може приймати сигнал і від бічних пелюсток. Як результат – видавати сигнал-відповідь. Така поведінка систем створює складнощі в ідентифікації робочої ситуації на екрані РЛС.

Для придушення запиту від бічних пелюсток використовується відмінність енергетичних рівнів випромінювання головного і бічних пелюсток наземних РЛС [1].

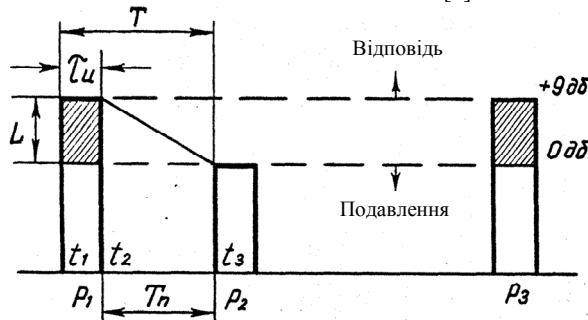


Рис. 1. Принцип передачі триімпульсного сигналу

До двох імпульсів запитальної коди P_1 і P_3 (див. рис. 1) випромінюваних направленою антеною, додається третій імпульс P_2 (імпульс придушення), що випромінюється окремою всебічно направленою антеною (антеною придушення). Таким чином, в просторі виникає наступна ситуація. Якщо літальний об'єкт знаходиться в напрямі на головну пелюстку, тоді третій імпульс P_2 значно менший, що указує на нормальну умову. При отриманні сигналу від бічної пелюстки, рівні сигналів P_1 , P_3 порівнянні з P_2 , а отже сигнал є помилковим і підлягає ігноруванню.

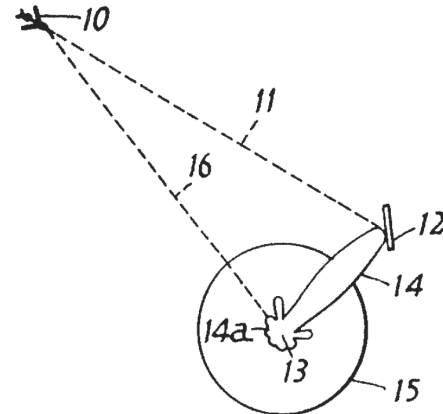


Рис. 2. Принцип взаємодії з триімпульсною системою в умовах відбитого сигналу.

Умовні позначення на малюнку відповідають патенту [0]: 10 - літак, 11 - відбитий шлях, 12 - відзеркалювальна поверхня, 13 - направлена наземна станція, 14 - діаграма спрямованості, 15 - рівнонаправленна діаграма контрольнього випромінювання, 16 - прямий шлях

Враховуючи вимоги державного стандарту до параметрів придушення систем УПР, а також зважаючи на лінійність логарифмічної характеристики приймального тракту відповідача, нестабільність рівня придушення ΔL від зміни тимчасових інтервалів вхідних сигналів рівна:

$$\Delta L = L_n \cdot K, \quad (1)$$

де K – відносний коефіцієнт розлагодження тимчасових інтервалів:

$$K = \frac{t_2 - t_1}{t_2};$$

t_1 , t_2 – граничні значення тимчасових інтервалів: $t_1 = 0,95$, $t_2 = 1,45$ (див. рис. 3); L_n – заданий рівень придушення 9 дБ, тоді $\Delta L = 3,1$ дБ.

Таким чином, рівень сигналу придушення, з урахуванням дестабілізуючих чинників, необхідно збільшувати на 3,1 дБ, при цьому не враховувався нелінійний характер рівня придушення.

III. Висновки

Триімпульсна система, не дивлячись на те, що розроблена і використовується давно, продовжує залишатися однією з актуальних систем, яка дозволяє вирішити задачу визначення помилкових сигналів радарних запитів в реальному масштабі часу.

Запропонований цифровий спосіб реалізації пристрою триімпульсного придушення бокових пелюсток значно покращує технічні характеристики радіолокаційних систем ближньої навігації збільшення дальності дії на 20% відносно аналогових систем, збільшення ймовірності вірного прийому сигналів в реальному часі.

IV. Список літератури

IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

- [1] Пат. 3643256 United States Patent МПК G 01 S 9/56. Secondary radar system / Phillip Collinson Owen, England. – Feb. 15, 1972.
 [2] Лавров А. С., Резников Г. Б. Антенно-фидерные устройства. – М.: Советское радио, 1974. – 368 с.

IMPROVING PERFORMANCE THREE IMPULS SUPPRESSION SYSTEM DECOYS SIDELOBES IN AIRCRAFT DEFENDANT

Yanovitskii O.K.

Department of radio electronic devices and telecommunications,
 Khmelnytsky National University,
 Khmelnytsky, Ukraine, E-mail: a_k_yan@ukr.net

In the article the method of increasing the efficiency of suppression request sidelobes air traffic management systems,

which is to use a two-stage level of suppression. We describe two devices suppression, given their comparative performance stability level of suppression. The analysis of one of the main characteristics of the aircraft defendants - the suppression of failed requests from side lobes are shown ways to improve it.

Three impuls system, despite the fact that developed and used long ago, continues to be one of the current systems, which can solve the problem of determining false radar signals queries in real time.

The suggested way to implement digital device side lobe suppression three impuls significantly improves the specifications radar systems blyzh-stage of practical navigation increase the range of 20% compared to analog systems, increasing the probability of correct reception of signals in real time.

ПРИСТРОЇ ТА МЕТОДИ ОБСТЕЖЕНЬ ЗАХОВАНИХ КОМУНІКАЦІЙ

Джала Р. М., Вербенець Б. Я., Мельник М. І., Семенюк О. М.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів, Україна, E-mail: dzhala@ipm.lviv.ua

Обстеження і контроль технічного стану захищених комунікацій (кабелів, трубопроводів) необхідні для запобігання їх пошкоджень, оцінки можливостей і ресурсу безаварійної експлуатації, обґрунтованого планування ремонтно-будівельних робіт на трасах.

Метою роботи є огляд і аналіз завдань і методів обстежень захищених (підземних чи під покривами) струмопровідних комунікацій та можливостей застосування розроблених у ФМІ НАН України пристроїв залежно від їх призначення.

Першочергово під час обстежень захищених комунікацій необхідно визначати місце і глибину їх залягання. Для **безконтактного** пошуку струмопровідних комунікацій застосовують трасошукачі (типу ОРТ) [1], більшість яких складається з первинного перетворювача (індуктивного сприймача) магнітного поля, підсилювача, фільтра та аналогового (звукового, стрілкового чи іншого) індикатора. Використовують просторові характеристики розподілу (максимуми і мінімуми) компонент магнітного поля струму, що протікає вздовж по комунікації. Можуть бути струми технологічні (електрозв'язку, електрохімічного захисту, телеавтоматики) чи блукаючі (від електро-радіотехнічних установок, геоатмосферних явищ) з певними частотними і амплітудними характеристиками. На відміну від таких „пасивних” методів (з якими є певні труднощі у місцях високого рівня завад та близько розміщених комунікацій) застосовують „активні” методи зі збудженням в обстежуваній комунікації тестувального струму заданої частоти. Для виявлення місця підземних трубопроводів за спричиненими ними аномаліями геомагнітного поля можливі застосування магнітометрів. Іноді застосовують металошукачі. Проте такі засоби недостатньо ефективні і для обстежень комунікацій їх практично не використовують.

Глибину залягання струмопроводу визначають шляхом переміщення магнітосприймача (типу ОРТ) або вимірюють опосередковано пристроями, що мають не менше двох магнітосприймачів на жорсткій фіксованій базі (БІТ, МІП, БВС) [1, 2]. При цьому використовують паралаксий або градієнтний метод.

Контроль стану **ізоляції** і електрохімічного захисту від корозії підземних трубопроводів традиційно проводять контактними електрометричними методами. Вимірюють різницю потенціалів метал-земля або між точками на поверхні землі над трасою та збоку від неї. Проводять аналогічні вимірювання змінних напруг. Недоліком контактних методів є практичні труднощі забезпечення достатньої кількості надійних контактів вимірювача з об'єктом контролю і середовищем (грунтом) та велика трудоемність і недостатня інформативність.

Названі недоліки усуваються з використанням методу **безконтактних вимірювань** струмів (БВС), що суттєво підвищує оперативність обстежень підземних комунікацій, дає змогу виявляти місця незадовільної ізоляції трубопроводів. У комплексі з контактною електрометрією БВС вперше забезпечує можливість визначати розподіли густини постійного складника **густини струму** катодного захисту, **перехідного опору** труба-земля і його складників (питомого опору ізоляційного покриття та **поляризаційного опору**) на різних ділянках комунікацій [3, 4].

Література

- [1] Джала Р.М. Електромагнітні обстеження і контроль корозії трубопроводів // Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. посібник / Під загальною ред. В.В.Панасюка.– Т.5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / Під ред. З.Т.Назарчука. – Львів: ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАН України. – 2001. – Розд. 5. – С. 263-330.
 [2] Пристрої діагностичних обстежень підземних трубопроводів / Р.М. Джала, Б.Я. Вербенець, М.І. Мельник. // III міжнар. н.-п. конференція “Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки”. – Чернівці, 2013. – С. 67.
 [3] Determination of parameters of corrosion protection of underground pipelines from noncontact measurements of current / Dzhala R.M., Verbenets' B.Ya., Mel'myk M.I., Shevchuk T.I. // Materials Science: Volume 45, Issue 3 (2009), Page 441-446.
 [4] Контроль протикорозійного захисту магістральних трубопроводів за безконтактними вимірами струму в умовах завад / Р. Джала, Б. Вербенець, М. Мельник, Р. Савула, О. Семенюк // Фіз.-хім. механіка матеріалів. Спец. вип. № 10. 2014. Т.2. – С. 539-544.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
 23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ БЛИЖНЬОГО ПОЛЯ РЕШІТКИ ВИПРОМІНЮВАЧІВ

Туровський А. О.

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна, e-mail: toljatur@i.ua

Анотація. – Запропоновано конструкцію 5-елементного випромінювача на основі лінійної вібраторно-хвильової решітки для використання у складі пристрою опромінення діелектричних матеріалів електромагнітним полем частотою 2,45 ГГц, розраховано основні параметри для досягнення високої рівномірності розподілу поля перед випромінювачем. Показано вплив відстані між вібраторами і поверхнею хвильовода на ширину діаграми розподілу поля, визначено оптимальне розташування зони для розміщення діелектричного матеріалу, що підлягає опроміненню. Для конструкції з оптимізованими параметрами виконано оцінку поляризаційної та амплітудної однорідності поля.

Ключові слова: вібратор, ближнє поле, випромінювач, надвисокої частоти.

I. Вступ

Робота присвячена дослідженню лінійної решітки випромінювачів для використання у складі мікрохвильового пристрою, описаного у [1], для опромінення сипучих матеріалів електромагнітним полем надвисокої частоти. Згідно вимог до пристрою вісь випромінювальної структури повинна бути паралельною до циліндричної камери, в якій відбувається опромінення сировини, а вектор поляризації поля має бути повернутим до осі камери на кут 45° . Крім цього випромінювач повинен забезпечувати високу рівномірність напруженості електричного поля в об'ємі оброблюваного матеріалу і низький рівень втрат енергії внаслідок відбивання.

Мета роботи полягає у дослідженні приведеної решітки випромінювачів і розрахунку оптимальних її параметрів для забезпечення поставлених вимог.

II. Основна частина

Для вирішення завдання запропоновано використання випромінювача хвильоводно-вібраторного типу (рис. 1) [2]. Основу конструкції складає прямокутний хвильовід 4, який з одного кінця закритий рухомих короткозамикаючим поршнем 5. Елементи випромінювання енергії утворені вібраторними секціями, розташованими в центрі широкої стінки вздовж хвильовода. Кожна секція складається з відрізка коаксимальної лінії, що з однієї сторони закінчується штирем 3, а з іншої, через щільний симетризуючий пристрій 2, живить плечі півхвильового вібратора 1. Відбір енергії від хвильовода виконується штирем, що є продовженням центрального провідника коаксимальної лінії. Забезпечення повернутої відносно осі хвильовода площини поляризації поля здійснено завдяки повернутому положенню кожного вібратора на кут 45° до осі хвильовода.

Робоча частота пристрою становить 2,45 ГГц (довжина хвилі у вакуумі $\lambda_0 \approx 122$ мм), відповідно, обрано тип хвильовода WR-340.

Дослідження виконувалось у два етапи. Спочатку, задаючись необхідним розподілом поля у просторі перед пристроєм, визначались відповідні параметри плечей вібраторів, розміри симетруючої щілини, коаксимального відрізка та необхідне співвідношення амплітуд збудження кожного елемента. Досягалось максимальне узгодження коаксимальної лінії з вібраторами, після чого вібратори розглядалися окремо від хвильовода вважаючи їх повністю узгодженими із

хвильоводом. На другому етапі розраховувались відповідні розміри і положення кожного штиря вздовж хвильовода, що забезпечать задані значення амплітуд і фаз збудження вібраторів.

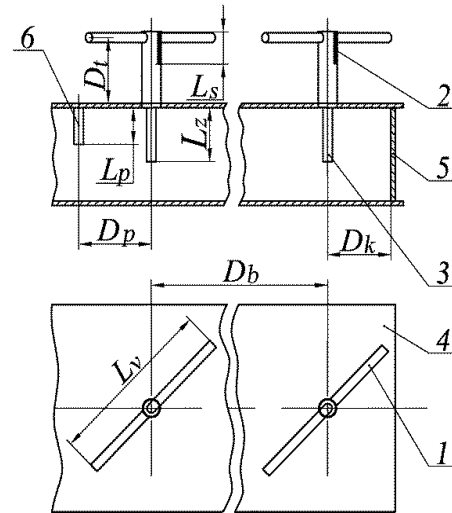


Рис. 1. Ескіз вібраторного випромінювача

Дослідження виконувалось у середовищі моделювання Ansys HFSS 15.

Для забезпечення високої однорідності поля поблизу випромінювача всі елементи повинні жититися синфазно, а амплітуди збудження кожної секції підбираються для забезпечення максимальної однорідності напруженості електромагнітного поля. Мінімальна відстань D_b між сусідніми елементами, за якої можна зберегти синфазність поля випромінювання вібраторів, становить приблизно $\lambda_g/2$, де λ_g — довжина хвилі у хвильоводі. При цьому сусідні вібратори були взаємно розвернуті на 180° .

Характер розподілу напруженості поля перед вібраторами вздовж хвильовода залежить основним чином від їх кількості, відстані між ними та амплітуд і фаз збудження. У поперечному напрямі напруженість поля визначається здебільшого параметрами вібраторів та відстані розташування їх над хвильоводом D . За резонансної довжини вібратора і відстані D , приблизно рівній половині довжини хвилі ширина діаграми розподілу електромагнітного поля розширюється, при чверті довжини хвилі — звужується.

Розглядався випромінювач, що складається із п'яти вібраторних елементів (секцій).

В результаті дослідження було визначено, що для забезпечення прийнятної рівня однорідності напруженості поля у площині над хвильоводом амплітуди збудження кожного елемента, починаючи від входу, повинні співвідноситись як 4:10:8:10:7 відповідно при однакових значеннях фази.

Узгодження хвильоводної решітки з генератором забезпечено встановленням на відстані D_p перед першим штирем в центрі широкої стінки реактивного вібратора довжиною L_p .

III. Результати

Проведеними дослідженнями було встановлено, що оптимальна відстань від площини вібраторів до камери обробки залежить від відстані D_i між вібраторами і хвилеводом, і найбільшої однорідності поля можна досягти при значенні $D_i \approx \lambda_0/4$. При розміщенні вібраторів над хвилеводом на відстані $L_i \approx \lambda_0/2$ рівень паразитної нормальної (до площини хвилеводу) складової поляризації поля практично не змінюється з відстанню і становить від $-3,5$ до -4 дБ. У випадку $D_i \approx \lambda_0/4$ рівень кросполяризації зменшується з віддаленням від вібраторів і при відстані 50 — 150 мм складає відповідно від $-5,5$ дБ до -7 дБ.

Визначено оптимальні параметри, які забезпечують узгодження кожного вібратора при заданих вимогах до однорідності поля — довжина усіх вібраторів L_v становила 58 мм, довжина симетруючих щілин $L_s = 23$ мм.

На другому етапі дослідження визначено, що оптимальні довжини штирів L_z повинні становити (починаючи від входу) 13,3 мм, 16 мм, 17,8 мм, 17,6 мм, 17,3 мм відповідно. Відстань між усіма штирями D_b становила відповідно 92 мм, 79 мм, 88 мм, 87 мм. Хвильовий опір коаксialних відрізків, що живить вібратори, складав 50 Ом. Відстань D_i від вібраторів до хвилеводу — 30 мм. Відстань D_p від реактивного вібратора до першого штиря складає 25 мм, а його довжина $L_p = 23$ мм, короткозамикаючий поршень знаходиться на відстані $D_k = 38$ мм від центра останньої випромінювальної секції.

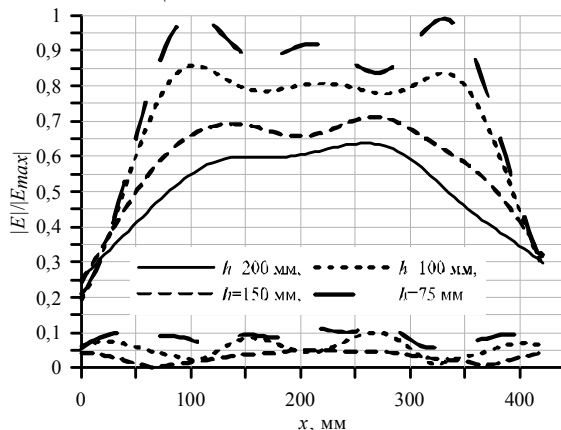


Рис. 2. Нормований розподіл модуля напруженості електричного поля

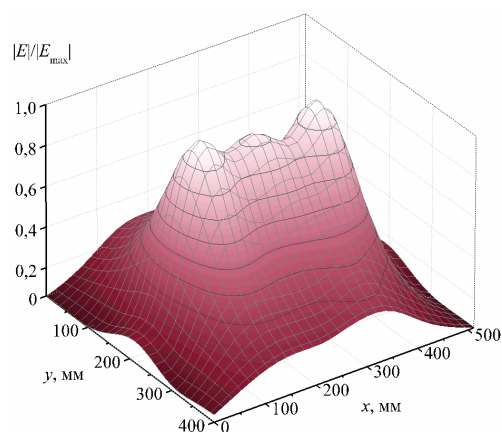


Рис. 3. Нормована залежність модуля електричного поля на відстані $h = 100$ мм

Нормована картина розподілу модуля напруженості електричного поля у площині, паралельній до широкої стінки хвилеводу у площині $h = 100$ мм, приведена на рис. 3.

Вісь x орієнтована паралельно хвилеводу, y — перпендикулярна.

IV. Список літератури

- [1] Патент України 65629 H05B 6/64. Мікрохвильовий пристрій для передпосівної обробки насіння, сушіння зерна та інших сипучих матеріалів / Сидорук Ю.К.; заяв. 20.05.2011, опубл. 12.12.2011, Бюл.№ 23, 2011 р.
- [2] Жук М. С. Проектирование антенно-фидерных устройств // М. С. Жук, Ю. Б. Молочков. — М.—Л.: «Энергия», 1966. — 648 с.

AN INVESTIGATION OF THE NEAR-FIELD PATTERN OF IRRADIATOR ARRAY

Turovskiy A.O.

Design and production of radio system Department,

*National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
email: toljatyr@i.ua, Kyiv, Ukraine*

The research is devoted to the study of linear radiating grating as a part of a device for microwave treatment of bulk materials. According to the problem the radiating structure must be parallel to the cylindrical chamber in which the exposure of raw materials is provided, and the field polarization vector should be inclined relatively to the axis of the chamber at the angle of 45° . Applicator also must ensure a high uniformity of the field in the volume of processing material. The research was carried out by means of Ansys HFSS 15. The five-dipole elements applicator was considered. In order to ensure a high homogeneity of the radiator's near field all the elements are fed in phase and excitation amplitudes of each section for maximum uniformity of electromagnetic field correlated as 4: 10: 8: 10: 7. The minimum distance between adjacent elements was approximately $\lambda_g/2$, and the adjacent dipoles were mutually rotated by 180° . The highest field homogeneity was achieved when the dipoles located of at a distance $\lambda_0/4$ over the waveguide. When dipoles being placed over the waveguide at a distance $\lambda_0/2$ the parasitic component of the field polarization practically didn't depend on the distance and ranged from -3.5 to -4 dB; for a distance $\lambda_0/4$ the level of crosspolarization decreased, and at a distance of 50 - 150 mm ranged from -5.5 dB to -7 dB. Besides the optimal parameters of each dipole being matched for given requirements for field homogeneity are provided. To ensure a given distribution of the vibrators excitation the pins lengths should be equal to 13.3 mm, 16 mm, 17.8 mm, 17.6 mm and 17.3 mm respectively. Thus, it was ensured the standing wave ratio in all the coaxial segments less than 1.05, and for the whole waveguide less than 1.1. It is shown that optimal in terms of better homogeneity of the field strength is the processed material location at the area at a distance 100 - 150 mm above the vibrators.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

**СЕКЦІЯ 2.
ДЕТЕРМІНОВАНИЙ ХАОС В СИСТЕМАХ
ЗВ'ЯЗКУ**

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

АЛГОРИТМ ШИФРУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДВОМІРНОГО СТАНДАРТНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ

Політанський Л.Ф., Круліковський О.В., Скрипник Ю.А.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: oleh.k@mail.ru

Анотація. – В даній роботі представлено новий алгоритм шифрування/дешифрування зображень на основі двомірного стандартного відображення.

Ключові слова: – зображення, алгоритм, шифрування, відображення, хаос, перестановка, дифузія.

I. Вступ

Володіючи бажаними властивостями ергодичності та високої чутливості до початкових умов та параметрів, хаотичні відображення є відмінними кандидатами для створення різних алгоритмів шифрування/дешифрування інформації. Особливо легко хаотичні відображення реалізуються мікропроцесорами та персональними комп'ютерами. Тому хаотичні криптосистеми в загальному характеризуються високою швидкістю при малих часових затратах [1]. В основу алгоритму покладено два кроки: перший крок – це перестановка пікселів за допомогою дискретизованого двомірного відображення, другий крок – це зміна складових кольору пікселів.

II. Алгоритм шифрування

Алгоритм шифрування побудований на основі двомірного хаотичного відображення та складається з двох етапів: перестановки пікселів зображення та зміни складових кольорів пікселів. Перестановка здійснюється за допомогою двомірного дискретизованого стандартного відображення (1), зворотня перестановка (2). Зміна кольорів відбувається за допомогою довільної нелінійної функції (таблиці підстановок) (3).

$$\begin{cases} x_{i+1} = (x_i + y_i) \bmod N \\ y_{i+1} = \left(y_i + K \sin \frac{2\pi x_{i-1}}{N}\right) \bmod N \end{cases} \quad (1),$$

$$\begin{cases} x_{i+1} = \left(x_i - y_i + K \sin \frac{2\pi x_i}{N}\right) \bmod N \\ y_{i+1} = \left(y_i - K \sin \frac{2\pi x_i}{N}\right) \bmod N \end{cases} \quad (2),$$

де x_i та y_i - координати i -го пікселя, K - додатне число, що являється параметром контролю перестановки і відповідно ключем.

$$\begin{cases} v_k^* = v_k + G(v_{k-1}^*) \bmod L \\ v_{-1} = Z \end{cases} \quad (3),$$

де v_k - рівень складової кольору пікселів в діапазоні від 0 до 255, Z - початкове значення складової кольору, L - константа та n - кількість ітерацій.

Структурна схема алгоритму шифрування приведена на рис. 1. В процесі шифрування здійснюються наступні кроки:

1. Береться зображення розміром $a \times b$ та визначається загальна кількість пікселів N рис.2.
2. Вводимо ключову послідовність з якої генеруємо початкові умови для перестановки пікселів.
3. Генеруємо таблицю заміни для дифузії складових кольору пікселів
4. Переміщуємо перший піксель в довільне положення і визначаємо його нові координати r_x та r_y , які далі

будуть слугувати додатковими параметрами для стандартного відображення, що прийме наступний вигляд:

$$\begin{cases} x_{i+1} = (x_i + y_i + r_x + r_y) \bmod N \\ y_{i+1} = \left(y_i + r_y + K \sin \frac{2\pi x_{i-1}}{N}\right) \bmod N \end{cases} \quad (4)$$

5. Здійснюємо перестановку пікселів за допомогою двомірного стандартного відображення рис.4.
6. За допомогою таблиці підстановок змінюємо компоненти кольору пікселів.
7. Отримуємо зашифроване зображення рис.6.

Даний алгоритм є симетричним, тому процес дешифрування є зворотнім по відношенню до процесу шифрування з використанням тих самих умов та параметрів, що і в процесі шифрування.

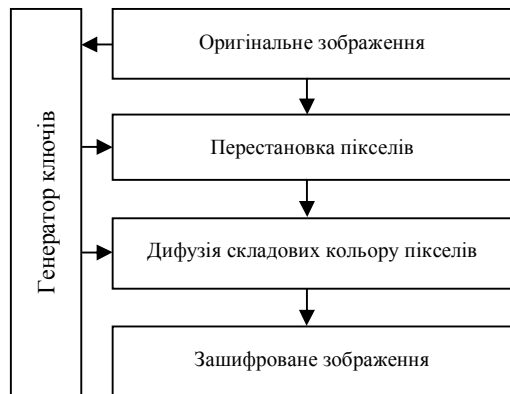


Рис. 1. Структурна схема алгоритму шифрування

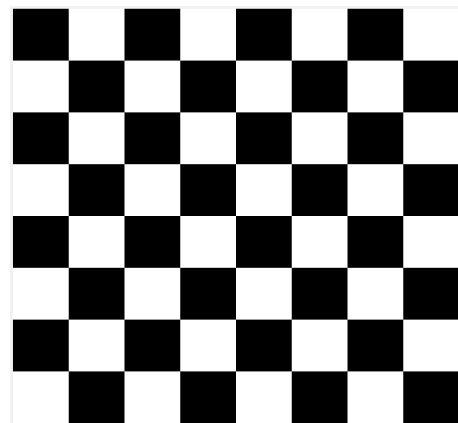


Рис. 2. Оригінальне зображення розміром $a \times b$

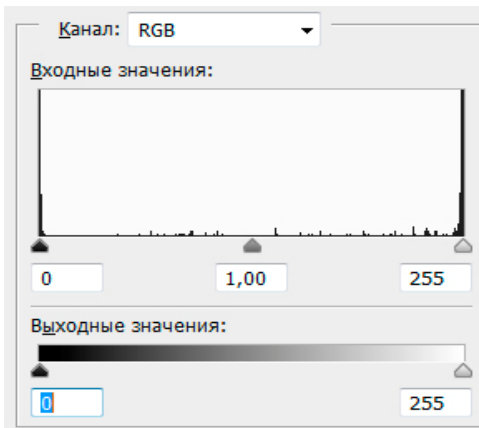


Рис. 3. Гістограма оригінального зображення

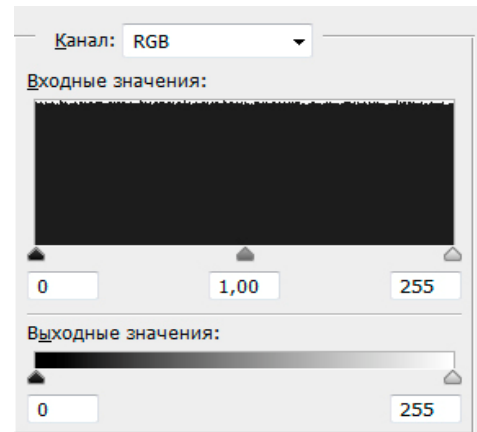


Рис. 7. Гістограма зашифрованого зображення

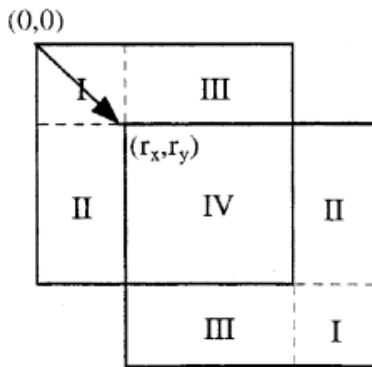


Рис. 4. Переміщення першого пікселя в довільне положення

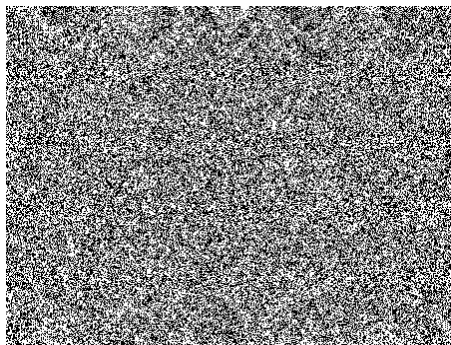


Рис. 5. Зображення після кроку перестановки



Рис. 6. Зашифроване зображення

III. Висновки

Алгоритм шифрування зображення забезпечує високий рівень захищеності та надійності, що досягається за рахунок використання двомірної динамічної системи внаслідок того, що система володіє високою чутливістю до початкових умов та параметрів. Алгоритм також є чутливим до вхідного зображення і є швидким та може бути легко реалізований програмно.

IV. Список літератури

- [1] Fridrich, J. Symmetric ciphers based on two-dimensional chaotic maps // International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 8, No. 6 Pp 1259-1284, (1998).
- [2] Shiguo Lian, Jinsheng Sun, Zhiquan Wang A block cipher based on a suitable use of the chaotic standard map // Chaos, Solitons and Fractals 26 (2005) 117-129.
- [3] Chong Fu, Jun-jie Chen, Hao Zou, Wei-hong Meng, Yong-feng Zhan, and Ya-wen Yu A chaos-based digital image encryption scheme with an improved diffusion strategy // OPTICS EXPRESS 2363, 30 January 2012/ Vol. 20, No. 3.

ENCRYPTION ALGORITHM BASED ON TWO-DIMENSIONAL STANDART MAP

Politanskyi L.F., Krulikovskiy O.V., Skrypnyk Yu.A.

Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The article is dedicated to a new algorithm of encryption / decryption images based on two-dimensional chaotic standart map. Algorithm is based on two steps: the first step is the chaotic permutation of pixels, the second step is the diffusion of a components of pixels color.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ НЕРІВНОМІРНОСТЕЙ ДЕЯКИХ ГЕНЕРАТОРІВ ХАОСУ

Голевич О.Б.

Кафедра радіоелектронних апаратів і телекомунікацій, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна, E-mail: oleg_plus@mail.ru

Анотація. – у статті приведені основні результати спектральних характеристик генераторів хаосу, показано, що оцінка параметрів генератора хаосу через аналіз спектральних нерівномірностей є більш інформативним, ніж аналіз біфуркаційних діаграм.

Ключові слова: – хаос, генератор, спектральна нерівномірність, UWB.

I. Вступ

Розвиток телекомунікаційних систем нового покоління заснований на використанні широкосмугових хаотичних сигналів з великою інформаційною ємністю і хорошими кореляційними властивостями, що забезпечують збільшення швидкості передачі інформації та підвищення стійкості роботи систем при наявності збуджуючих факторів[1].

II. Обґрунтування досліджень та результати

Відомо, що генератори хаосу можуть реалізувати ряд сигналів різноманітних форм та законів розподілу випадкової величини в залежності від значень вхідних параметрів.

Проте, хаотичні сигнали при різних значеннях вхідних параметрів можуть бути як вузькосмуговими так і широкосмуговими. Використання технологій UWB у телекомунікаціях вимагає застосування надширокосмугових сигналів із мінімальною нерівномірністю спектру. Отже, існує потреба у виділенні множини значень вхідних та початкових параметрів різноманітних генераторів хаосу під час застосування яких генерується надширокосмуговий хаотичний сигнал, властивості якого максимально наближаються до властивостей шумових сигналів. Використання надширокосмуговості із великим рівнем спектральної рівномірності забезпечує максимізацію пропускну здатності каналу зв'язку, організацію множинного доступу, криптографічну стійкість, прихованість дії, каналне кодування, тощо. Слід також зазначити що подібні функції можуть бути реалізовані одночасно в рамках однієї комплексної процедури обробки, що значно спрощує кількість технічних засобів.

Зазвичай для аналізу генераторів хаосу використовується біфуркаційна діаграма. Після побудови традиційної біфуркаційної діаграми [3] часова форма сигналу та властивості спектру можуть бути тільки грубо оцінені, наприклад, визначені характерні зони шумоподібних та квазидетермінованих коливань. Тому, для генераторів хаотичних сигналів UWB систем більш доцільно розглядати багатопараметричну залежність ширини спектру та нерівномірності спектру Δ у вигляді діаграм, подібних до біфуркаційних. Подібні результати також можливо отримати через кореляційний аналіз, або статистичний аналіз. Останні два способи вимагають надмірної кількості обчислень, тому, для відображення зон параметрів генераторів хаосу, що створюють хаотичні сигнали максимальної широкосмуговості та мінімальної нерівномірності розраховано, проаналізовано та порівняно декілька генераторів хаосу (рис. 1).

Результати представлено у вигляді об'ємних поверхонь графіків спектральних нерівномірностей. Паралельно із розрахунками спектральних нерівномірностей проводились обчислення щодо визначення енергії та потужності шумоподібного сигналу різних генераторів.

Із приведених графіків спектральних нерівномірностей можливо помітити, що вони не тільки відтворюють класичні двопараметричні біфуркаційні діаграми, але й доповнюють їх введенням інтегрального показника спектральної нерівномірності.

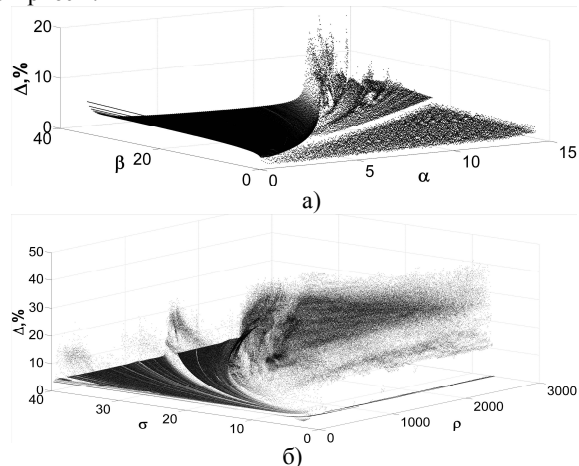


Рис. 1. Спектральні нерівномірності генераторів хаосу: Чуа – а), Лоренца – б)

III. Висновки

Використання широкосмугових хаотичних сигналів з мінімальною спектральною нерівномірністю дозволяє боротися з впливом багатопроменевого поширення, послабити вплив багатьох видів завад і забезпечити високу прихованість дії та електромагнітну сумісність з іншими радіоелектронними засобами. Режим реалізації таких сигналів також означає, що при мінімальному відхиленні значень вхідних параметрів, реалізований сигнал залишиться широкосмуговим, що унеможливить втрату потенційних переваг, властивих подібним сигналам.

IV. Список літератури

- [1] Кислов В. Я., Колесов В. В., Беляев Р. В. Применение хаотических сигналов в информационных технологиях / В. Я. Кислов // Журн. Радиотехника и электроника – 2009, – №1-2. – С. 23-32.
- [2] Голевич О.Б., Пивовар О.С., Використання хаотичних сигналів у багатоканальних надширокосмугових системах зв'язку. // ВОТТН.-2013. – №3. – С.180.
- [3] Мацумото Т. Хаос в электронных схемах. // ТИИЭР. – Т.75.-1987. – №8. – С.76.

INVESTIGATION OF SPECTRAL IRREGULARITY OF SOME CHAOS GENERATORS

Golevych O.B.

Department of the Radio Electronic Devices and Telecommunications, Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine.

The results of the chaos generators spectral characteristics are shown in the article. The evaluation of chaos generators characteristics through the analysis of spectral irregularities is more informative than the analysis of bifurcation diagrams. It is most expedient to use the values of the input parameters of chaos generators which realize wideband signals with low spectral irregularity. The usage of such signals also means that with minimal deviation of the input parameters values the realized signal will remain wideband. This will prevent the loss of potential benefits inherent in such signals.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ХАОСА

Карпухин А.В.¹, Грицив Д.И.², Ткаченко А.А.³

¹Кафедра прикладной математики, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина, E-mail: kav-102@yandex.ru

³Кафедра информационных технологий в энергетических системах, Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина

³ПАО «Укртелеком», Харьков, Украина

Анотація. – Запропоновано методологію дослідження високошвидкісних комп'ютерних мереж із протоколом TCP, проведене математичне моделювання режимів роботи таких мереж при різних параметрах. Було показано, що в таких мережах можлива поява небажаних хаотичних явищ, які приводять до значного зменшення пропускної здатності мережі внаслідок виникнення т.зв. заторів (congestions). Зазначені явища є наслідком складного поведіння самого протоколу TCP. Методологія заснована на класичних підходах теорії нелінійних динамічних систем і використовує якісний аналіз поведінки систем на фазовій площині, а також обчислення показника Ляпунова, що є єдиним надійним показником наявності (або відсутності) хаотичних режимів у досліджуваній нелінійній динамічній системі. Для моделювання використалися симулятор ns-3, а також пакт аналізу часових рядів TISEAN.

Ключові слова: мережа, TCP, хаос, динамічна система, показник Ляпунова

I. Вступ

В работах [1,2] авторами була предложена методология исследования высокоскоростных компьютерных сетей с протоколом TCP, проведено математическое моделирование режимов работы таких сетей при различных параметрах. Было показано, что в таких сетях возможно появление нежелательных хаотических явлений, которые приводят к значительному уменьшению пропускной способности сети вследствие возникновения т.н. заторов (congestions). Указанные явления являются следствием сложного поведения самого протокола TCP. Методология основана на классических подходах теории нелинейных динамических систем и использует качественный анализ поведения систем на фазовой плоскости, а также вычисление показателя Ляпунова, являющегося единственным надежным показателем наличия (или отсутствия) хаотических режимов в исследуемой нелинейной динамической системе.

II. Алгоритм поиска узкого места в автономной системе

В автономной системе администратор имеет возможность управлять параметрами сети, влияющими на характер режима ее работы, и, таким образом, либо исключить возможность появления хаотических режимов либо свести к минимуму негативные последствия их возникновения.

Моделирование перегрузки. Для изучения процессов, происходящих в компьютерной сети, состояние перегрузки моделировалось с помощью дискретно-временного симулятора с открытым исходным кодом NS-3. Симулятор представляет исследователю набор классов, используя которые можно смоделировать широкий спектр протоколов и процессов, происходящих в компьютерных сетях. Также симулятор позволяет моделировать процессы в реальном времени и интегрировать его с испытательным стендом, делать испытательный стенд частью моделируемой сети и т. д.

В используемой модели сети предусматривалась возможность варьирования различных параметров: скорости генерирования данных отправителями (C_f), задержки (d_b) и пропускной способности (C_b) каналов в узком месте, а также задержки (d) и пропускной способности (C) каналов. Кроме того, изменялся еще один параметр – размер очереди передачи данных типа Drop Tail (Q_s) на сетевом интерфейсе маршрутизатора.

Поиск узкого места. Наиболее эффективным (хотя и более трудоемким) методом поиска узкого места является экспериментальное исследование трафика. Ликвидация узкого места (и последствий его наличия) состоит в изменении наиболее важных параметров, влияющих на поведение сети, а именно C_f , d_b , C_b , Q_s , C , d .

Компьютерную сеть (автономную систему) можно представить в виде полного графа и рассчитать трафик во всех его ребрах (каналах).

Постановка задачи оптимизации. Необходимо максимизировать область параметров, в которой максимальный показатель Ляпунова имеет отрицательное значение.

Найти

$$\hat{x}^0 = (\hat{x}_1^{0\min}, \hat{x}_2^{0\min}, \hat{x}_3^{0\min}, \hat{x}_4^{0\min}, \hat{x}_5^{0\min}, \hat{x}_6^{0\min}, \hat{x}_1^{0\max}, \hat{x}_2^{0\max}, \hat{x}_3^{0\max}, \hat{x}_4^{0\max}, \hat{x}_5^{0\max}, \hat{x}_6^{0\max}) = (C_{f0}^{i\min}, d_{b0}^{i\min}, C_{b0}^{i\min}, d_0^{i\min}, C_0^{i\min}, B_0^{i\min}, C_{f0}^{i\max}, d_{b0}^{i\max}, C_{b0}^{i\max}, d_0^{i\max}, C_0^{i\max}, B_0^{i\max});$$
$$W(\hat{x}^0) = \min W(x^0),$$
$$x^0 \in D \subseteq R_a$$

$$W(x^0) = - \left\{ \sum_{i=1}^m (x_i^{0\max} - x_i^{0\min}) \right\}$$

где x^0 - вектор номинальных значений параметров оптимизируемой системы

III. Выводы

Внести технические изменения во всей сети Internet и таким образом уменьшить вероятность возникновения заторов практически невозможно в первую очередь по экономическим причинам. Но даже в относительно больших по размерам автономных системах после проведения анализа сети на наличие узких мест можно дать конкретные рекомендации по их устранению. Разработанную методику можно использовать и при проектировании новой сети, а также в процессе эксплуатации сети в течение ее жизненного цикла.

IV. Список литературы

- [1] Karpukhin A.V. High-speed communication networks chaotic behavior analysis of data systems / A.V. Karpukhin, I.N. Kudryavtsev, A.V. Borisov, D.I. Gritsiv // Journal of Kharkiv National University. – 2012. – №1017. – Pp. 138-145.
- [2] Haengmuk Cho Computer Simulation of Chaotic Phenomena in High-Speed Communication Networks / Haengmuk Cho, A.V. Karpukhin, I.N. Kudryavtsev, A.V. Borisov, D.I. Gritsiv // Journal of Korean Institute of Information Technology – 2013. – Vol.11. – No.3. – Pp. 113-122

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

СТАТИСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ БІНАРНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ГЕНЕРОВАНИХ ОДНОМІРНИМИ ВІДОБРАЖЕННЯМИ

Косован Г.В., Комарніцький А.О.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: spell1985@mail.ru

Анотація. – В роботі проведено дослідження статистичних властивостей генераторів псевдовипадкових послідовностей, побудованих із використанням хаотичних одномірних відображень, з двома способами генерування бітів. Перший спосіб – генерування із використанням порогового рівня прийняття рішення про значення генерованого біту, другий – представлення згенерованих дійсних чисел у двійковому форматі.

Ключові слова: генератор, псевдовипадковий, статистичні властивості, бітова послідовність.

I. Вступ

Псевдовипадкові бінарні послідовності застосовуються в багатьох галузях науки включаючи криптографію (поток шифри, генерація ключа, вектори ініціалізації, та інші) та теорію кодування.

Хаотичні генератори вже вивчені з точки зору застосування їх в криптографії [1-2] через їх специфічні властивості, а саме: чутливість до початкових умов та параметрів контролю, випадкова поведінка, нелінійна динаміка, та інші. Як вже зазначалось в [1], головна складність при використанні хаотичних генераторів в криптографії є факт, що хаотичні генератори отримують значення з безперервного, нескінченного простору, в той час як класична техніка шифрування оперує дискретним, обмеженим простором. Однак, оскільки більшість хаотичних генераторів виконані з використанням кінцевої точності, перетворення з неперервного простору в дискретний простір повністю реалізується [2]. Відомі техніки перетворення дозволяють перейти від дискретного простору до бінарного простору і таким чином отримати бінарну послідовність.

В даній роботі приведені результати досліджень статистичних властивостей послідовностей генерованих на основі одномірних логістичного, квадратного та кубічного відображень. Псевдовипадкові послідовності формувалися за двома алгоритмами. Перший алгоритм полягає в тому, що випадкове значення згенерованого члена послідовності порівнюється з величиною порогу прийняття рішення. Якщо це значення більше порогу прийняття рішень то йому присвоювалась логічна «1», а якщо менше – то логічний «0». Суть другого алгоритму полягає в двійковому представленні значення згенерованого одномірним відображенням.

II. Дослідження статистичних властивостей псевдовипадкових послідовностей

Для проведення досліджень статистичних властивостей бітових послідовностей було побудовано шість генераторів за допомогою трьох хаотичних одномірних відображень, а саме логістичного, квадратного та кубічного відображення. Генератори будувались двома способами: перший спосіб – генерація бітів відбувалась з врахуванням порогового рівня прийняття рішення про значення генерованого біту (тобто, чи згенеровано логічну «1» чи логічний «0»), другий спосіб – перетворення згенерованого дійсного значення в його двійкове представлення. Тобто генерувалось та досліджувалось по три послідовності для кожного із типів генераторів.

Одномірні відображення, а саме логістичне, кубічне та квадратне, використані при генеруванні послідовностей, описуються рівняннями (1-3) відповідно [1-2].

$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n), (1)$$

$$x_{n+1} = a - bx_n + x_n^3, (2)$$

$$x_{n+1} = 1 - \mu x_n^2, (3)$$

де x_n - динамічна змінна відображень, r , a , b та μ - параметри контролю одномірних відображень.

Псевдовипадкові послідовності бітів, що генеруються одномірними відображеннями, повинні володіти трьома основними властивостями:

1. Збалансованість.
2. Циклічність.
3. Кореляція.

Для дослідження в нашій роботі використовувалися псевдовипадкові послідовності генеровані у відповідності з рівняннями (1-3) за вище приведеними способами. Кожна послідовність довжиною 16000000 біт генерувалася при певному значенні початкових умов з фіксованою точністю обчислення в 10 знаків після коми. Генератори реалізовувались в програмному середовищі Delphi 7

Значення початкових умов та параметрів у рівняннях (1-3), при яких генерувалися досліджувані послідовності приведені в таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ 1

Значення початкових умов та параметрів одномірних відображень

Генерування з використанням порогового рівня			
Тип відображення	логістичне	квадратне	кубічне
Початкова умова	$x_0 = 0,1$	$x_0 = 0,1236$	$x_0 = 0,1347$
Параметри контролю	$r = 3,95$	$\mu = 2$	$a = 0,2491$ $b = 2,61222$
Пороговий рівень	0,5	0	0,6
Генерування шляхом перетворення дійсного значення в двійкове представлення			
Тип відображення	логістичне	квадратне	кубічне
Початкова умова	$x_0 = 0,13$	$x_0 = 0,1$	$x_0 = 0,05$
Параметри контролю	$r = 3,649$	$\mu = 1,9$	$a = 0,3$ $b = 2,5$

В таблиці 2 приведено отримані результати досліджень властивостей псевдовипадкових послідовностей генерованих двома способами.

ТАБЛИЦЯ 2

Результати досліджень статистичних властивостей генераторів псевдовипадкових послідовностей

Генерування з використанням порогового рівня			
	Логістичне відображення	кубічне відображення	квадратне відображення
Збалансованість	0.499999 0.500001	0.684543 0.315457	0.497526 0.502474
Циклічність	22	106	110
Кореляція	0.000222	0.055589	0.003723
Генерування шляхом перетворення дійсного значення в двійкове представлення			
Збалансованість	0.502487 0.497513	0.504897 0.495103	0.505123 0.497877
Циклічність	18	23	21
Кореляція	-0.005999	-0.006911	-0.005670

Також були проведені статистичні дослідження кожного з генераторів використовувався набір статистичних тестів NIST STS 1,6 [3]. В результаті перевірок було отримано послідовності з найкращими результатами тестування, значення їх початкових умов та параметрів наведені в таблиці 1.

При дослідженні генерувались послідовності розміром 16000000 бітів та кожна із них була розділена на 128 під послідовностей довжиною по 125000 бітів кожна.

В результаті тестування було встановлено, що серед послідовностей формованих першим способом, тобто із пороговим рівнем визначення значення біту, всі 16 тестів з набору NIST STS 1,6 задовольнила послідовність генерована логістичним відображенням. Вимогам 10-ти тестів задовольняла послідовність генерована квадратним відображенням, а послідовність генерована кубічним відображенням – 5-ти тестам. Послідовності генеровані логістичним квадратним та кубічним відображеннями, формовані шляхом представлення генерованих членів послідовності у двійковій формі відповідали вимогам 15 тестів із 16-ти.

З результатів тестування за допомогою методики NIST STS 1,6 можна зробити висновки, що кращими статистичними властивостями володіє послідовність генерована логістичним відображенням згідно першого способу. Всі три послідовності генеровані другим способом логістичним, квадратним та кубічним рівняннями задовольняють умовам статистичних тестів. Отримані результати вказують на можливість генерування псевдовипадкових послідовностей, великого розміру, одномірними відображеннями з обмеженою точністю обчислення в 10 знаків після коми.

Слід зауважити, що при підвищенні точності обчислення має місце покращення результатів тестування, оскільки кількість бітів необхідних для представлення дійсного значення в двійковій формі зростає. При точності обчислення 10 знаків після коми достатньо 32 біт для представлення генерованого значення в двійковій формі, а при точності 11 знаків така кількість бітів зростає до 64.

Збільшення точності обчислення при формуванні членів послідовностей шляхом порівняння їх значення із пороговим рівнем не приводить до значного покращення.

III. Висновки

В роботі проведено дослідження статистичних властивостей псевдовипадкових послідовностей, генерованих трьома одномірними відображеннями за допомогою двох способів генерації. Отримані наступні результати:

1. Властивості збалансованості псевдовипадкових послідовностей відповідає послідовність генерована логістичним відображенням згідно першого способу генерації. Ще чотири згенеровані послідовності наближено відповідають критерію збалансованості. Послідовність генерована кубічним відображенням, згідно першого способу взагалі не задовольняють умові збалансованості, і як наслідок вона не задовольняє умовам циклічності та проходить лише 5 із 16 статистичних тестів методики NIST STS 1,6.

2. Довжини циклів та кількість пройдених статистичних тестів, генерованими псевдовипадковими послідовностями, свідчить про те, що псевдовипадкова послідовність повинна мати незначну довжину циклу.

3. Статистичні тести свідчать про те, що другий спосіб генерування псевдовипадкових послідовностей є кращий за перший та дозволяє генерувати послідовності значно більшого розміру ніж перший спосіб. Послідовності генеровані за другим алгоритмом задовольняють всі вимоги статистичних тестів, що надає можливість використовувати такі генератори в криптографії та захищених системах зв'язку.

IV. Список літератури

- [1] L. Kocarev, "Chaos-based cryptography: a brief overview," *Circuits and Systems Magazine, IEEE*, vol. 1, no. 3, pp. 6–21, 2001.
- [2] D. Goldberg, "What every computer scientist should know about floating-point arithmetic," *Computing surveys*, Mar. 1991.
- [3] A. Rukhin, J. Soto, J. Nechvatal, M. Smid, E. Barker, S. Leigh, M. Levenson, M. Vangel, D. Banks, A. Heckert, J. Dray, and S. V o, "A statistical test suite for pseudorandom number generators used in cryptographic applications," tech. rep., National Institute of Standards and Technology, 2001.

STATISTICAL PROPERTIES OF PSEUDO-RANDOM BINARY SEQUENCE GENERATED BY THE ONE-DIMENSIONAL MAPS

Kosovan G.V.¹, Komarnitskiy A.O.¹

¹*Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine*

In this work, we present the results of studies of the statistical properties of sequences generated by one-dimensional logistic, quadratic and cubic maps. Pseudorandom sequence formed by the two algorithms. The first algorithm is that random value generated element of the sequence is compared to a threshold value decision. If this value is greater than the threshold decision is generated logical "1", otherwise - is a logical "0". The idea of the second algorithm is a binary representation of the value generated by one-dimensional map.

To investigate was generated was generated six pseudorandom sequences according to two methods of generation. It was studied the properties of pseudorandom sequences, such as balance, cycle and correlation. Also generated sequences were tested by set of statistical tests NIST STS 1,6.

As a result, it was found that when using the first method of generating all properties corresponding to the sequence generated by the logistic map. All three sequences generated by the second method have the properties of pseudo random. These results also confirm by the results of statistical tests NIST STS 1,6.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ІМПУЛЬСНА СИНХРОНІЗАЦІЯ КІЛЬЦЕВИХ ГЕНЕРАТОРІВ ХАОСУ З 1,5 СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

¹Політанський Л.Ф., ¹Галюк С.Д., ¹Храпко С.М., ²Скицько А.І.

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: sviatoslavhr@gmail.com

²Кафедра вищої математики, Буковинський державний фінансово-економічний університет

Анотація. – В даній роботі у програмному середовищі MATLAB досліджено імпульсну синхронізацію кільцевих генераторів хаосу з 1,5 ступенями вільності при різних способах з'єднання систем.

Ключові слова: детермінований хаос, кільцевий генератор, імпульсна синхронізація.

I. Вступ

У сьогоднішніх умовах гостро постає питання щодо захищеності передавання інформації і унеможливлення прослуховування чи перехвату розмов як у телефонній апаратурі, так і через радіопередавальні пристрої. Хаотичні сигнали частково володіють конфіденційністю за своєю природою, що зумовлено нелінійними властивостями генераторів хаосу.

Останні роки існує великий інтерес щодо застосування хаосу для передачі інформації в якості несучих чи в якості модульованих корисних сигналів коливання. Це пов'язано як із властивостями детермінованого хаосу, привабливими для зв'язкових додатків, так і тенденціями розвитку самих комунікаційних технологій та систем, які мають потребу в нових ідеях для вирішення грандіозних задач, подібної до задачі створення «інформаційного суспільства» [1-5]. Детермінований хаос може бути використаний в комунікаційних системах в якості несучих інформацію коливань.

Синхронізація хаосу є одним із способів, що може забезпечити відновлення інформації в комунікаційних чи криптографічних системах на базі детермінованого хаосу.

Робота присвячена вивченню можливості застосування класу кільцевих схем генераторів в системах передавання інформації.

II. Синхронізація та моделювання

Синхронізація [2] двох хаотичних систем полягає в тому, що при встановленні з'єднання, сигнали систем, що стартують з різних початкових умов стають однаковими. За відсутності з'єднання ідентичні хаотичні системи, які беруть свій початок з однакових початкових умов, змінюються у фазовому просторі за траєкторіями, які з часом втрачають корельованість.

За імпульсної синхронізації синхронізуючий сигнал передається від передавальної до приймальної системи через фіксовані проміжки часу $t_n = nT$. За інтервал часу між імпульсами синхронізації хаотичні системи не впливають одна на іншу, тому його можна використати для передавання інформаційних сигналів [3-5].

Кільцеві схеми генераторів є перспективними для практичного застосування завдяки тому, що дають змогу формувати широкосмугові сигнали з рівномірним спектром в заданій смузі частот. Структурно кільцеві схеми будуються на основі нелінійного елемента і кількох лінійних фільтрів. Саме АЧХ фільтрів забезпечують можливість задавати і керувати спектром сигналу.

Розробка кільцевих генераторів хаосу і використання їх в системах зв'язку допоможе полегшити проблему передачі інформації при невідповідності параметрів однакових елементів в хаотичних модулях передавача і приймача і, тим

самим, підвищити якість передачі. Так, наприклад, перехід від модифікованої схеми Чуа до кільцевого генератора з 1,5 ступенями свободи в комунікаційній системі з нелінійним підмішуванням інформації дозволить збільшити співвідношення сигнал/шум на виході приймача на 5-8 дБ.

В безрозмірних змінних кільцевий генератор, що складається з послідовно ввімкнених через буферні каскади і замкнених в коло оберненим зв'язком фільтрів нижніх частот першого та другого порядку і нелінійного елемента описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \alpha(Mf(z_1) - x_1), \\ \dot{y}_1 = 4\pi^2(x_1 - z_1), \\ \dot{z}_1 = y_1 - \beta z_1, \end{cases} \quad (1)$$

де x_1, y_1, z_1 – змінні стану системи;

$\alpha = 2,85, \beta = 0,28, M = 2,45$ – параметри керування; $f(z) = |z_1 + 1| - |z_1 - 1| + (|z_1 - 4| - |z_1 + 4|)/2$ – функція нелінійного перетворення.

Розглянемо імпульсну синхронізацію у конфігурації ведуча-ведена системи. Нехай ведуча система описується (1). При з'єднанні за допомогою змінної z_1 , ведену систему можна описується наступними рівняннями:

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = \alpha(Mf(s) - x_2), \\ \dot{y}_2 = 4\pi^2(x_2 - s), \\ \dot{z}_2 = y_2 - \beta s, \end{cases} \quad (2)$$

$$s = \begin{cases} x_2, t \neq kT \\ x_1, t = kT \end{cases}$$

де x_2, y_2, z_2 – змінні стану системи;

$\alpha = 2,85, \beta = 0,28, M = 2,45$ – параметри керування; $f(z) = |z_2 + 1| - |z_2 - 1| + (|z_2 - 4| - |z_2 + 4|)/2$ – функція нелінійного перетворення; T – період повторення імпульсів синхронізації.

Вибраний спосіб з'єднання ведучої і веденої систем означає, що у моменти часу t_n значення змінної $z_2 = z_1$.

При моделюванні початкові умови систем (1) і (2) були вибрані наступними

$$\{x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2\} = \{-1, 2,5, 0, 1,5, -3,3, 0,2\}.$$

Системи рівнянь розв'язувались чисельно за допомогою метода Рунге-Кутта четвертого порядку в системі MATLAB.

В результаті моделювання встановлено, що при вибраному способі з'єднання синхронізація має місце при періоді імпульсів $T < 0,33$. На рис. 1 і рис. 2 наведено часові залежності похибки синхронізації. При $T = 0,3$ похибки синхронізації $e_x(t) = x_1 - x_2, e_y(t) = y_1 - y_2, e_z(t) = z_1 - z_2$ з часом прямують до нульового значення, що свідчить про встановлення синхронізації. При $T = 0,4$ спостерігається десинхронізація систем.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

При з'єднанні систем за допомогою змінної x_1 синхронізацію встановити не вдалося.

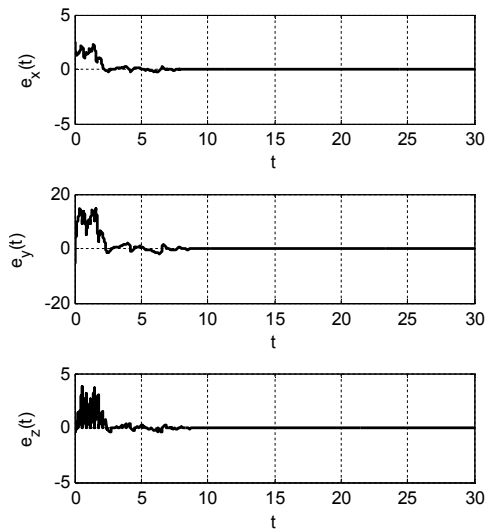


Рис. 1. Приклад залежності похибки синхронізації від часу при $T = 0,3$

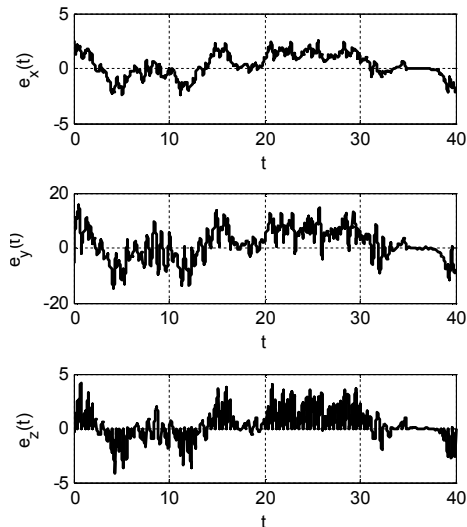


Рис. 2. Приклад залежності похибки синхронізації від часу при $T = 0,4$

При наявності розлаштування параметрів ведучої і веденої систем синхронізація мала місце, проте спостерігалася стійка похибка синхронізації, величина якої залежала від величини розкиду параметрів.

III. Висновки

В результаті моделювання показано можливість імпульсної синхронізації кільцевих генераторів хаосу з 1,5 ступенями вільності. Встановлена область значення періоду імпульсів синхронізації, що становить не більше $T < 0,33$. Проаналізовано придатність та перспективи використання кільцевих схем для конфіденційного передавання інформації.

IV. Список літератури

- [1] Дмитриев А.С./ Динамический хаос: новые носители информации для систем связи./ Дмитриев А.С., Панас А.И. – М.:Издательство физико-математической литературы, 2002 – 252 с.
- [2] Еліяшів О.М., Галюк С.Д., Політанський Л.Ф., Кушнір М.Я., Танасюк В.С. Безперервна та імпульсна синхронізація роботи генераторів Чуа // Технологія та конструювання в електронно апаратурі – 2012 – V. 1. – Рр. 22-26.
- [3] Parlitz U. Chaos synchronization using sporadic driving / U. Parlitz, L. Kocarev, T. Stojanovski, L. Junge // Physica D – 1997 - V. 109. – Рр. 139-152.
- [4] Храпко С.М. Генератор гіперхаотичних коливань на основі схеми Чуа/ Храпко С.М., Еліяшів О.М., Політанський Л.Ф.// Науковий вісник Чернівецького університету – 2011 - V. 1. – Рр. 52-56.
- [5] Kennedy M.P. Three steps to chaos – part II: A Chua's circuit primer // IEEE Transaction on circuits and applications. – 1993. – 40. – P.657.

IMPULSIVE SYNCHRONIZATION OF THE RING CHAOTIC GENERATORS WITH 1,5 DEGREES OF FREEDOM

¹Politansky L.F., ¹Haliuk S.D., ¹Khrapko S.M., ²Skycko A.I.

¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²Department of Mathematics, Bukovina State University of Finance and Economic

In this work impulse synchronization circular oscillator of chaos with 1.5 degrees of freedom at different ways of connection in software's environment MATLAB is investigated. Synchronization of two chaotic systems mean that when you connect the signals systems that start from different initial conditions are the same. Ring chaotic generators composed of non-linear element and several linear filters. This filters provide the ability to set and control the spectrum of signal. Using simulation found that the chosen method of connection synchronization occurs when period of impulses is $T < 0.33$. In the time $T = 0.3$ errors of $e_x(t)$, $e_y(t)$, $e_z(t)$ go to zero, that's indicating the establishment of synchronization. When $T = 0.4$ desynchronization of systems is observed.

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ БІНАРНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ПСЕВДОВИПАДКОВИЙ ХАРАКТЕР УТВОРЕНИХ ГЕНЕРАТОРАМИ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ

Еліяшів О.М.¹, Політанський Л.Ф.¹, Політанський Р.Л.¹, Гладун Н.Г.²

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: melyart111@ukr.net

²ТОВ "Укрінгруп", Івано-Франківськ, Україна, E-mail: n.hladun@ukringroup.org.ua

Анотація. – В роботі проаналізовані псевдовипадкові бінарні послідовності утворені за допомогою генераторів детермінованого хаосу на псевдовипадковий характер. Наведено результати розрахунку дисперсії, середньо квадратичного відхилення, середньо арифметичного значення, побудовано піксельне відображення для генерованих послідовностей.

Ключові слова: метод Монте-Карло, псевдовипадкові послідовності.

I. Вступ

Відкриття детермінованого хаосу і подальше його вивчення призвели до перегляду багатьох звичних уявлень в різних областях науки і техніки. Вже наприкінці 50-х років минулого століття почало виникати розуміння того, що теорія інформації не є аксіоматично замкнутою, а допускає і навіть вимагає введення нових елементів, щоб більш повно відображати інформаційні процеси в природних і штучних системах. Розвиток елементної бази систем і технологій обробки інформації дозволяє по-новому розглянути можливості практичного застосування раніше запропонованих схем та перспектив їх удосконалення, до яких належить, зокрема, створення та дослідження роботи зразків генераторів детермінованого хаосу які генерують псевдовипадкові бінарні послідовності. Отже, задача дослідження і практичної реалізації нових підходів у використанні генераторів детермінованого хаосу з метою спрощення процесу імплементації в цифрові системи зв'язку є актуальною.

II. Дослідження псевдовипадкових послідовностей генераторів хаотичних сигналів

Для дослідження псевдовипадкових послідовностей був використаний генератор хаотичних сигналів Чуа. Дослідження реалізовано на базі математичної моделі даного генератора із синтезацією на програмний код [1]. Перетворення миттєвих значень послідовності запропоновано на використанні програмного перетворення у двійкову послідовність.

Основними складовими методами аналізу та оцінки запропонованого комплексу є :

1. Чисельні методи Монте-Карло.
2. Метод формування піксельного відображення.
3. Статичні методи аналізу (дисперсія, середнє квадратичне відхилення, розподіл логічних нулів та одиниць)

При використанні чисельного методу Монте-Карло досліджувана послідовність складалась із масиву наступного вигляду:

$$x_i = \{x_1 \dots x_{252000}\}, i = 252000.$$

Даний масив розбитий на дві рівні частини розмірністю $k = 126000$:

$$y_k = \{x_1 \dots x_{126000}\},$$

$$z_k = \{x_{126001} \dots x_{252000}\}.$$

Для створених масивів вирахуємо масиви g_{yi} та g_{zi} :

$$g_{yi} = \begin{cases} g_{yi} = 1, \text{ при } y_k^2 + z_k^2 < 1, \\ g_{yi} = 0, \text{ при } y_k^2 + z_k^2 > 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$g_{zi} = \begin{cases} g_{zi} = 1, \text{ при } y_k^2 + z_k^2 < 1. \\ g_{zi} = 0, \text{ при } y_k^2 + z_k^2 > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Алгебраїчна сума елементів g_{yi} та g_{zi} дорівнюватиме відповідно:

$$\sum_{yi=1}^{126000} g_{yi} \quad \sum_{zi=1}^{126000} g_{zi} \quad (3)$$

Кінцевий коефіцієнт обрахунку методом Монте-Карло:

$$l = 4 \cdot \frac{\sum_{yi=1}^{126000} g_{yi}}{\sum_{zi=1}^{126000} g_{zi}} \quad (4)$$

Згідно даного методу, послідовність вважається псевдовипадковою якщо кінцевий коефіцієнт обрахунку наближено рівний математичному значенню числа π (3,1415926535) [2].

Для визначення відсотку наближення кінцевого коефіцієнту обрахунку до математичного значення числа π (3,1415926535) використаємо наступний вираз:

$$R = \begin{cases} \left| \frac{l}{\pi} \cdot 100 \right|, \text{ при } l < \pi \\ \left| \frac{\pi}{l} \cdot 100 \right|, \text{ при } l > \pi \end{cases} \quad (5)$$

Результати дослідження характеру бінарних псевдовипадкових послідовностей утворених генератором Чуа методом Монте-Карло приведені в табл.1

ТАБЛИЦЯ 1
Кінцевий коефіцієнт для послідовностей генератора чуа, та відсоток наближення до псевдовипадкових послідовностей

№	l	$R, \%$
1	3,149555556	99,74
2	3,119238095	99,29
3	3,179428571	98,81

Для візуальної оцінки бінарних псевдовипадкових послідовностей утворених генератором Чуа на випадковість є метод формування бінарного піксельного відображення.

Процес формування піксельного зображення полягає на відповідності логічному нулю білого кольору пікселя, а для логічної одиниці – чорний колір пікселя та їх розташуванні діагональним способом (рис. 1).

Для послідовності :

$$x_i = \{x_1 \dots x_{252000}\}, i = 252000,$$

формування наступних послідовностей відбувається шляхом виділення перших 160 000 біт для графічного представлення.

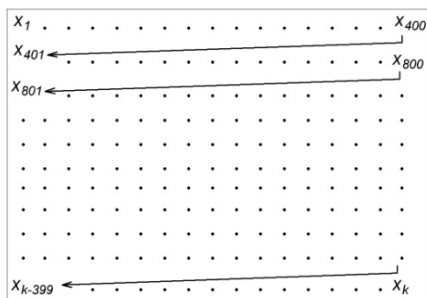


Рис. 1. Формування піксельного зображення

На (рис 2,а) зображено сформоване піксельне зображення перших 160 000 біт псевдовипадкової послідовності генератора схеми Чуа, та автокореляційна функція хаотичного генератора (рис 2,б).

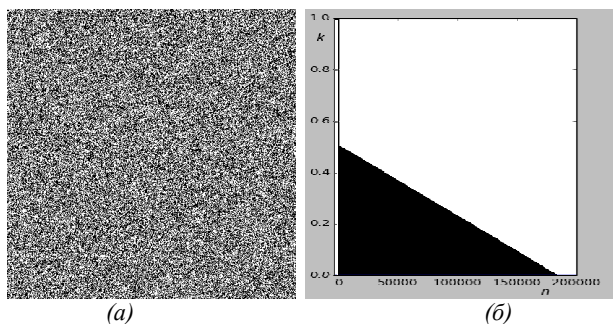


Рис. 2. Піксельне зображення бінарної псевдовипадкової послідовності генератора Чуа та автокореляційна залежність коефіцієнта кореляції від кількості бітів (а) та (б) відповідно

Із представлених зображень можна зробити висновок що послідовність має псевдовипадковий характер так як, при збільшенні кількості бітів коефіцієнт кореляції лінійно спадає [3].

Також були проведені розрахунки дисперсії, середньо квадратичного відхилення та середнє арифметичне значення (табл.2).

ТАБЛИЦЯ 2

Результати обчислень дисперсії, середньо квадратичного відхилення та середнє арифметичне значення

№	Дисперсія	Середнє квадратичне відхилення	Середнє арифметичне значення
1	0,250	0,499	0,502
2	0,252	0,5	0,504
3	0,249	0,502	0,501

Для аналізу запропонованого генератора хаотичних сигналів Чуа методом розподілу логічних нулів та одиниць реалізовані три послідовності згідно програмної моделі із розмірністю 252000 біта. Мета даного аналізу полягає у підрахунку кількості логічних одиниць та нулів, обчисленні відсотку їх до всієї послідовності. При критерію відсотку близькому до 50% за значенням, слід трактувати що послідовність містить псевдовипадковий характер.

ТАБЛИЦЯ 3.

Тест на розподіл логічних нулів та одиниць

№	Кількість логічних нулів	Кількість логічних одиниць	Відсоток логічних нулів до всієї послідовності	Відсоток логічних одиниць до всієї послідовності
1	124982	127018	50,4 %	49,6 %
2	124993	127007	49,61 %	50,39%
3	125002	126998	49,62 %	50,38 %

III. Висновки

Досліджено псевдовипадкову послідовність бітів сформовану генератором детермінованого хаосу математична модель якого на базі схеми Чуа.

Розроблено комплекс розрахункових програм для дослідження послідовності чисельним методом Монте-Карло, методом формування піксельного зображення та статистичним аналізом (дисперсія, середнє квадратичне відхилення, розподіл логічних нулів та одиниць).

Отримані результати комплексного аналізу підтверджують, що генеровані послідовності мають псевдовипадковий характер.

Даний комплекс аналізу та оцінки включає в себе можливість адаптування інших систем генерування псевдовипадкових послідовностей.

IV. Список літератури

- [1] Eliashiv O.M., Politanskii L.F., Hladun N.G., Politanskii R. L./ Software implementation of multi-user text messaging system using logistic map/ Eastern European Scientific Journal –2014. -№3.-P 11-15
- [2] Dechert W. D., Sprott J. C. , Albers D. J. /On the probability of chaos in large dynamical systems:A Monte Carlo study/ Journal of Economic Dynamics & Control 23 (1999) 1197} 1206
- [3] Політанський Л.Ф., Еліяшів О.М., Гладун Н.Г./ Програмно-апаратна реалізація логістичного зображення для конфіденційного передавання інформації/ XVI International Conference “Dynamical system modeling and stability investigation”, 29-31 May 2013

IMPLEMENTATION OF COMPLEX ANALYSIS AND EVALUATION OF PSEUDORANDOM SEQUENCE BASED ON GENERATORS OF CHAOTIC SIGNALS

Eliashiv O.M¹, Politanskii L.F¹, Politanskii R.L¹, Hladun N.G.²

¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, ²LLC “Ukringroup”, Ivano-Frankivsk, Ukraine.

Presented research contains the realization of complex analysis and evaluation of pseudorandom sequence. Complex includes three stages of analysis (numerical method of Monte Carlo, method of forming pixel display and static analysis techniques).

Proposed system of transfer mathematical models in program code can be modifying in future and implemented in other systems. The results of complex analysis confirm that the generated sequences have pseudorandom character.

This complex analysis and evaluation includes the ability to adapt to other systems for generating pseudo-random sequences.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

III. Conclusion

In the paper studies the spectral characteristics of signals generated by Chua's circuit. Found that the scheme generates signals in frequency range that is several kHz. For the spreading of frequency band the method of change of capacitance values was used. The experimental research shown efficiency of this method. However, for this scheme further increase of spectrum width is limited by very small values of capacitance. Especially for frequencies close to the MHz range.

IV. References

- [1] L. Fortuna, M. Fraska, M. Xibilia. Chua's Circuit Implementations. Yesterday, Today and Tomorrow, World Scientific Series on Non-linear Science, Series A, 2009. – V. 65, pp. 222.
- [2] Eliyashiv O.M., Politanskii L.F. Non-inductive generator of chaotic oscillations of Chua circuit. Tekhnologiya i Konstruirovaniye v Elektronnoi Apparature, №2, 2012. – Pp. 12-15.
- [3] Eliyashiv O.M., Politanskii L.F., Rusyn V.B., Kushnir M.Ja., Politanskii R.L. "Doslidzhennya Vlastyvostey Neliniynoho Elementa Peredavacha Khaotychnoyi Systemy Zv'yazku" // Radioelektronika i Informatyka, №2, 2011. – Pp. 12-16.

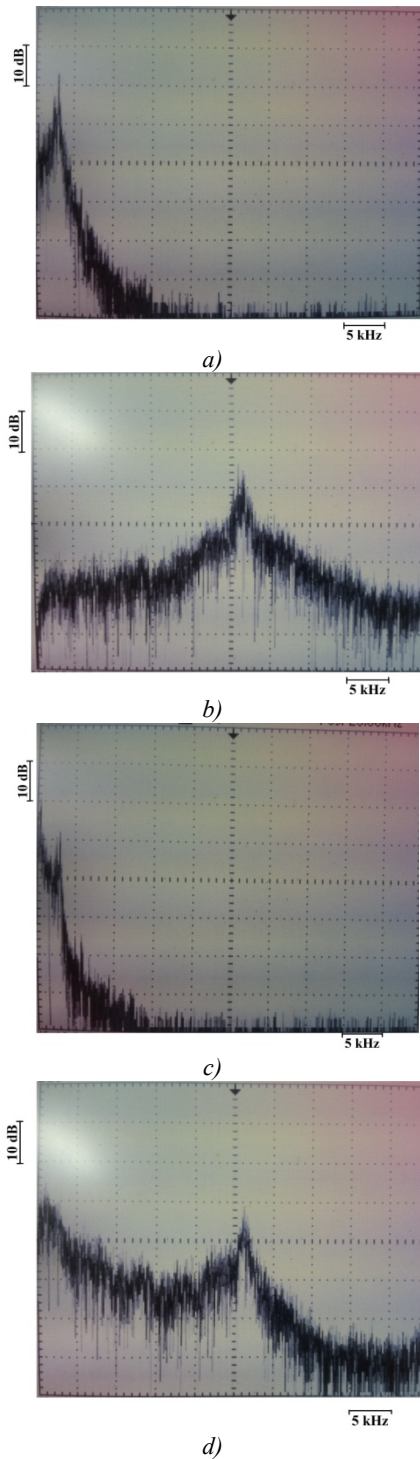


Рис. 2. Spectrum characteristics of signals generated by Chua's circuit: a) $U_{C_2}(t)$ when $C_1 = 15$ nF, $C_2 = 100$ nF, $C_3 = 10$ nF; b) $U_{C_2}(t)$ when $C_1 = 1,5$ nF, $C_2 = 10$ nF, $C_3 = 1$ nF; c) $U_{C_3}(t)$ when $C_1 = 15$ nF, $C_2 = 100$ nF, $C_3 = 10$ nF; d) $U_{C_3}(t)$ when $C_1 = 1,5$ nF, $C_2 = 10$ nF, $C_3 = 1$ nF.

РАСПОЗНАВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ С ПОМОЩЬЮ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФОРМАЦИОННОЙ СЛОЖНОСТИ

Кириченко Л.О., Кобицкая Ю.А., Харламов А.С.

Кафедра прикладной математики, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина, E-mail: ludmila.kirichenko@gmail.

Анотація. – У роботі проведено порівняльний рекурентний та ентропійний аналіз реалізацій нелінійних систем у хаотичних режимах, який виявив сильні відмінності, як у візуальній топології, так і в чисельних характеристиках для різного ступеню хаотичності системи. Отримано залежності кількісних інформаційних характеристик від параметрів хаотичних процесів.

Ключові слова: детермінований хаос, часова реалізація, міра складності, ентропія подібності, рекурентні діаграми, псевдо-фазовий простір.

I. Введение

Хаос представляет собой нерегулярную форму поведения детерминированной системы в установившемся режиме. Основным свойством таких систем является чувствительная зависимость к сколь угодно малым изменениям начальных условий. Математические модели нелинейных систем в хаотических режимах являются моделями многочисленных явлений и процессов в различных областях науки и техники [1].

Оценивание параметров хаотической динамики по временным реализациям и построение адекватной математической модели является актуальной задачей. Цель работы – показать, что для определения степени хаотичности системы наряду с традиционной характеристикой хаотической динамики – показателем Ляпунова, можно использовать характеристики информационной сложности, полученные в результате энтропийного и рекуррентного анализа временных реализаций.

II. Методы анализа и основные результаты исследований

Одними из самых простых и наглядных математических моделей, демонстрирующих хаотическое поведение, являются итерируемые отображения

$$x_{n+1} = f(C, x_n), \quad (1)$$

где C – управляющий параметр. Для широкого класса нелинейных функций f последовательность значений $\{x_n\}_{n=0}^{\infty}$ является хаотической. Хаос в детерминированных системах означает, что две траектории, близкие друг другу в фазовом пространстве в некоторый начальный момент времени, экспоненциально расходятся за малое в среднем время. Если d_0 – мера начального расстояния между двумя точками, то спустя малое время t , расстояние между траекториями, выходящими из этих точек, становится равным $d(t) = d_0 e^{\lambda t}$, где величина λ является показателем Ляпунова. Для одномерных отображений показатель Ляпунова можно оценить выражением

$$\lambda = \frac{1}{t_N - t_0} \sum_{k=1}^N \ln \frac{d(t_k)}{d(t_{k-1})}, \quad (2)$$

где t_0 и t_N – соответствующие начальное и конечное значения дискретного времени t_k , $d(t_k)$ – расстояние между двумя наблюдаемыми значениями $x_1(t_k)$ и $x_2(t_k)$.

В работе проведен сравнительный рекуррентный и энтропийный анализ хаотических реализаций, полученных при итерировании различных отображений, в частности, широко используемых логистического

$$x_{n+1} = Ax_n(1 - x_n) \quad (3)$$

и треугольного

$$x_{n+1} = r(1 - 2|0.5 - x_n|) \quad (4)$$

отображений.

Для проведения анализа использовалась процедура Паккарда-Такенса, которая позволяет восстановить фазовую траекторию динамической системы по одной реализации:

$$F(t) = [x(t), x(t + \tau), \dots, x(t + m\tau)], \quad (5)$$

где: $F(t)$ – m -мерное псевдофазовое пространство, $x(t)$ – временная реализация системы, τ – период запаздывания.

Рекуррентная диаграмма является проекцией m -мерного псевдофазового пространства на плоскость [2]. Пусть точка x_i соответствует точке фазовой траектории $x(t)$, описывающей динамическую систему в m -мерном пространстве в момент времени $t = i$, для $i = 1, \dots, N$, тогда рекуррентная диаграмма RP есть массив точек, где ненулевой элемент с координатами (i, j) соответствует случаю, когда расстояние между x_j и x_i меньше ε :

$$RP_{i,j} = \Theta(\varepsilon - \|x_i - x_j\|), \quad x_i, x_j \in R^m, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (6)$$

где ε – размер окрестности точки x_i , $\|x_i - x_j\|$ – расстояние между точками, $\Theta(\cdot)$ – функция Хэвисайда.

Анализ топологии диаграммы позволяет классифицировать наблюдаемые процессы: определять однородные процессы с независимыми случайными значениями; процессы с медленно меняющимися параметрами; периодические или осциллирующие процессы, соответствующие нелинейным системам и т.д. Численный анализ рекуррентных диаграмм позволяет вычислять меры сложности структур рекуррентных диаграмм, такие как мера рекуррентности, мера детерминизма, мера энтропии и др. [3]. Мера рекуррентности RR показывает плотность рекуррентных точек:

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j} RP_{i,j}. \quad (7)$$

Мера детерминизма Det является характеристикой предсказуемости поведения процесса и равна отношению числа рекуррентных точек, составляющих диагональные линии, к общему количеству рекуррентных точек:

$$Det = \sum_{l=1}^N P(l) / \sum_{i,j} RP_{i,j}, \quad (8)$$

где: l_i – длина i -й диагональной линии, $P(l) = \{l_i, i = 1, \dots, N_l\}$ – частотное распределение длин диагональных линий в диаграмме, N_l – количество диагональных линий.

Энтропия подобия $ApEn$ является статистикой регулярности временного ряда, что определяет возможность его

предсказания [4]. Рассмотрим временной ряд $\{x_i\}, i = 1, \dots, N$. Пусть вектор $P_m(i)$ – подпоследовательность значений ряда $\{x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+m}\}$ длиной m . Два вектора $P_m(i)$ и $P_m(j)$ будут подобными, если выполняется $|x_{i+k} - x_{j+k}| < \varepsilon, 0 \leq k < m$.

Для каждого значения $i = 1, \dots, N - m + 1$ вычисляется величина $C_m(\varepsilon) = \frac{n_{i,m}(\varepsilon)}{N - m + 1} f$, где: $n_{i,m}(\varepsilon)$ - число векторов, подобных вектору $P_m(i)$. Энтропия подобия $ApEn$ определяется по формуле

$$ApEn(m, \varepsilon) = \ln \frac{C_m(\varepsilon)}{C_{m+1}(\varepsilon)}, \quad (9)$$

где $C_m(\varepsilon) = \frac{1}{N - m + 1} \sum_{i=1}^{N-m+1} C_{im}(\varepsilon)$.

Рекуррентный и энтропийный анализ, проведенный в работе, выявил существенные различия, как в визуальной топологии, так и в численных характеристиках реализаций отображений с разными хаотическими режимами. Мерио хаотичности режима является показатель Ляпунова λ . В табл. 1 приведены значения λ для реализаций отображений (3-4), полученные по формуле (2) и соответствующие значения энтропии подобия $ApEn$, рассчитанные по формулам (9). Большие значения λ соответствуют большим значениям $ApEn$. Кроме того, для разных отображений при режимах с близкими значениями λ , значения $ApEn$ также являются близкими.

ТАБЛИЦА 1

Значения энтропии подобия

Показатель Ляпунова	Логистическое отображение	Треугольное отображение
$\lambda=0,304$	$A=3,67$ $ApEn=0,281$	$r=0,68$ $ApEn=0,270$
$\lambda=0,347$	$A=3,724$ $ApEn=0,350$	$r=0,71$ $ApEn=0,343$
$\lambda=0,415$	$A=3,779$ $ApEn=0,382$	$r=0,757$ $ApEn=0,376$

В табл. 2 приведены значения мер детерминизма Det и рекуррентности RR для реализаций отображений (3-4), в разных хаотических режимах, рассчитанные по формулам (7-8). При увеличении степени хаотичности, т.е. величины λ , значения Det и RR уменьшаются, поскольку отражают степень регулярности траектории.

ТАБЛИЦА 2

Значения рекуррентных характеристик

	Логистическое	Треугольное	Логистическое	Треугольное
	$\lambda=0,304$		$\lambda=0,415$	
Det	0,366	0,434	0,225	0,321
RR	0,064	0,092	0,032	0,040

III. Выводы

Результаты исследований свидетельствуют, что значения энтропийных и рекуррентных количественных характеристик имеют прямую зависимость с показателем Ляпунова. Получены зависимости мер информационной сложности временных рядов, таких как мера рекуррентности, мера детерминизма, энтропия подобия от параметров хаотических процессов. Таким образом, расчет характеристик по экспериментальным данным позволяет уточнить меру хаотичности нелинейной динамической системы и распознавать различные хаотический режимы одной или нескольких систем.

IV. Список литературы

- [1] Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение / Г. Шустер. – М.: Мир, 1988. – 240 с.
- [2] Eckmann J.P. Recurrence Plots of Dynamical Systems / J.P. Eckmann, S.O. Kamphorst, D. Ruelle // Europhysics Letters 5. – 1987. – P. 973-977.
- [3] Marwan N. Recurrence-plots-based measures of complexity and application to heart-rate-variability data / N. Marwan, N. Wessel, U. Meyerfeldt, A. Schirdewan, J.Kurths // Physical Review, E66, – 2002.
- [4] Pincus S.M. Approximate entropy as a measure of system complexity / S.M. Pincus – Proc. Natl. Acad. Sci, 1991. – Vol.88. – P. 2297-2301

IDENTIFICATION OF CHAOTIC MODES USING CHARACTERISTICS OF INFORMATION COMPLEXITY

Kirichenko L.O., Kobitskaya Yu.A., Kharlamov A.S.

Department of Applied Mathematics, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Chaos is an irregular behavior of a deterministic system in the steady state. The main feature of chaotic systems is sensitive dependence to arbitrarily small changes in initial conditions. The quantitative characteristic of the chaos degree of the system is the Lyapunov exponent. Iterated maps (1) are the most simple and intuitive mathematical chaotic models. Lyapunov exponent for iterated maps is calculated according to (2).

The purpose of the research is to show that the chaos degree can be evaluated using the entropy and recurrence characteristics of the system.

In this paper, a comparative entropy and the recurrent analysis of the chaotic realizations obtained by iterating the various maps. In particular the realizations of well-known logistics (3) and triangular (4) maps were analyzed.

Recurrence plot is a projection of the m-dimensional pseudo-phase space onto the plane. The procedure Packard-Takens allows to restore the phase trajectory of a dynamical system from single realization according to (5). The recurrence plot is array of pixels, which is determined by the formula (6). Numerical analysis of recurrence plots allows us to calculate the recurrence measure of complexity, such as a measure of recurrence and determinism (7-8). Approximate entropy is the statistics of time series regularity that defines the possibility of its forecasting. Approximate entropy determined by the formula (9).

Recurrence and entropy analysis revealed significant differences in the visual topology and in the numerical characteristics of realizations of maps with different chaotic modes. Table. 1 shows the Lyapunov exponent values for the realization of the maps (3-4) and the corresponding values of the approximate entropy. Higher values of the Lyapunov exponent correspond to higher values of the approximate entropy. Different maps with the same degree of chaos have similar values of approximate entropy. Table. 2 shows the values of the measures of determinism and recurrence for different chaotic modes. By increasing the degree of chaos degree values of determinism and recurrence decrease.

The results show that the values of the entropy and recurrence quantitative characteristics have a direct relationship with the Lyapunov exponent. Thus, evaluation of the characteristics of the experimental data allows to specify the degree of chaotic of nonlinear dynamic system and recognize different chaotic modes.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

SYMBOLIC ANALYSIS OF THE CHAOTIC EXPERIMENTAL DATA

Kushnir M.¹, Stancu A.²

¹Y. Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, E-mail: kushnirnick@gmail.com

²Alexandru Ioan Cuza University, Iasi, Romania, E-mail: alstancu@uaic.ro

Abstract. - In this paper we analyze the group of the methods for data processing together referred to as symbolization or symbolic time series analysis. Symbolization involves converting raw time series measurements (i. e. the experimental signals) into a series of discrete symbols that are processed to extract information about the generating process. In many cases the degree of discretization can be very high, even to the point of converting input data into one-bit value. Modern approaches to building symbols and the identify the information contained in them are summarized. New approaches to detect temporal patterns can be important for many types of the experimental systems, especially for processes that are nonlinear and chaotic. Recent studies show that symbolization can increase the effectiveness of search and amount of information from these systems and to reduce the sensitivity to measurement noise. The examples of the successful application of symbolization with experimental data are included. We discuss some issues of the limitations this method.

Key words: chaos, symbolic analysis, alphabet.

I. Introduction

The modern theory and practices of dynamical systems demonstrate the need for the study of structures that are beyond the scope of use of the objects of classical analysis – analytical formulas, integrals, series, etc. An important tool for studying these complex phenomena in dynamical systems as chaos, the existence of strange attractors is the method of symbolic dynamics [1]. The name reflects the main idea of the method – description of the dynamics of the system by means of admissible sequences of characters (admissible words) of a finite set of symbols (the alphabet). Let us explain this idea in the following hypothetical example.

II. Chaotic symbolic analysis

Assume that the “device” (real or virtual) records the state of the system or the position of the phase point. These values are output with a certain accuracy. For example, the digital clock shows the value of t_i , when the real value of t lies in the interval $[t_i, t_i + h)$, where the value of $h > 0$ depends on the construction of the clock. In the general case, we can assume that the phase space M of the studied system is covered by a finite number of cells of $\{M_i\}$ and the instrument indicates the number or the index i of the cell, where x lies in the cell M_i . Cells may overlap when needle is worth exactly on the boundary of M_i and M_j . Then each value of i or j is correct. We can assume that the device detects the cell index at regular intervals and the trajectory of the system (i.e., a set of consecutive values of the phase point under the action of the system) is encoded by a sequence of indices $\{z(k), k \in Z\}$. Indexes can be symbols of any kind: numbers, letters, location, etc. If the symbols are the letters of the alphabet, the number of characters equal to the number of cells, and the trajectories are encoded sequences of letters, which are called admissible words. So, to send any message via telegraph code used alphabet of two characters: "dot" and "dash".

Thus, the set of possible states of the system (phase space) is divided into a finite number of cells. Each cell corresponds to the “character” and “device” in each time unit shows “character” corresponding to that cell, which contains the current state of the system. It should be noted that this symbol sequence unambiguously reconstructed sequence of cells through which the trajectory passes. Clearly, such a description of the dynamics will be more accurate when the cells are chosen small enough.

guously reconstructed sequence of cells through which the trajectory passes. Clearly, such a description of the dynamics will be more accurate when the cells are chosen small enough.

The transition from an infinite phase space to a finite set of symbols can be regarded as a discretization of the phase space.

Thus, the behavior of the system “encoded” using a specially constructed language [2]. Moreover, there exists a certain correspondence between sequences of symbols and the dynamics of the system. For example, a periodic orbit of the system corresponds to the repetition of a finite set of symbols. Property repayment orbit is expressed by repeating character in a valid word. As a result, the dynamics of the system is determined not by the specific values of the symbols but their order. Note that the dynamics of the system also determines the admissibility of the transition from one cell to another and therefore from one symbol to another. At the same time from a one symbol is possible to jump to a several. In this case, the set of all admissible words is infinite. For example, if the alphabet consists of the symbols $\{0, 1\}$ and allowed transitions from any character to any, then we obtain a set of infinite binary sequences of cardinality of the continuum. If you disable the transition from symbol 1 to the symbol 0 , we obtain sequences that differ in those places where there is a transition from 0 to 1 , and therefore, such a countable number of sequences. Dynamics of the first system admits an infinite number of periodic orbits, while the second system there are only two: $\{0\}$ and $\{1\}$.

We consider symbolic analysis of the Lorentz system and show the possibility of transmitting secure information using chaotic symbolic dynamics as in the case of logistic mapping [3].

III. Conclusions

Symbolic image can be regarded as the final discrete approximation of the chaotic system. In this case, the finer coating produces a more accurate approximation. By a process of successive subdivision covering elements can construct a sequence of symbolic images and thereby clarify the structural characteristics of the system.

The described method can be successfully applied to the solution of the following tasks:

1. Localization of periodic orbits of a given period.
2. Construction of a periodic trajectory.
3. Construction of the attractor and its domain of attraction.
4. Evaluation of the topological entropy.
5. Evaluation of Lyapunov exponents.
6. Checking the structural stability.
7. Test of control.

IV. References

- [1] Eric M. Bollt. Review of chaos communication by feedback control of symbolic dynamics / International Journal of Bifurcations and Chaos, Vol. 13, No. 2 (2003) 269-285.
- [2] Zhu L. Numerical and experimental investigation of the effect of filtering on chaotic symbolic dynamics / Y. Lai, F. Hoppensteadt, E. Bollt// Chaos, V. 13, N.1, 410-419.
- [3] Gotra Z. Peredavania i pryimania danyh z vykorystaniem symvolichnoi dynamiky kontroliovanoi haotychnoi systemy / Galiuk S., Kushnir M., Politanskyi L.// Visnyk nacionalnogo universytetu “Lvivska Politehnica” “Radioelektronika ta telekomunikacii”. – 2011. – Vyp. 705. – S. 199-204 (in ukr.)

ПРИСТРІЙ ГЕНЕРУВАННЯ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНИХ ОДНОМІРНИХ ВІДОБРАЖЕНЬ

Гресь О.В.¹, Політанський Р.Л.¹, Верига А.Д.¹, Іванчук М.М.²

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: alexgs85@ukr.net

²ПП "АРТОН", Чернівці, Україна

Анотація – в даній роботі запропонована апаратна реалізація пристрою генерування хаотичних сигналів на основі дискретних одномірних відображень. Результати моделювання пристрою підтверджені результатами експериментальних досліджень.

Ключові слова: псевдовипадкова послідовність, генератор, криптостійкість.

I. Вступ

Сучасні телекомунікаційні системи вимагають забезпечення високої скритності і конфіденційності зв'язку. Захист інформації в даних системах можливий шляхом її шифрування інформації за допомогою хаотичних послідовностей. Це сприяло розробці принципово нових методів кодування, шифрування та передавання інформації, зокрема криптографічних методів, що ґрунтуються на теорії динамічних систем з притаманними їм властивостями хаосу. Криптографічні методи захисту інформації залишаються найбільш стійким і захищеним способом передавання даних

В літературних джерелах описано багато методів генерування двійкових псевдо випадкових послідовностей. Одним із найпоширеніших методів є генерування послідовності на основі певного рекурентного співвідношення, що зв'язує цілі або дійсні числа. Тоді черговий біт двійкової послідовності отримують на основі визначення належності члена послідовності до однієї з двох підмножин усіх можливих значень [1].

II. Реалізація пристрою

Практичну реалізацію пристроїв генерування псевдовипадкових послідовностей можна здійснити з використанням сучасної елементної бази (мікроконтролерів, програмованих логічних інтегральних схем та ін.), що забезпечує покращення їх масогабаритних показників, розширення функціональних можливостей та підвищення швидкості обробки даних[2].

В даній роботі запропонована апаратна реалізація пристрою генерування псевдовипадкових послідовностей на основі одномірних дискретних хаотичних відображень. Структурна схема пристрою приведена на рис.1

Основною пристрою є мікроконтролер DD1 (PIC18F252), який виконує функції апаратного програмованого ядра для генерування послідовностей за певним алгоритмом.

Електрична принципова схема пристрою приведена на рис.2.

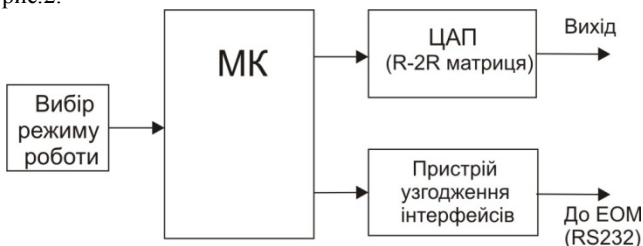


Рис. 1 Структурна схема пристрою

Для генерування цифрових хаотичних послідовностей використовується одномірне дискретне відображення, що носить назву логістичного рівняння [3]:

$$x_{n+1} = \lambda \cdot x_n (1 - x_n) \quad (1)$$

де: λ – параметр, x_0 - початкова умова для генерування послідовностей. Генерування хаотичної послідовності у відповідності з цим рівнянням має місце при значеннях параметру $\lambda \in [3,65; 3,95]$. В нашому випадку генерування послідовностей здійснювалось при значенні параметру λ рівному 3,94 та початковій умові $x_0 = 0,5$.

Значення початкової умови x_0 та параметру λ задаються при програмуванні мікроконтролера. Генерування послідовностей здійснюється на програмному рівні. Програма для мікроконтролера написана на мові програмування С.

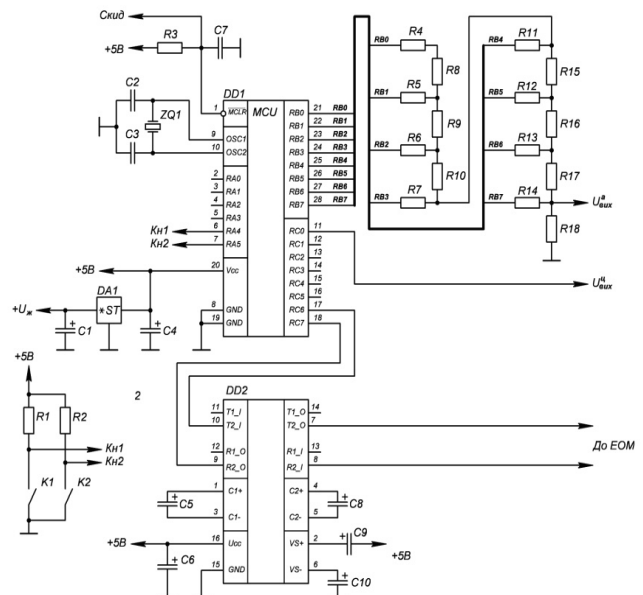


Рис. 2 Електрична принципова схема пристрою

Криптостійкість пристрою обумовлена простором ключів для генерування послідовностей, що є значенням параметра логістичного відображення λ та початкового значення x_0 . Обсяг простору ключів буде визначатися за формулою:

$$N = (10^n)^2 \quad (3)$$

де n – точність введення параметрів (кількість знаків після коми).

Пристрій узгодження інтерфейсу RS-232 виконаний на мікросхемі DD2 (MAX232) та призначений для зв'язку пристрою з ЕОМ для керування (із можливістю завантаження керуючої програми мікроконтролера за допомогою завантажувача „bootloader”).

Для живлення схеми використано інтегральний стабілізатор DA1 (LM7805) так як всі використані в приладі мікросхеми та дискретні компоненти живляться однополярною напругою +5В. Режим роботи пристрою можна вибрати за

допомогою пари перемикачів K1,K2. Пристрій може працювати в одному з трьох режимів

1. Генерування аналогового хаотичного сигналу
2. Формування цифрового послідовного коду
3. Робота з EOM, із можливістю передачі коду через інтерфейс RS-232.

Моделювання роботи пристрою було здійснено в програмному середовищі Proteus. Результати приведені на рис.3.

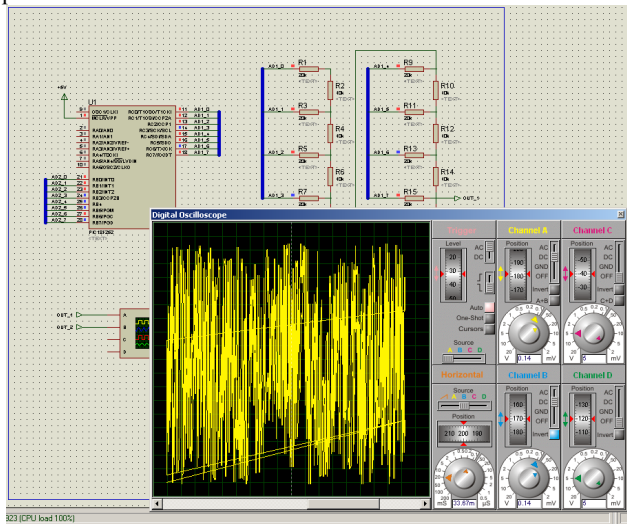


Рис. 3. Вікно моделювання пристрою

Результати експериментального дослідження генератора сигналів зображено на рисунку 4. На рисунку 5 зображене спектральне представлення генерованого сигналу

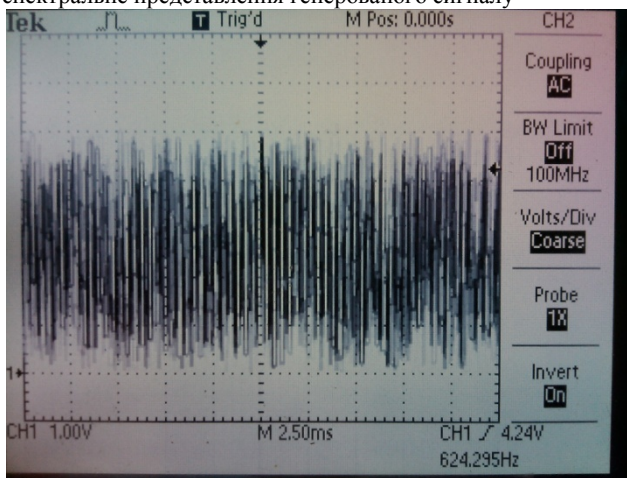


Рис. 4 Вихідний сигнал генератора

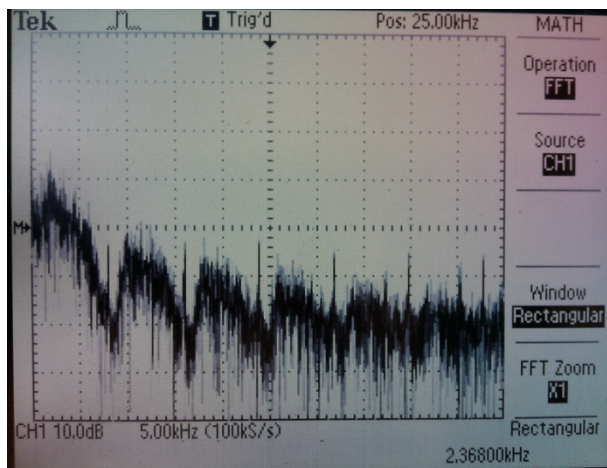


Рис. 5. Спектральне представлення вихідного сигналу

III. Висновки

В даній роботі запропонована апаратна реалізація пристрою генерування хаотичних коливань на основі одномірних дискретних хаотичних відображень. Проведені дослідження пристрою підтвердили можливість застосування мікроконтролерів для генерування хаотичних сигналів із застосуванням сучасних криптостійких алгоритмів.

IV. Список літератури

- [1] Kocarev L. Pseudorandom bits generated by chaotic maps / Kocarev L., Jakimoski G. // Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions – 50(1) – 2003 – Pp. 123-126.
- [2] Mao Y. A Chip Performing Chaotic Stream Encryption/ Mao Y., Liu W., Li Z., Li P., Halang A. // Studies in Computational Intelligence (SCI) – 42 – 2007 – Pp.307–332.
- [3] Pareek N.K. Cryptography using multiple one-dimensional chaotic maps / N.K. Pareek, Vinod Patidar, K.K. Sud // Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul – 10(7) – 2005 – Pp.715–723.

THE DEVICE FOR GENERATING CHAOTIC SIGNALS BASED ON THE ONE-DIMENSIONAL DISCRETE MAPPINGS

Hres O.V.¹, Veryga A.D.¹, Politsans'kyi R.L.¹, Ivanchuk M.M.²

¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²“ARTON”, Chernivtsi, Ukraine.

The practical realization of devices for generating pseudorandom sequences can be accomplished using the current base (microcontrollers, programmable logic device, etc..) That provides an improvement in their overall dimensions, enhanced functionality and increased data rate.

In this paper the proposed a hardware implementation of device for generating random signals from one-dimensional discrete chaotic maps. Past studies have confirmed the applicability of the device microcontroller for generating chaotic signals with modern reliability algorithms.

ГЕНЕРУВАННЯ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА БАЗІ ДИСКРЕТНИХ ХАОТИЧНИХ СИСТЕМ

Галюк С.Д., Політанський Л.Ф.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: galiuk@inbox.ru

Анотація – Запропоновано алгоритм формування псевдовипадкових послідовностей на базі дискретних хаотичних систем. Вивчено вплив формату представлення чисел при розрахунках на властивість псевдовипадковості. За допомогою статистичних тестів NIST проведено дослідження отриманих послідовностей.

Ключові слова: псевдовипадкові послідовності, дискретні хаотичні системи.

I. Вступ

Вдосконалення телекомунікаційних систем відбувається у кількох напрямках: підвищення ефективності використання частотного ресурсу, збільшення швидкості передавання інформації, підвищення надійності і завадостійкості, енергетичної та структурної прихованості сигналів.

Детермінованість і непередбачуваність поведінки хаотичних систем, шумоподібну структуру сигналів запропоновано використовувати для формування псевдовипадкових послідовностей у багатьох роботах [1-5]. Застосування детермінованих хаотичних процесів для отримання псевдовипадкових послідовностей можливе кількома способами: розробкою спеціальних генераторів хаосу, сигнали яких володіють необхідними статистичними властивостями, або шляхом синтезу спеціальних алгоритмів перетворення хаотичного процесу у псевдовипадкову послідовність. В роботі пропонується простий спосіб формування псевдовипадкової послідовності бітів на базі простих рекурентних відображень з хаотичною поведінкою.

II. Опис алгоритму та основні результати

Дискретні нелінійні відображення визначаються видом функції відображення та значенням параметрів керування

$$x(n+1) = f(x(0), x(n), a), \quad (1)$$

де $f(*)$ – нелінійна функція, a – параметр керування, $x(0)$ – початкове значення.

Хаотичні сигнали генеруються детермінованими системами типу [1], проте відновити параметри та структуру генератора на основі перехопленого сигналу складно, за винятком найпростіших систем.

Розглянемо логістичне рівняння, що описується наступним рекурентним співвідношенням

$$x(n+1) = rx(n)(1-x(n)), \quad (2)$$

де r – параметр керування, $r \in (0, 4)$.

В залежності від параметра r послідовність чисел, що утворюється при ітеруванні (1), може бути періодичною або хаотичною. Найпростішим способом отримати псевдовипадкову послідовність бітів $X(n)$ на основі (1) є пороговий метод, згідно якого

$$X(n) = \begin{cases} 1, & x(n) \leq x_n \\ 0, & x(n) > x_n \end{cases}, \quad (3)$$

при $x_n = 0,5$. Проте при такому виборі порогового значення x_n послідовність $X(n)$ буде завідомо незбалансованою, тому що розподіл густини ймовірності значень послідовності чисел $x(n)$ в хаотичному режимі є несиметричним (рис. 2), і в силу ергодичності системи (1) не залежить від початкових умов (за винятком тих, що призводять до генерування періодичної послідовності). Наприклад, при $r = 3,98$ ймовір-

ність $p(x(n) \leq 0,5) \approx 0,455$, що свідчить про незбалансованість довгих послідовностей генерованих за допомогою (2) і (3) при $x_n = 0,5$.

Обмеження розрядності представлення чисел при комп'ютерному моделюванні хаотичних систем призводить до втрати «хаотичності». Незалежно від формату обчислень, отримані реалізації хаотичних сигналів будуть псевдохаотичними, тобто будуть повторюватися. При проведенні розрахунків у форматі з фіксованою точкою максимально можливої період повторення буде 2^m , m – розрядність представлення чисел. Проте він може бути значно меншим і залежати від початкових умов. Якщо розрахунки проводяться з плаваючою точкою, то періодичність розв'язків залежатиме від особливостей апаратного і програмного забезпечення.

Нами запропоновано наступний алгоритм формування псевдовипадкових послідовностей:

1. Беремо k різних хаотичних систем типу (1) (або однакових, але з різними значеннями керуючих параметрів і/або початкових умов).
2. Знаходимо значення медіани розподілу чисел $x(n)$ для вибраних систем та приймаємо їх за порогове значення x_n .
3. Згідно (3) формуємо бітові послідовності X_k .
4. Формуємо псевдовипадкову послідовність за законом

$$Y(n) = X_k(n) \oplus (X_{k-1}(n) \oplus (\dots \oplus X_1(n))). \quad (4)$$

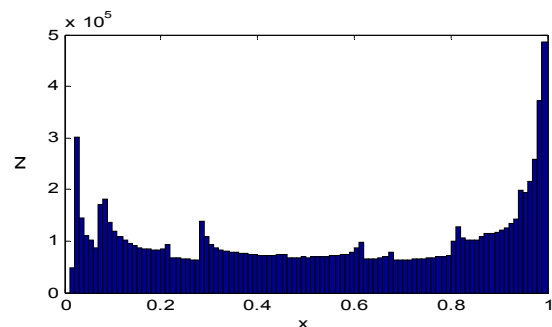


Рис. 2. Гістограма розподілу послідовності чисел $x(n)$, генерованих логістичним рівнянням при $r = 3,98$. N – кількість попадань $x(n)$ в послідовні інтервали $\Delta x = 0,01$.

Згідно описаного алгоритму було сформовано послідовність бітів довжиною 10^7 , яка при тестуванні розбивалася на 100 послідовностей по 10^5 біт кожна (за виключенням тестів 9, 15, для яких використано 10 послідовностей по 10^6 біт). Розрахунки проводилися з точністю 32 двійкових знаків після коми. Методика тестування та інтерпретації результатів детально описана у [6]. Параметри тестів було вибрано за умовчанням.

Результати тестування послідовностей, отримані згідно (4) при $k = 4$ і $k = 5$, наведено в таб. 1. Для тестів, відмічених (*), вказано кількість послідовностей, що пройшли тест, і загальна кількість послідовностей.

Тест вважається пройденим, якщо частка послідовностей, що пройшли тест, не менша за 0,96 при тестуванні 100 послідовностей, а значення статистики тесту по всіх послідовностях $P_{\text{value}} > 0,01$.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

Результати тестування згенерованої псевдовипадкової послідовності за допомогою тестів NIST

№	Назва тесту	Частка послідовностей, що пройшли тест		Значення статистики тесту по всіх послідовностях, P_{value}	
		$k = 4$	$k = 5$	$k = 4$	$k = 5$
1	Frequency (Monobit) Test	0,99	1,00	0,000320	0,249284
2	Frequency Test within a Block	1,00	0,99	0,202268	0,153763
3	Runs Test	0,48	0,88	0,000000	0,000000
4	Test for the Longest Run of Ones in a Block	1,00	1,00	0,437274	0,419021
5	Binary Matrix Rank Test	1,00	0,97	0,779188	0,911413
6	Discrete Fourier Transform (Spectral) Test	1,00	1,00	0,007694	0,007694
7	Non-overlapping Template Matching Test*	136/148	147/148	142/148	148/148
8	Overlapping Template Matching Test	0,91	0,99	0,000017	0,455937
9	Maurer's "Universal Statistical" Test	1,00	1,00	0,350485	0,350485
10	Lempel-Ziv Compression Test	0,96	0,98	0,000216	0,304126
11	Linear Complexity Test	0,99	0,99	0,759756	0,319084
12	Serial Test	0,96 0,96	1,00 1,00	0,001895 0,001895	0,334538 0,534146
13	Approximate Entropy Test	0,87	0,98	0,000000	0,514124
14	Cumulative Sums (Cusum) Test	1,00 1,00	0,99 0,99	0,000233 0,017912	0,595549 0,719747
15	Random Excursions Test*	8/8	5/8	8/8	8/8
16	Random Excursions Variant Test*	18/18	18/18	15/18	18/18

Із таб. 1. слідує, що збільшення числа k призводить до збільшення частки послідовностей, що проходять тест, і покращує статистику P_{value} . При $k = 5$ тестована послідовність є псевдовипадковою за 14-а критеріями із 16-ти.

При збільшенні точності обчислень до 64 двійкових знаків після коми і $k = 4$ досліджувана послідовність задовільнила критерії псевдовипадковості для всіх тестів.

III. Висновки

Запропоновано та реалізовано спосіб формування псевдовипадкових послідовностей на базі дискретних хаотичних систем. Для забезпечення збалансованості послідовності як порогове значення використано медіану розподілу ймовірності значень чисел, генерованих хаотичною системою. На базі розв'язків логістичного рівняння сформовано і досліджено тестову послідовність. Результати дослідження підтвердили псевдовипадковість отриманих послідовностей.

IV. Список літератури

- [1] Політанський Л.Ф. Програмно-апаратна реалізація логістичного відображення для конфіденційного передавання інформації / Л.Ф. Політанський, О.М. Еліяшів, Н.Г. Гладун. // XVI International Conference "Dynamical system modeling and stability investigation", 29-31 May, 2013
- [2] Eliashiv O.M. Software implementation of multi-user text messaging system using logistic map / O.M. Eliashiv, L.F. Politanskii, N.G. Hladun, R. L. Politanskii // Eastern European Scientific Journal – 2014. -№3.-P 11-15
- [3] Політанський Р.Л. Кодування каналу передавання даних, шифрованих псевдовипадковими послідовностями / Р.Л. Політанський, Л.Ф. Політанський, П.М. Шпатар, П.В. Іванюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – №1/9(61). – С. 61–64.
- [4] Захарченко Н.В. Метод синтеза шумового сигнала гауссова типа на основе систем с динамическим хаосом / Н.В. Захарченко, Б.К. Радзимовский, В.В. Корчинский // Восточно-

Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/10(56). – С. 25 – 27.

- [5] Радзимовский Б.К. Бинарные последовательности на основе систем с динамическим хаосом/ Б.К. Радзимовский// Збірник наукових праць ОНАЗ ім. О.С.Попова. – 2012. – № 2. – С. 82 – 86.
- [6] A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-22-rev1a/SP800-22rev1a.pdf>

FORMATION OF PSEUDORANDOM SEQUENCES BASED ON DISCRETE CHAOTIC SYSTEMS

Haliuk S. Politanskii L.

Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The research focused on the use of deterministic chaotic systems in information technology is actual in recent years.

In these thesis we propose and implement the method of forming pseudo-random sequences based on discrete chaotic systems.

In order for the number of ones and zeros in a sequence are approximately the same as would be expected for a truly random sequence we suggest to use as threshold value the median of distribution chaotic signals. Using this threshold value we form k independent sequences that are summarized by the operation XOR. So is obtained pseudorandom sequence $Y(n)$, where $n = 1, 2 \dots$. When k increases, the sequence $Y(n)$ is more random.

Using the solutions of logistic equations we form and investigate the test sequence. The results of the study confirm that the test sequence is pseudorandom.

Also we discuss the problem of representing number in floating and fixed point for numerical solution of chaotic systems.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки

23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

THE FIXED POINTS OF NONLINEAR DISCRETE DYNAMICAL SYSTEMS

Ivaniuk Petro ^{1,2}

¹Department of Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, E-mail: ivanyukpetro@gmail.com.

²Équipe Calcul Formel, Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille, Université de Lille 1 – Sciences et Technologies, Lille, France.

Abstract. – In this paper, the fixed points of the tent map different periods are studied. A Maple implementation of well known approach investigating of discrete dynamical systems are presented.

Keywords: – tent map, Chaotic Pseudorandom Number Generators, bifurcation parameter.

I. Introduction

Nonlinear discrete dynamical systems widely used in engineering application. In particular for creating Chaotic Pseudorandom Number Generators(CPRNG) that have properties which guaranty the uniqueness of generated sequences [1]. In fact, relatively simple systems for the certain parameter values can display highly complex behavior.

II. Investigation of the fixed points of nonlinear discrete dynamical systems

Discrete dynamical systems are generally described as iterative map $f : \mathfrak{R}^k \rightarrow \mathfrak{R}^k$ given by their state equation

$$x_{n+1} = f(x_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

where x_0 is the initial state, k is the dimensionality of the state space, $x_n \in \mathfrak{R}^k$ is the state of the system at time n , and x_{n+1} denotes the next state. There are three basic properties of chaos – mixing, periodicity and sensitivity to initial condition. Chaotic oscillation occur only under certain value of initial condition.

One is the simplest iteration function is the tent map $T : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ defined by

$$T(x_{n+1}) = \begin{cases} \mu \cdot x_n, & 0 \leq x_n < 1/2 \\ \mu(1 - x_n), & 1/2 \leq x_n < 1, \end{cases} \quad (2)$$

where $x_n \in [0, 1]$, and $\mu \in [0, 2]$ is a bifurcation parameter that controls the properties of the tent map.

Systems displays sensitivity to initial conditions for the parameter value $\mu = 2$. Graphical iteration of tent map shown in Figure 1 for bifurcation parameter $\mu = 2$ and initial seed (a) $x_0 = 0.3$ and (b) $x_0 = 0.3001$. Iterative procedure may be set in repeated two-step algorithm:

1. Draw a vertical line to the function.
2. Draw a horizontal line to the diagonal; go back to 1.

According to definition 1 [2, p.273] for the system (2), a fixed point of period N is a point at which $x_{n+N} = f^N(x_n) = x_n$, for all n .

Graphically, the fixed point can be found by identifying intersections of the function $T(x)$ with the diagonal. The tent map has two fixed points of period one. The fixed points of period one can be attracting, repelling or indifferent.

To determined fixed points of period two, it is necessary to find function of the function $T^2(x) = T(T(x))$ and so repeated for next fixed point. The tent map has two fixed points of period two. The process can be repeated to determine points of any period for the tent map.

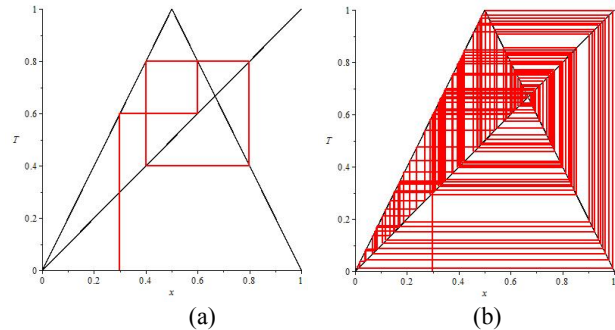


Figure 1. Graphical iteration when $\mu = 2$ for 200 iteration: (a) $x_0 = 0.3$ and (b) $x_0 = 0.3001$.

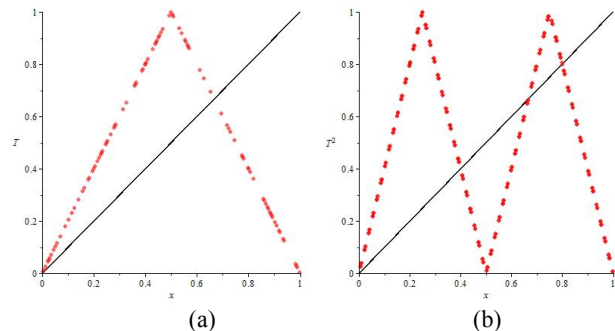


Figure 1. The graph of tent map when $\mu = 2$, $x_0 = 0.2001$ for 200 iteration: (a) $T(x)$ and (b) $T^2(x)$.

The function $T^2(x)$ defined by

$$T^2(x) = \begin{cases} 2 \cdot \mu \cdot x_n, & 0 \leq x_n < 1/4 \\ \mu(1 - 2 \cdot x_n), & 1/4 \leq x_n < 1/2 \\ \mu(2 \cdot x_n - 1), & 1/2 \leq x_n < 3/4 \\ \mu(2 - 2 \cdot x_n), & 3/4 \leq x_n \leq 1. \end{cases} \quad (3)$$

The sequences generated functions of tent map for fixed points different periods are differ and possess good properties for construction Chaotic Pseudorandom Number Generators.

All the symbolic computation and the plot of the figures are performed on the Maple software.

III. Conclusion

In conclusion, was made investigation of the fixed points of nonlinear discrete dynamical systems for examples tent map. Additionally was shown possibilities to construct different functions that can be used for creation new types Chaotic Pseudorandom Number Generators.

IV. References

- [1] Kotulski Zbigniew, et al. "On constructive approach to chaotic pseudorandom number generators." Proc. Regional Conf. on Military Communication and Information Systems (RCMIS 2000). Vol. 1. 2000.
- [2] Lynch, Stephen. Dynamical Systems with Applications Using Maple TM. Birkhäuser, 2010.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

**СЕКЦІЯ 3.
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ
МЕТОДИ В РАДІОЕЛЕКТРОНІЦІ ТА
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ**

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗПРОВІДНОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ WI-FI

Михалевський Д.В.

*Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет,
Вінниця, Україна, E-mail: adotq@ukr.net*

Анотація. – в даній роботі проводиться аналіз факторів, які мають вплив на характеристики безпроводного каналу передачі у мережах стандарту Wi-Fi.

Ключові слова: безпроводний канал, Wi-Fi, моделювання.

I. Вступ

На даний час спостерігається значне впровадження та розгортання безпроводних мереж, як в Україні, так і світі. В першу чергу, цьому сприяє широка доступність та простота використання локальних безпроводних мереж для широкого використання інфокомунікаційних послуг високої якості та стрімкий розвиток концепції інтернету речей.

Саме стрімке збільшення кількості таких мереж, призводить до виникнення ряду факторів, які мають вплив на якість передачі трафіку, що ставить актуальним пошук нових методів та засобів для мінімізації впливу цих факторів. Одним із таких напрямків є математичне моделювання безпроводних мереж, що характеризується рядом особливостей.

II. Основна частина

Для моделювання будь-якої безпроводної мережі необхідно висунути ряд вимог які наведені у [1]. Сформулюємо їх для безпроводних мереж стандарту Wi-Fi.

В першу чергу необхідно визначити умови поширення радіосигналів у середовищі передачі інформації. Для мереж стандарту Wi-Fi правильна оцінка всіх можливих завод є ключовим моментом адекватності моделі мережі, яка проектується.

Друга вимога – характеристики трафіку. Це включає в себе відомості про кількість абонентів, а також види трафіку на який розраховується мережа. Із впровадженням нових форматів мультимедійного трафіку та поширення концепції інтернету речей це має високий вплив на завантаження каналів безпроводної мережі, а особливо при збільшенні кількості активних абонентів.

Третя вимога, полягає із використовуваними методами передачі та кодування інформації. Особливістю каналу Wi-Fi є те, що інформація може передаватись тільки в напівдуплектному режимі. Крім того сучасні стандарти передбачають використання діапазонів частот 2,4ГГц та 5 ГГц, а також технологію розширення спектра.

Четверта вимога – характеристики обладнання яке використовується для створення безпроводної мережі та каналів передачі. Для стандарту Wi-Fi розроблено багато методів та засобів для покращення характеристик каналів передачі. Для прикладу, можна привести технологію передачі трафіку по декількох паралельних радіоканалах, яка отримала назву MIMO.

До п'ятої вимоги відноситься врахування параметрів електромагнітної сумісності. Особливого поширення це набуло у містах із складною забудовою житлових комплексів. В таких місцях, як правило може існувати до декількох десятків безпроводних локальних мереж, та декілька мереж провайдерів, крім того в даному частотному діапазоні, можуть працювати інші побутові пристрої. В такому випадку це є одним із факторів погіршення характеристик безпрові-

дного каналу передачі, оскільки у мережах Wi-Fi використовується обмежена кількість частотних каналів, а при використанні технології MIMO використовується декілька передавальних та приймальних пристроїв один біля одного.

Аналізуючи поставлені вимоги, можна сказати, що для сучасних видів мультимедійного трафіку, модель безпроводної мережі буде значно громіздкою, а вагомий вплив будуть вносити параметри фізичного каналу передачі. Крім того, одною із головних характеристик радіосистем прийнято вважати потужність передавача, яка має найбільший вплив на швидкість передачі інформації

Тому, в першу чергу як найпростішу модель безпроводної мережі можна визначати як модель радіоканалу із двома парами передавач-приймач, кожна з яких працює на одну антену і має основний параметр потужність випромінювання корисного радіосигналу на антені.

III. Висновки

Таким чином, для оцінки характеристик безпроводних локальних Wi-Fi мереж необхідно створити математичну модель яка повинна враховувати максимальну кількість параметрів які мають вплив на пропускну здатність при перенесенні трафіка від точки доступу до абонентів.

IV. Список літератури

- [1] Гуреев А.В. Компьютерное моделирование беспроводных сетей и проблемы их электромагнитной совместимости / А.В., Гуреев В.А. Кустов // Исследовано в России. – 2012. – №2. – С. 1505-1518.
- [2] Michalevskiy D. The research of wi-fi channel for multimedia traffic / V. E. Mondlyak, R. O. Krasota // Вимрювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №2. – С. 175-178.

DESIGN FEATURES WIRELESS CHANNEL STANDARD OF WI-FI

Michalevskiy D.V.

*Department of telecommunicational systems and television,
Vinnytsia national technical university, Vinnitsa, Ukraine*

In this paper analyzes the factors that affect the characteristics of the wireless channel in the network standard Wi-Fi.

Currently, there is a significant implementation and deployment of wireless networks, both in Ukraine and the world. First of all, this contributes to the wide availability and easy use of local wireless networks for a wide use of information and communication services of high quality and rapid development of the concept of the Internet of things.

This rapid increase in the number of networks leads to a number of factors that affect the quality of the traffic that puts the current search for new methods and tools to minimize the impact of these factors. One of these areas is the mathematical modeling wireless networks, characterized by a number of features.

Thus, to evaluate the performance of wireless local area Wi-Fi networks need to create a mathematical model which should take into account the maximum number of parameters that affect bandwidth when transferring traffic from the access point to customers.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ОЦІНЮВАННЯ СКАЛЯРНОГО ПАРАМЕТРА АСИМЕТРИЧНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ВИБІРКОВИМИ ЗНАЧЕННЯМИ

Івченко О.В., Івченко Д.В

Кафедра радіотехніки, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,
E-mail: sania_ivchenko@ukr.net

Анотація. – В роботі наведені результати оцінювання параметра асиметрії негаусового асиметричного випадкового процесу на основі застосування адаптованого методу максимізації полінома та моментно-кумулянтного опису випадкових процесів при різних видах кореляційного зв'язку між вибірковими значеннями. Наведені результати моделювання і ефективність оцінок в залежності від виду кореляційного зв'язку.

Ключові слова: негаусові випадкові сигнали, оцінювання параметрів, метод максимізації полінома, дисперсія оцінки, кореляція.

I. Вступ

Аналіз нових алгоритмів методу максимізації полінома, щодо оцінювання параметрів негаусових корельованих випадкових сигналів по їх вибірковій реалізації вимагає проведення дослідження впливу різних видів кореляційного зв'язку на точність оцінювання.

II. Оцінювання асиметрії асиметричного випадкового процесу

Відомі вирази кореляційних функцій, які широко використовуються на практиці [1]. Зокрема, кореляційна функція періодичного процесу має наступний аналітичний вираз:

$$R_{xx}(\tau) = \sigma^2 \frac{1}{2} \sum_{R=1}^n A_R^2 \cos \omega_R \tau$$

де σ^2 - дисперсія випадкового процесу,

A - амплітуда гармонійного сигналу,

ω - частота,

τ - час кореляції.

Графічний вираз даної функції зображений на рис. 1, а.

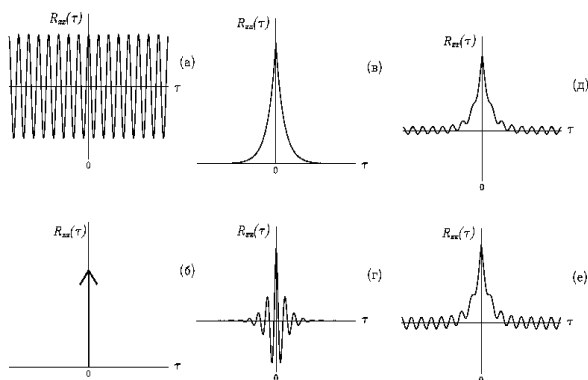


Рис.1. Кореляційні функції гармонійного сигналу з випадковою початковою фазою (а), білого шуму (б), кольорового шуму (в), вузькосмугового шуму (г), суми гармонійного сигналу з випадковою початковою фазою і кольорового шуму (д), суми гармонійного сигналу з випадковою початковою фазою і вузькосмугового шуму (е)

Процес на виході низькочастотного RC - фільтру має кореляційну функцію такого аналітичного виразу:

$$R_{xx}(\tau) = \sigma^2 e^{-A|\tau|} \quad (1)$$

Процес на виході коливного контуру має кореляційну функцію вигляду:

$$R_{xx}(\tau) = e^{-A|\tau|} \cos \omega \tau \quad (2)$$

На рис. 1 наведені обчислені теоретично кореляційні функції деяких процесів, які найбільш поширені в практичних дослідженнях.

Таким чином, існує ряд практичних задач, де обробка статистично залежних вибіркових значень є актуальною. Тому виникає необхідність розширення математичного апарату оцінювання параметрів випадкових процесів при їх моментно-кумулянтному описі на багатовимірний випадок.

Проведемо дослідження асиметричного корельованого випадкового процесу 1-го типу [2].

Розглянемо побудову алгоритмів знаходження оцінок параметра асиметрії $\theta = \gamma_3$ за умови апріорної визначеності про істинні значення кумулянтних функцій $\chi_2(\theta)$,

$$\chi_{11}^{v,k}(t_v, t_k; \theta), \chi_{12}^{v,k}(t_v, t_k; \theta) = 0.$$

При цьому статистичний зв'язок другого порядку, що спостерігається між вибірковими значеннями, характеризується функцією кореляції (кумулянтною функцією другого порядку), яка приймає вид (1), (2), що можливо при проходженні досліджуваного процесу через RC – фільтр і коливний контур.

Таким чином кумулянтна функцій, що визначає кореляційний зв'язок досліджуваного процесу має вигляд:

$$\chi_{11}^{(v,k)}(t_v, t_k; \theta) = \chi_2(\theta) R_{vk}(\tau),$$

а нормована кумулянтна функція (коефіцієнт кореляції) дорівнює $R_{vk}(\tau) = e^{-A|\tau|}$ і $R_{vk}(\tau) = e^{-A|\tau|} \cos \omega \tau$ де, $A > 0$ – коефіцієнт.

Інтервал кореляції визначається як:

$$\tau_0 = \int_0^{\infty} R_{vk}(\tau) d\tau = \int_0^{\infty} e^{-A|\tau|} d\tau = \frac{1}{A} \quad (3)$$

Рівняння максимізації полінома третього степеня [3], з якого знаходиться оцінка параметра γ_3 асиметричного корельованого випадкового процесу, набуває вигляду:

$$\left. \begin{aligned} & \sum_{v=1}^n h_{1v} (R_{jv}, \theta) [x_v - \alpha_1(\theta)] + \\ & + \sum_{v=1}^n h_{2v} (R_{jv}, \theta) [x_v^2 - \alpha_2(\theta)] + \\ & + \sum_{v=1}^n h_{3v} (R_{jv}, \theta) [x_v - \alpha_3(\theta)] \end{aligned} \right|_{\theta=\gamma_3} = 0$$

де $h_{iv}(R_{jv}, \gamma_3)$ - невідомі коефіцієнти, що знаходяться з рішення системи трьох лінійних алгебраїчних рівнянь [2].
 $\alpha_i(\gamma_3)$ - моменти випадкового процесу.

Асимптотична дисперсія оцінки параметра ε_3 згідно методу максимізації полінома буде визначатися як:

$$\sigma_{(\gamma_3)3}^2 = \frac{1}{J_{3n}(\gamma_3)} = \left[\sum_{v=1}^n \frac{\Delta_{33v}(\gamma_3, R_{jv})}{\Delta_3(\gamma_3, R_{jv})} \chi_{2,5}^{1,5} \right]^{-1},$$

$$\Delta_3(\theta, R_{vk}) = \begin{pmatrix} Z_{11} \\ Z_{21} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_{12} \\ Z_{22} \end{pmatrix},$$

$(Z_{11}), (Z_{12}), (Z_{21}), (Z_{22})$ — матриці, що складені з

елементів $K_{ij}^{(v,k)}(t_v, t_k; u)$, $i, j = 1, 2$, $v, k = 1, n$, відповідно.

На рис. 2 наведена залежність дисперсії оцінки γ_3 асиметричного корельованого процесу від параметра кореляції A при фіксованому значенні об'єму вибірки n та параметра асиметрії γ_3 при експоненційній кореляційній функції.

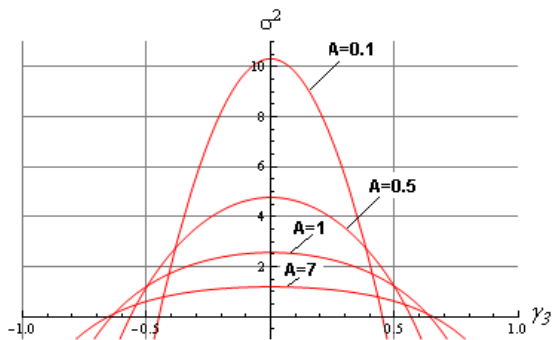


Рис.2. Графік залежності дисперсії оцінки γ_3 від пара-

метра асиметрії γ_3 при фіксованих значеннях об'єму вибірки $n=1000$ і параметра кореляції A .

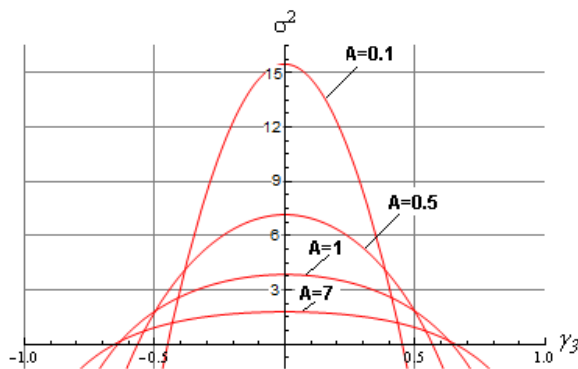


Рис.3. Графік залежності дисперсії оцінки γ_3 від параметра асиметрії γ_3 при фіксованих значеннях об'єму вибірки $n=1000$ і параметра кореляції A .

На рис. 3 наведена залежність дисперсії оцінки γ_3 асиметричного корельованого процесу від параметра кореляції A при фіксованому значенні об'єму вибірки n та параметра асиметрії γ_3 при експоненційно-косинусній кореляційній функції.

Аналіз наведених графіків показує, що експоненційно-косинусній статистичний зв'язок між вибірковими значеннями призводить до збільшення дисперсії оцінки.

III. Висновки

1. Отримані формули для знаходження оцінки асиметрії асиметричного корельованого випадкового процесу при його моментно-кумулянтному описі методом максимізації полінома.

2. Отримані формули для визначення дисперсії знайденої оцінки. Показана залежність дисперсії оцінки від значень інтервалу кореляції між вибірковими значеннями і від виду кореляційної функції.

4. Показано, що на значення дисперсії оцінки впливають параметри негаусовості (коефіцієнт асиметрії), тому врахування в алгоритмі обробки випадкових даних всіх моментних функцій дозволяє підвищувати точність оцінювання.

IV. Список літератури

- [1] Кендалл М., Стюарт А. Статистические выводы и связи: Пер. с англ./ Под ред. А.Н. Колмогорова. — М.: Наука, 1973. — 900 с.
- [2] Палагін В.В., Івченко О.В. Особливості оцінювання параметрів статистично залежних випадкових величин // Вісник ЧДТУ. — 2009. — №1. — С. 73 — 78.
- [3] Палагін В.В., Івченко О.В. Адаптація методу максимізації полінома для оцінки параметрів випадкових величин за статистично-залежною вибіркою// Системи обробки інформації. — Харків, 2009. — вип. 2(76).
- [4] Кунченко Ю.П., Лега Ю.Г. Оценка параметров случайных величин методом максимизации полинома. -К.: Наукова думка, 1992. -180с.

EVALUATION SCALAR PARAMETER ASYMMETRIC STOCHASTIC PROCESS IN DIFFERENT SPECIES CORRELATION

Ivchenko A.V.¹, Ivchenko D.V.²

¹ Cherkasy State Technological University, Cherkassy, Ukraine

² Department of Electronic Devices, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine.

In the article examined a resolution problème for the estimation of parameters of correlated quantity are no Gaussian assumed that variate description of cumulant and moment . In the article presentation the algorithm of the adapted method of maximization of polynomial is resulted for finding of estimations of parameters statistically dependent no Gaussian assumed that variate description of cumulant and moment.

1 formula for estimation of the asymmetry asymmetrical correlated random prytseesu at its moment-cumulant description maximizing polynomial method.

2 Formulas for determining the variance estimates found. The dependence of the variance of the estimate values range correlation between sample values and the type of correlation function.

4 It is shown that the variance of the estimate value vply-ing nehausovosti parameters (coefficient of skewness) as consideration in the algorithm processing random data all moment functions can increase the accuracy of assessment.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
 23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

СТОХАСТИЧНІСТЬ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

Зіньковський Ю.Ф., Уваров Б.М.

Кафедра радіоконструювання, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна, E-mail: kyivbmi@ukr.net

Анотація. – Розглянуті проблеми створення математичних моделей функціональних характеристик радіоелектронних апаратів з врахуванням стохастичної природи реальних фізичних процесів та величин. Стохастичні рівняння математичних моделей всіх процесів перетворення енергії одержані з системи диференціальних рівнянь Лагранжа. Їх інтегрування дає стохастичні функціональні характеристики радіоелектронного апарату. Це дає множину технічних рішень (у межах розсіювання характеристик), з якої й можливо обрати варіант радіоапарату, оптимальний в умовах застосування.

Ключові слова: радіоапаратура, математичні моделі процесів, стохастичні функціональні характеристики.

I. Вступ

Проектування радіоелектронного апарату (РЕА) починається зі створення математичних моделей для всіх процесів, що протікають у ньому. Фізичні величини, що входять у системи рівнянь моделей, необхідно розглядати як стохастичні, тому й самі рівняння також уявляти стохастичними. У результаті інтегрувань систем диференціальних рівнянь одержимо вирази для функціональних характеристик РЕА – також стохастичні.

Це означає, що результатом проектування буде множина варіантів технічних рішень, з якої і необхідно обрати оптимальний варіант.

II. Методи створення математичних моделей процесів у РЕА

Математичні моделі процесів, які здійснюються у радіоелектронній апаратурі (РЕА), повинні базуватися на фундаментальних принципах фізики – у першу чергу на законі збереження енергії, який у детермінованому вигляді можна подати так:

$$d(T + U) = \delta A = Fds, \quad (1)$$

де T – кінетична енергія; U – потенціальна; A – робота сили F на переміщенні ds .

З рівняння (1) одержують систему диференціальних рівнянь Лагранжа:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial U}{\partial q_j} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_j} = Q_j, \quad j=1, 2, \dots, k, \quad (2)$$

де Φ – функція розсіювання енергії (функція Релея); Q – узагальнена сила; q_j – узагальнені змінні.

Рівняння (2) відображають фундаментальну природу будь-якого енергетичного процесу й можуть бути застосовані для знаходження параметрів кожного з них, якщо визначені вирази для різних форм енергії та функції розсіювання енергії як функцій узагальнених координат q_i .

Так, наприклад, моделі електромагнітних процесів – це відомі рівняння Максвелла [1]; моделі процесів у електричних колах як відповідні диференціальні рівняння наведені у [2]; моделі механічних коливальних процесів – у [3]; моделі процесів тепломасообміну – у [4].

Але усі фізичні величини в дійсності є імовірнісними, й для кожної з них необхідно визначити імовірнісні характеристики – функцію розподілу чи щільність розподілу імовірності.

Тому рівняння (2) необхідно записати у вигляді:

$$\left[\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right]^{st} - \left[\frac{\partial T}{\partial q_i} \right]^{st} + \left[\frac{\partial U}{\partial q_i} \right]^{st} + \left[\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} \right]^{st} - Q_i^{st} = 0, \quad i=1, \dots, k; \quad (3)$$

верхнім символом "st" (stochastic – стохастичний) тут і далі позначені стохастичні властивості відповідних величин та функцій.

Вирази для різних форм енергії та функції розсіювання як функцій узагальнених координат q_i мають вигляд:

$$T^{st} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n a_i^{st} (\dot{q}_i^{st})^2 \quad \text{– для кінетичної енергії;}$$

$$U^{st} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n c_i^{st} (q_i^{st})^2 \quad \text{– для потенціальної енергії;}$$

$$\Phi^{st} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n b_i^{st} (\dot{q}_i^{st})^2 \quad \text{– для функції розсіювання Релея,}$$

де узагальнені коефіцієнти: a_i^{st} – інерції; c_i^{st} – жорсткості; b_i^{st} – розсіювання енергії.

Якщо ж вихідні рівняння (3) будуть стохастичними, то й одержані з них диференціальні рівняння процесів, протікаючих у РЕА – електромагнітних, електричних, механічних, тепломасопереноса – також повинні бути стохастичними, а розв'язки останніх (рівняння функціональних характеристик) – відображати їх стохастичну природу, й характеризуватися функціями розподілу, математичним сподіванням, дисперсією.

Методи інтегрування стохастичних диференціальних рівнянь суттєво відрізняються від звичайних правил інтегрування для детермінованих функцій та процесів й розглянуті у [5,6]. Для цих операцій використовують інтеграл Іто, Стратоновича, числові методи статистичного моделювання. Головна задача при такому підході – одержати невідоме раніше рішення вихідного стохастичного диференціального рівняння (чи системи таких рівнянь).

Для детермінованих моделей розв'язки вихідних диференціальних рівнянь у багатьох випадках відомі: так, наприклад, з системи (2) після відповідних перетворень можна одержати: рівняння Максвелла для електромагнітних процесів, диференціальні рівняння для струмів та напруг у електричних колах, процесів тепломасопереноса, механічних коливальних процесів.

Таким чином, взявши за основу детерміновані вирази для функціональних характеристик РЕА, які є у наявності, та виявивши стохастичну природу входять у них фізичних величин, можливо одержати стохастичні вирази цих характеристик, оминаючи інтегрування вихідних стохастичних диференціальних рівнянь.

При такому підході можливо вважати, що математичні перетворення, позначені символами похідних від стохастичних величин, тобто $\left[\frac{\partial T}{\partial q} \right]^{st}$, $\left[\frac{\partial U}{\partial q} \right]^{st}$ та ін. є оператор-

ними зображеннями математичних скінченних переходів

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

(по суті аналогічних детермінованим) від первісної стохастичної величини до зображення її похідної, причому методи цього переходу можна не розглядати. Зворотні переходи (інтегрування диференціальних стохастичних рівнянь, також без деталізації математичних операцій) дозволять одержати розв'язки вихідних рівнянь на основі відомих детермінованих рішень у вигляді стохастичних функцій.

На основі розв'язків рівнянь (3) можуть бути побудовані математичні моделі для векторів $Y = Y(X, P, Q)$ – функціональних характеристик РЕА (вектори: X – керуючі впливи на РЕА, P – внутрішні процеси, Q – зовнішні впливи); всі вирази для цих векторів, деталізовані до рівня математичних чи критеріальних рівнянь, логічних співвідношень – повинні розглядатися як стохастичні, з відповідними імовірнісними характеристиками.

Для процесів, що протікають у РЕА вектори X, P, Q – стохастичні незалежні одна від одної функції; такі умови незалежності виконуються у більшості реальних РЕА. Самі вектори X, P, Q повинні характеризуватися щільностями імовірності $f(x), f(p), f(q)$ відповідно, й тоді щільність імовірності вектора Y :

$$f_y[Y(X, P, Q)] = f(x)f(p)f(q),$$

Його числові імовірнісні характеристики:
– математичне сподівання:

$$m_y = M_y[Y(X, P, Q)] = \int \int \int Y(X, P, Q) f(x) f(p) f(q) dx dp dq;$$

– дисперсія:

$$D_y = D_y[Y(X, P, Q)] = \int \int \int [Y(X, P, Q) - m_y]^2 f(x) f(p) f(q) dx dp dq;$$

– середньоквадратичне відхилення: $\sigma_y = \sqrt{D_y}$.

III. Умови успішності проектування РЕА

Метою проектування РЕА є одержання технічного пристрою з цільовою функцією Z , показники якої відповідають значенню Z_p , визначеному у ТЗ.

Умови успішності проектування у загальному вигляді можливо подати так:

$$Z_{pmin} \leq Z \leq Z_{pmax}, \quad (4)$$

де Z_{pmin}, Z_{pmax} – мінімальне та максимальне допустимі значення функції Z , яка повинна бути одержана при проектуванні.

Для вектору Z_p у ТЗ звичайно задають допуски $\pm \Delta Z_p$, в межах яких необхідно одержати його значення у процесі проектування, а закон розподілу функції вектора повинен бути також заданим.

Таким чином, $Z_{pmin} = Z_p - \Delta Z_p$, $Z_{pmax} = Z_p + \Delta Z_p$, й рівняння (4) можна записати у вигляді:

$$1 - \delta Z_p \leq \frac{Z}{Z_p} (1 \pm \delta Z) \leq 1 + \delta Z_p, \quad (5)$$

де відносні відхилення $\delta Z_p = \Delta Z_p / Z_p$, $\delta Z = \Delta Z / Z$.

Вираз (5) – умови успішності проектування, тобто виконання умов відповідності одержаних характеристик заданим; це стохастичне рівняння, у якому для кожної складової повинні бути визначені щільність розподілу, математичне сподівання, дисперсія.

Імовірнісні та числові характеристики одержаного під час проектування вектору $Z = Z(Y_1, \dots, Y_k)$ будуть визначені характеристиками векторів Y_k , тобто й характеристиками векторів X, P, Q .

На подальших етапах проектування РЕА з одержаної множини необхідно відібрати функцію, вихідні характеристики якої найбільш відповідають вимогам технічного завдання (ТЗ), а реальну конструкцію з обраними характеристиками оптимізувати.

IV. Висновки

У процесі проектування радіоелектронного апарату (також й будь-якого технічного об'єкту) математичні моделі протікаючих у ньому процесів необхідно розглядати як стохастичні, для чого потрібно визначати їх імовірнісні характеристики

Результатом проектування РЕА буде множина конструктивних варіантів (теоретично – нескінченна), межі розсіювання характеристик кожного з яких визначаються стохастичністю фізичних процесів та первинних фізичних величин, які у цих процесах беруть участь.

Це значно розширює можливість одержати реальну конструкцію РЕА з функціональними характеристиками, оптимальними в умовах застосування.

V. Список літератури

- [1] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. — Изд. 7-е, испр. — М. Наука, 1988. — 512 с.
- [2] Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Сов. радио, 1982. — 624 с.
- [3] Теоретична механіка. Павловський М.А. — К.: Техніка, 2002. — 512 с.
- [4] Лыков А.В. Тепломассообмен (Справочник). 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1978. — 480 с.
- [5] Стратонович Р.Л. Нелинейная неравновесная термодинамика. — М.: Наука, 1985 — 478 с.
- [6] Кузнецов Д.Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: Теория и практика численного решения. — 3-е изд., испр. и доп. — СПб.: СПбГПУ, 2009. — 767 с.

STOCHASTIC MATHEMATICAL MODELS OF THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF ELECTRONIC EQUIPMENT

Zinkovsky Ju.F., Uvarov B.M.

The Department of radiokonstruirovaniye, National technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

Were considered the problems of mathematical models of radio electronic devices (RED) functional characteristics creating, taking into account the stochastics nature of real physical processes and variables. Between all technical devices RED varies a diversity of processes, and the complexity of the design.

In the processes of radio electronic devise designing (and also any technical object)

mathematical models of all processes flowing in it should be considered as stochastics, which requires determination of probabilistic characteristics.

Stochastic equations of mathematical models of all energy conversion processes may be obtained from the differential equation of Lagrange; it gives mathematical models of processes: electromagnetic, electrical, heat mass transfer, mechanical. The result of their integration – and expression for the functional characteristics of radio apparatus: complex gain, amplitude-frequency and transient characteristics of electrical processes, characteristics of thermal field in RED blocks, dynamic amplification factors for transmission and mechanical oscillation, the nature of moisture penetration in the RED case and more.

Consideration of chancibility processes resulting design provides a set of technical solutions (within the scattering characteristics), with also may choose to radio devices, in optimal conditions of use.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДИК СИНТЕЗУ ПАРАМЕТРІВ КОРИГУЮЧИХ КОДІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЇХ ЗАВАДОСТІЙКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Пешкін А.М.

Кафедра телекомунікаційних систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, Україна, E-mail: antonmp90@mail.ru

Анотація. – Розглянуті методи оцінки коригуючих можливостей блокових завадостійких кодів: методика використання простої нижньої границі для оцінки кількості перевірючих символів та методика синтезу оптимальних завадостійких кодів за критерієм максимального наближення до границі Шеннона. Проаналізовано точність результатів за даними методиками. Для методики синтезу оптимальних завадостійких кодів запропонована покращена модель генерації помилок та виконана апробація результатів із використанням покращеної моделі.

Ключові слова: – блокові коди, границя Плоткіна, границя Шеннона.

I. Вступ

На сьогоднішній день в телекомунікаційних системах широко використовуються завадостійкі коди, які дозволяють виявляти та виправляти помилки за рахунок внесення надлишковості. Завдяки використанню завадостійких кодів стає можливим забезпечення необхідної ймовірності помилки, а отже, й необхідної достовірності передачі інформації. Платою за кращу достовірність є зменшення швидкості передачі інформації користувача, з-за необхідності використання ресурсу каналу для передачі як інформаційних, так і надлишкових символів. Максимальна швидкість передачі інформації користувача в моделі дискретного бінарного каналу зв'язку визначається границею Шеннона для дискретного каналу зв'язку.

На етапі проектування систем зв'язку постає задача визначення завадостійкого коду, який дозволить би забезпечити необхідну достовірність і водночас передавати повідомлення джерела з максимально можливою швидкістю, яка визначається границею Шеннона.

Метою роботи є порівняння існуючих методик оцінки параметрів блокових завадостійких кодів [1-5] та аналіз можливості використання методик для визначення оптимального завадостійкого коду за критерієм інформаційної ефективності.

II. Аналіз простої нижньої границі оцінки кількості перевірючих символів у блокових кодах

Розглянемо методику оцінки блокових кодів із використанням простої нижньої границі, яка описана у роботі [5]. Метою даної методики є формування простого способу оцінки кількості перевірючих символів в залежності від необхідної виправної здатності завадостійкого коду.

З формули границі Плоткіна формули мінімальної кодової відстані по Хеммінгу можна вивести рівняння простої нижньої границі:

$$n - k > 4t \quad (1),$$

де n – довжина блоку, t – кількість помилок, які може виправити код, k – кількість інформаційних символів у блоці.

Згідно даної методики, для виправлення однієї помилки необхідно мінімум чотири перевірючих символи. У роботі зазначено, що точність оцінки у 90% може бути досягнута лише для завадостійких кодів, довжина яких перевищує $n=63$. Перевіримо вірність даного твердження, побудувавши

границю Плоткіна із використанням точного і наближеного співвідношення.

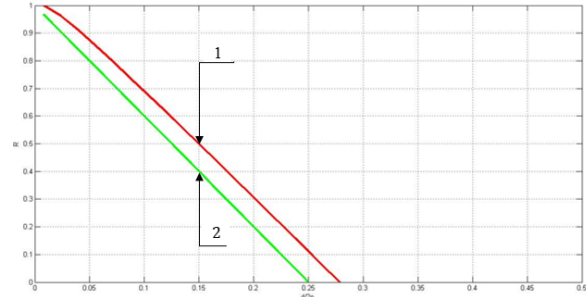


Рис.1. Точна (1) та наближена (2) границі Плоткіна у відносних координатах $(d/2n, R)$ для довжини кодового блоку $n=63$

Проаналізуємо рис.1. Порівняємо параметри завадостійких кодів із використанням точного та наближеного співвідношення. Для $R=0.5$:

- точне співвідношення: $d = 18.9, t = 8.95$
- наближене співвідношення: $d = 15.75, t = 7.37$

Для $d/2n = 0.15$:

- точне співвідношення: кількість перевірючих символів $r = 25.2$
- наближене співвідношення: кількість перевірючих символів $r = 31.5$

Можна зробити висновок, що точність визначення кількості перевірючих символів дорівнює 80%

III. Аналіз методики синтезу завадостійких кодів, оптимальних за критерієм максимального наближення до границі Шеннона

Розглянемо методику вибору оптимальних завадостійких кодів, які максимально наближуються до границі Шеннона, описану у роботах [1-4].

В даній методиці використовується біноміальна модель генерації помилок у бінарному каналі. При використанні даної моделі ймовірність виникнення більше ніж t помилок у блоці з n символів при ймовірності помилки на виході демодулятора $p_{\text{ош}}$ визначається за формулою:

$$P_{\text{ош кк}} = \sum_{j=t+1}^n C_n^j \cdot p_{\text{ош}}^j \cdot (1 - p_{\text{ош}})^{n-j} \quad (2),$$

Даний вираз не має зважувального множника, тому його використання для визначення ймовірності помилки на виході демодулятора є некоректним. Вираз з урахуванням співвідношення для математичного сподівання наведено нижче:

$$P_{\text{ош кк}} = \frac{\sum_{j=t+1}^n C_n^j \cdot p_{\text{ош}}^j \cdot (1 - p_{\text{ош}})^{n-j} \cdot j}{n} \quad (3)$$

Порівняємо результати виразів (2) і (3) побудувавши залежність необхідної виправної здатності від енергетики в каналі.

З рис. 2 видно, що із використанням нової – порівняно з (2) [3-4] – формули (3) ймовірності помилки умови вибору оптимального завадостійкого коду стають більш жорсткішими, тому що для фіксованого h^2 необхідно виправляти більше помилок $(d/2n)$. Також можна зробити висновок, що для випадку $n=511, h^2 > 5.5$ лінії майже співпадають, що дає

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

підстави стверджувати про коректність результатів, отриманих за методиками, наведеними в [1-4], за умов $h^2 > 5,5$.

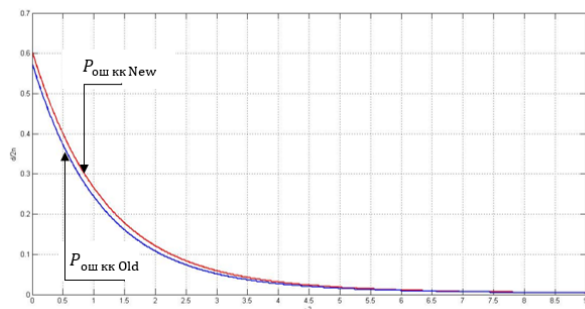


Рис.2. Залежність необхідної виправної здатності коду від енергетики h^2 для «нової» $P_{ош\ кк\ New}$, яка визначається за виразом (3), та «старої» $P_{ош\ кк\ Old}$, яка визначається за виразом (2), ймовірності помилки

IV. Висновки

Використання простої нижньої границі [5] можливе для наближеного визначення кількості перевірочних символів завадостійкого коду, при заданій довжині блоку та необхідній виправній здатності. Недоліками методики є обмеженість області використання кодами з великою довжиною блоку, та відсутність прив'язки знайдених характеристик до частотно-енергетичних параметрів реального каналу зв'язку.

Отримані результати аналізу використання біноміальної моделі генерації у методиці синтезу блокових кодів [1-4] свідчать про сталість співвідношень та незмінність закономірностей для всіх можливих значень параметрів.

Отже, біноміальну модель розподілу помилок можливо використовувати для визначення ймовірності помилки символу на виході декодера та застосовувати у методиці синтезу завадостійких кодів, оптимальних за критерієм максимального наближення до границі Шеннона.

V. Список літератури

- [1] Урывский Л.А., Пешкин А.М. Исправляющая способность блочных помехоустойчивых кодов в пределах аксиоматики Шеннона/Сборник тезисов Второй международной конференции молодых ученых «Инфокоммуникации – современность и будущее». – Одеса, ОНАЗ. – 2012. – ч.1, с.33...37.
- [2] Урывський Л. О. Прокопенко К. А. Умови вибору завадостійкого блокового коду в каналі з заданими показниками достовірності // Вісник інженерної академії України. – 2011. – № 1. - с. 151...154.
- [3] Урывский Л.А., Прокопенко Е.А., Пешкин А.М. Выбор блочного помехоустойчивого кода по критерию максимального приближения к границе Шеннона// Telecommunication science. – 2011, № 2, с.41...47.

[4] Урывский Л.А., Пешкин А.М. Оптимальные помехоустойчивые коды по критерию максимального приближения к границе Шеннона/Сборник тезисов Шестой международной научно-практической конференции «Проблемы телекоммуникаций - 2012». – Київ, ІТС НТУУ «КПІ». – 2012. – с.287...289.

[5] Цурко Д.Ю., к.т.н. Старков М.О. Проста нижня границя оцінки кількості перевірочних символів у блокових кодах // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування.-2011.-№46

COMPARISON OF METHODS OF SYNTHESIS-CORRECTING CODES PARAMETERS TO EVALUATE THEIR NOISEIMMUNITY PROPERTIES

Pieshkin A.M.

Department of telecommunication systems, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

This article concerns the following methodologies: usage of simple lower bound for estimation the number of check symbols and methodology of synthesis of optimal error correcting codes by the criterion of approach the Shannon bound. The objective is to compare existing techniques for estimating the parameters of block noise proof codes [1-5] and analysis of the possibility of using methodologies to determine the optimal error correcting code on the criterion of informational efficiency.

Analyses of simple lower bound revealed that quantity of check symbols might be determined with accuracy better than 80% beginning from block codes with length over 63 while according to [5] accuracy must not be lower than 90%. Based on that result it might be concluded that simple lower bound may be used just for the purpose of determining approximate value of check symbols quantity. The disadvantages of the methodology are the limitation of code scope with high block length, and no binding to the characteristics of the frequency-energy parameters of real communication channel.

Error generation model of methodology of optimal error correcting codes synthesis [1-4] was analyzed. Improved expression (3) proposed for determination the probability of error on the decoder out. On the exhibit 2 the difference between expressions for old and new error probabilities is illustrated. Based on that graph it might be concluded that using expression (3) in methodology leads to choice of noise proof codes with higher error correcting parameters and lower information efficiency. On the same time, methodology [1-4] indicates consistent patterns of correlations and invariance for all possible values of the parameters. Methodology can be used for determination optimal noise-proof codes using expression (3) instead of (2) at determination of error probability.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ З ВИЗНАЧЕНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

Трапезон К.О., Ліповських А.В., Ободовський Є.О.

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна, E-mail: trapezon@ukr.net

Анотація. - Розроблена модель телекомунікаційної мережі віддаленого офісу компанії на 10 робочих станцій з набором основних та допоміжних інформаційних послуг і додатків на основі однієї з програм імітаційного моделювання. Проведено програмні налаштування та отримано лістинг конфігурації мережного обладнання, в якому визначена можливість відокремлення абонентів від сторонніх запитів для забезпечення захисту передавання інформації між учасниками локальної мережі. Показано, що впровадження та налаштування нових додаткових послуг щодним чином не впливає на значення завантаженості обраних серверів.

Ключові слова: сервер, послуги, комутатор, мережа, моделювання, трафік, інформаційна затримка.

I. Вступ

Значне розширення телекомунікаційних компаній, стрімке збільшення локальних телекомунікаційних мереж в усіх кутках України змушує розробників та проектувальників подібних структур шукати нові підходи до аналізу та послідовної модернізації існуючих технічних рішень. З іншого боку, величезна кількість послуг та сервісів, які сьогодні існують та, зокрема, ті що з'являються з ознакою змішаного способу передавання даних (так звані змішаний мультимедійний контент), вимагає у проектувальників проводити налаштування не тільки апаратної частини локальних інформаційних мереж, але й програмного сегменту інтерфейсів основного мережного обладнання, навіть на рівні відокремленої невеликої локальної мережі. Правильний алгоритм налаштування складових телекомунікаційної мережі, узгодженість їх роботи з основними видами передавання даних є запорукою довготривалого функціонування реальної телекомунікаційної мережі навіть у випадку відсутності захисту даних, що передаються між абонентами цієї мережі. Програма Riverbed Modeler на відміну від досить поширеної на сьогодні програми Cisco Packet Tracer, дозволяє проаналізувати роботу телекомунікаційної мережі в динаміці, адже вона має у своєму складі досить потужні інструменти діагностики мереж з різним рівнем складності (наприклад, модуль NetDoctor). Програма дозволяє порівнювати різні архітектури побудови мереж за різними сценаріями, визначати розміщення серверів, розраховувати трафік. В бібліотеці програми, окрім набору мережного обладнання, є підтримка досить значної кількості транспортних технологій з різними типами фізичного середовища передавання даних (Fast Ethernet, FDDI, IP v.4(v.6), PSTN, FrameRelay та ін.) [1]. Однією з переваг створення мережі за допомогою програми імітаційного моделювання є те, що рівень гнучкості елементів, такий самий, що і для моделей, написаних «з нуля», але об'єктна побудова середовища при цьому дає можливість користувачу набагато швидше провести розробку, вдосконалення і створювати, як результат, реальні моделі для багаторазового користування [2]. Середовище моделювання Riverbed підтримує спеціальні об'єкти для визначення профілів і додатків в поточному проекті, що є, наприклад, елементом рівня управління послуг в телекомунікаційних мережах наступного покоління. Завдання додатків і профілів

генерації трафіку здійснюється налаштуванням об'єктів, попередньо розміщених на робочому столі проекту, який відповідає даному сценарію.

Метою дослідження є проведення моделювання аналогу телекомунікаційної мережі, яка має визначений набір послуг і додатків і дозволяє користувачу оцінити усі шляхи з розширення існуючої архітектури мережі задля забезпечення останньої критерію мультисервісності.

II. Вихідні дані до моделювання

Можливості програми Riverbed Modeler дозволяють проектувальнику створити не тільки модель мережі, як аналог існуючого проекту, але й окремо налаштувати моделі мережних вузлів і визначити власні формати пакетів, компоненти статистики (глобальної і локальної) і послідовність симуляції, впровадити власні характеристики серверів. Центральним вузлом топології обрано мережний комутатор ethernet16_switch (CenterNodeModel, node_7), а робочі станції ethernet_wkstn (PeripheryNodeModel, node_0-6, node_10-12) як вузли, до яких підключається центральний вузол, де Number (10) – кількість робочих станцій, 100BaseT (LinkModel) – фізичне середовище передавання даних. Зазначимо, що в якості основних послуг обрано послугу доступу до внутрішньої інформаційної мережі та послугу друку на зовнішній паперовий носій. Додаткові ж послуги – вихід на DNS-сервер, користування FTP, E-mail та DB- серверами відповідно (DB-database). Таким чином, модель мережі складатиметься з 6 серверів (DNS2 – запасний сервер доменних імен), 2 роутерів (внутрішній (вузол node_26) та зовнішній (вузол node_8) до WAN-мережі), 2 мережних комутаторів, 10 робочих станцій, та 1 офісного принтеру. Мережа розгорнута в шести приміщеннях (4 кімнати, 1 серверна та 1 технічне приміщення), де обладнано робочі станції та відповідне телекомунікаційне обладнання. Всі елементи моделі з'єднано на фізичному рівні кабелем типу Fast Ethernet (100Base-TX) з одночасним резервуванням до прокладання волоконно-оптичного кабелю за підходом високого рівня системної інтеграції. Модель телекомунікаційної мережі віддаленого офісу показано на рисунку 1.

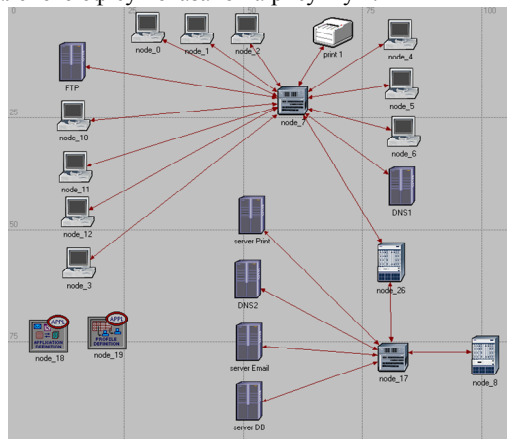


Рис. 1. Модель локальної телекомунікаційної мережі з налаштованими додатками та профілями роботи

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

В мережі використано 4 додатки, тобто реалізовано у налаштуваннях елементів Application_Definition та Profile_Definition програми 4 інтерфейси - DatabaseAccess (Heavy), Email (HighLoad), FTP (MediumLoad), Print (TextFile).

III. Результати моделювання

В програмі Riverbed Modeler розрізняють два типи мережної статистики – глобальна та локальна. Глобальна статистика показує усереднені дані цілої мережі, у той час як локальна статистика фіксує параметри, тобто їх зміну для окремих вибраних об'єктів в тексті сценарію. За результатами проведеного моделювання отримано глобальну статистику мережі щодо затримки кадрів (Ethernet Delay) (рис.2). Локальні дані ж дані моделі стосуються певної робочої станції офісної мережі (node_3), а саме досліджується затримка та навантаження (рисунок 3,а, та б). Час безперервної роботи моделі мережі встановлено на рівні 10 тестових хвилин.

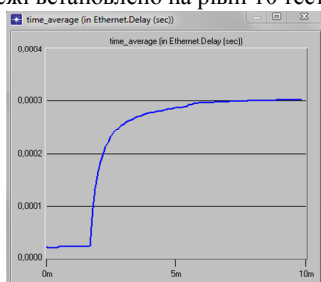
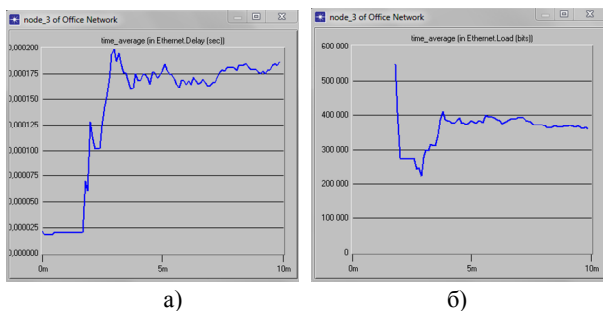


Рис.2 Глобальні дані моделювання



а) б)

Рис.3 Локальні дані моделювання: а) мережна затримка; б) навантаження

З аналізу отриманих графічних залежностей для глобальної статистики можна відмітити, що усереднене значення мережної затримки для розробленої моделі офісної мережі після проходження службового трафіку, є майже незмінною величиною і складає в середньому 0,0003 с. Це числове значення дозволяє стверджувати про досить високу "швидкодію" розробленої моделі офісної мережі. Локальна ж статистика дозволяє переконатись, що попри незначний інформаційний трафік (приблизно 400 кбіт), на початку роботи мережі спостерігаються значні коливання мережної затримки для вибраної робочої станції. Така ситуація, напевно пов'язана з тим, що на цьому етапі відбувається перевірка та тестове передавання пакетів з боку серверів та служб. Отримані дані в цілому задовольняють вимогам швидкісної роботи сучасних базових телекомунікаційних мереж і це свідчить про можливість безпосереднього впровадження технічного проекту віддаленого офісу, її телекомунікаційної частини.

IV. Висновки

Побудована модель офісної мережі на 10 користувачів та встановлено прикладні додатки з профілями налаштувань, а саме: робота з даними, можливість їх друку, доступ до мережі Інтернет та електронної пошти. Після налашту-

вання всіх елементів проведено тестовий запуск симуляції мережі тривалістю 10 хвилин. Знайдені глобальні та локальні статистики мережі, і з отриманих графіків видно, що загальна затримка пакетів в мережі становить не більше 0.0003 с, що задовольняє вимогам швидкісної роботи аналогічної мережі. Запропонована топологія мережі та проведено вибір елементів мережі. Результати проведеного моделювання дозволяють зробити висновок про технічну можливість створення мережі з серверною кімнатою та технічним приміщенням з подальшим вибором аналогічного за параметрами телекомунікаційного обладнання в приміщеннях відокремленого офісу.

V. Список літератури

- [1] Шелухин О.И. Моделирование информационных систем сети / О.И.Шелухин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2011. – 536 с.
- [2] Коломоєц Г. П. Организация компьютерных сетей: учебное пособие / Г.П. Коломоєц. – Запорожье: КПУ, 2012. – 156 с.

RESEARCH OF FACILITIES OF DESIGN LOCAL TELECOMMUNICATION NETWORKS IS WITH CERTAIN ARCHITECTURE

Trapezon K.A., Lipovskih A.V., Obodovskiy E.O.

Department of the Audio Engineering and Registration of Information, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

A research aim is realization of design to the analogue of telecommunication networks that has a certain set of services and additions and allows to the user to estimate all ways from expansion of existent architecture of network for the sake of providing of the last to the criterion of multiservice.

The central knot of topology is choose the network switchboard of ethernet16_switch (CenterNodeModel, node_7), work stations of ethernet_wkstn (PeripheryNodeModel, node_0-6, node_10-12) as knots to that a central knot is connected, Number (10) is an amount of the work stations, 100BaseT (LinkModel) is a physical environment of transferrableness of data.

The model of network consists of 6 servers (DNS2 is a spare server of the domain names), 2 routers (internal (knot of node_26) and external (knot of node_8) to WAN-network), 2 network switchboards, 10 work stations, and 1 office to the printer. A network is unfolded located in six apartments (4 rooms, 1 server-room and a 1 technical apartment), where the work stations and corresponding telecommunication equipment are equipped. Four additions are used in a network, id est the programs are realized in tuning of elements of Application_Definition and Profile_Definition 4 interfaces - DatabaseAccess (Heavy), Email (HighLoad), FTP (MediumLoad), Print (TextFile). Time of continuous work of model of network is set at the level of 10 test minutes.

From the analysis of the got graphic dependences it is possible to mark for global statistics that average meaning of network delay for the worked out model of office network after passing of service traffic, is an almost unchanging size and averages 0.0003 s. This numerical value allows to assert about sufficiently high "fast-acting" of the worked out model of office network. Local statistics allows to make sure, that without regard to insignificant informative traffic (approximately 400 kbit), at the beginning of work of network there are considerable vibrations of network delay for the chosen work station. Such situation, probably related to that on this stage occurs verification and test transmissions of packages from the side of servers and services.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Гнатюк С.Є.

Спеціальна кафедра №4, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «КПІ», Київ, Україна, E-mail: Gnatyk-2@i.ua

Анотація. – Пропонується методика оцінки значень показників надійності систем спеціального зв'язку з врахуванням безвідмовності програмного забезпечення їх засобів та використанням імовірності зв'язності абонентів.

Ключові слова: система спеціального зв'язку, програмно-керовані засоби зв'язку, надійність, комп'ютерна система, імовірність зв'язності.

значень показників надійності ПЗ: розрахункове значення числа відмов ПЗ за Т місяців експлуатації КС відрізняється від істинного всього на 1,5-3,1 %; помилка в оцінці числа відмов ПЗ за місяць експлуатації КС не перевищує 0,6%; зменшення значення середньоквадратичного відхилення (СКВ) результатів обчислень від експериментальних даних за Т місяців експлуатації КС до 10,35% порівняно із кращими з відомих моделей [1].

I. Вступ

Сучасні системи спеціального зв'язку (ССЗ) відрізняються наявністю програмно-керованих засобів зв'язку (ПКЗЗ) і комп'ютерного обладнання аналогово-цифрових ССЗ (сервери, кінцеві засоби та інше), тобто відносяться до комп'ютерних систем (КС), до складу яких входять апаратні засоби (АЗ) із програмним забезпеченням (ПЗ) [1]. Таким чином, ССЗ являє собою сукупність АЗ та ПЗ, тому при оцінці і прогнозуванні її надійності необхідно комплексно враховувати вплив усіх складових на значення показників надійності. Це задача, яка не вирішена у відомих роботах, вирішується в методиці, що пропонується у статті.

II. Загальні положення методики

Сутність методики полягає в отриманні кількісної оцінки показників надійності спеціальних КС і ССЗ при заданих обмеженнях і припущеннях на базі використання експоненціальної моделі надійності ПЗ із марковським процесом виявлення помилок і нових функціональних залежностей досліджуваних показників від часу.

Задача вирішується поетапно: першочергово на основі статистичних даних про відмови ПЗ моделюється їх надійність, а далі із врахуванням відмов АЗ оцінюється надійність системи у цілому.

Вихідні дані для використання методики залежать від порядку обліку відмов ПЗ. У випадку щомісячного підведення підсумків використовується статична модель надійності ПЗ з вихідними даними: n – число місяців підконтрольної експлуатації ПЗ; K_m – число відмов ПЗ за місяць m ; T – період прогнозування показників надійності ПЗ. При фіксації відмов ПЗ безпосередньо після їх виникнення використовується динамічна модель надійності ПЗ з вихідними даними: K_{cm} – сумарне число зафіксованих відмов ПЗ до моменту часу m .

Математичний апарат моделі базується на використанні методів теорії надійності [1] і теорії ймовірностей. Основні аналітичні вирази і функціональні залежності зведені в [2], де додатково позначено: A_i , A_n – апроксимація даних про відмови ПЗ за перший і останній місяці підконтрольної експлуатації; N_{ci} , N_{cj} – сумарна кількість відмов ПЗ до часу i та j із початку експлуатації ($1 < i < j < n$). В результаті аналізу даних підконтрольної експлуатації ПКЗЗ за n місяців і припущення про експоненціальний закон зміни числа відмов ПЗ від часу з використанням методу найменших квадратів [2] виконується апроксимація залежності експериментальних даних від часу, після чого обчислюється значення коефіцієнтів аналітичної моделі надійності ПЗ.

Ефект від використання запропонованої моделі полягає в підвищенні точності кількісної оцінки і прогнозування

III. Висновки

Залежно від порядку фіксації відмов запропоновані і використані статична та динамічна моделі надійності програмних засобів. Доведена адекватність запропонованих моделей і показані їх переваги перед вже відомими.

Використання отриманих результатів дозволяє повністю автоматизувати за допомогою ЕОМ процес кількісної оцінки значень показників надійності сучасних ССЗ великої розмірності, на що слід направити подальше дослідження. Методика може застосовуватися при дослідженні, оцінці та прогнозуванні надійності спеціальних комп'ютерних систем і перспективних програмно керованих засобів зв'язку.

IV. Список літератури

- [1] Бобало Ю.Я. Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних, електротехнічних та програмних систем / Ю.Я. Бобало, Б.Ю. Волочій, О.Ю. Лозинський, Б.А. Мандзій, Л.Д. Озірковський, Д.В. Федасюк, С.В. Щербаковських, В.С. Яковина. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 300с. – аналог.
- [2] Гнатюк С.Є. Принципи побудови та перспективи розвитку програмно-керованих радіостанцій / Гнатюк С.Є., Лівенцев С.П., Павлов В.П., Сакович Л.М. //Зв'язок. – 2013. - №1. – С.11-15.

METHOD OF EVALUATION OF RELIABILITY SPECIAL COMMUNICATION SYSTEMS

S. Gnatyuk

Special department number 4, Institute of Special Communication and Information Protection, National Technical University of Ukraine «KPI», Kyiv, Ukraine, E-mail: Gnatyk-2@i.ua

The technique of evaluating the values of the reliability of special communication systems, which is different from the known lack of demand estimate the number of errors in software, sufficient accuracy for practical results, automating the process of predicting and evaluating quality of special communication systems.

Methods designed to predict the results of data controlled operation the number of errors in software, between failure of software, hardware and systems in general, the probability of failure of software, hardware and specialized computer system as a whole for a given period of time.

The essence of the method is to obtain an assessment of the reliability of special computer systems under the given constraints and assumptions based on the use of analytical software reliability models with Markov process error detection and new functional relationships of the studied parameters on time.

Method can be used to study the reliability of specific communication systems and advanced software-driven communications.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

МЕТОД ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ МАКРОМОДЕЛІ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ДАТЧИКА ЗМІННОГО ТИСКУ

Ситник О.О., Протасов С.Ю., Ключка К.М.

Кафедра електротехнічних систем, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,

E-mail: chdtu_ets@ukr.net

Анотація. – В роботі пропонується для отримання інтегральної динамічної макромоделі п'єзoeлектричного датчика змінного тиску використовувати методику визначення наближень імпульсних перехідних функцій, які є ядрами інтегральних операторів і заснована на апроксимації експериментальних залежностей, отриманих при ступінчастих вхідних діях з подальшим їх диференціюванням і нормуванням.

Ключові слова: інтегральна макромодель, імпульсна перехідна функція.

I. Вступ та постановка задачі

У багатьох випадках математичні моделі перехідних процесів у датчиках (вимірювальних перетворювачах) є лінійними і ефективно формуються у вигляді інтегральних рівнянь Вольтерра I роду, які у випадку стаціонарності (тобто незмінною в часі) вимірювальної системи має різницеве ядро [1–3]:

$$y(t) = \int_0^t k(t-s)x(s)ds. \quad (1)$$

Ядро інтегрального оператора при цьому є імпульсною перехідною функцією (ІПФ) датчика. Моделі даного вигляду дозволяють вирішувати як прямі задачі визначення по відомій вхідній дії $x(t)$ сигналу на виході датчика $k(t)$, так і зворотні задачі – знаходження (відновлення) невідомої вхідної дії по спостережуваному вихідному сигналу. Слід зазначити, що зворотні задачі в загальному випадку є некоректними, і при їх розв'язанні необхідно використовувати спеціальні методи регуляризації [1–3]. Однак для рівнянь Вольтерра I роду вплив некоректності часто виявляється незначним, і для їх розв'язання не потрібно використовувати класичні методи регуляризації [2, 3].

При наявності достатньо детальної математичної моделі динамічних процесів датчиків, яка в реальності може мати різну складність (від системи звичайних диференціальних рівнянь до систем двох- або тривимірних рівнянь в частинних похідних, що описують зв'язані поля різної фізичної природи), ІМФ можна було б отримати аналітично або за допомогою чисельних методів. Проте в більшості випадків це не представляється можливим (моделний опис датчика, що отримується з фізичних законів, не володіє достатньою деталістністю, або виявляється надмірно складним, або взагалі відсутній). При цьому у багатьох випадках ІПФ датчика можна отримати з достатньою точністю безпосередньо експериментальним шляхом, реєструючи сигнал, що отримується при подачі на вхід вимірювальної системи дельтаподібних імпульсних дій, а потім проводити його нормування, або при подачі ступінчастої дії – в останньому випадку на виході отримати відгук, пропорційний перехідній функції, яку для отримання імпульсної перехідної функції необхідно продиференціювати за часом [1–3]. Крім того, існують і непрямі методи визначення імпульсних динамічних характеристик, засновані на ідентифікації динамічних моделей за даними, які отримуються при використанні вхідних дій, що відрізняються від імпульсних або ступінчастих [5–7]. Розв'язані при цьому задачі багато в чому подібні до задач відновлення сигналів і в загальному випадку є некоректними,

що також вимагає для їх розв'язання застосування тих або інших методів регуляризації.

II. Основна частина

У даній роботі розглядається метод отримання інтегральної динамічної макромоделі п'єзoeлектричного датчика змінного тиску за даними фізичних експериментів, який використовується для дослідження процесів в циліндрах двигунів внутрішнього згорання, будується на основі даних, отриманих в результаті експерименту з використанням ударної труби, при проведенні якого на датчик впливав ступінчастий перепад тиску рівний 5,07 МПа.

Шляхом апроксимації, що входять в склад Curve Fitting Toolbox пакета MATLAB, було отримано наступне наближення цієї залежності у вигляді

$$\tilde{h}(t) = a_0 + a_1 \cos wt + b_1 \sin wt + \dots + a_8 \cos wt + b_8 \sin wt \quad (2)$$

при наступних значеннях параметрів: $a_0=4,005 \cdot 10^4$; $a_1=-7302$; $b_1=-7,287 \cdot 10^4$; $a_2=-5,478 \cdot 10^4$; $b_2=1,085 \cdot 10^4$; $a_3=9774$; $b_3=3,377 \cdot 10^4$; $a_4=1,684 \cdot 10^4$; $b_4=-6176$; $a_5=-2756$; $b_5=-6647$; $a_6=-2000$; $b_6=807,5$; $a_7=120,4$; $b_7=425,7$; $a_8=50,71$; $b_8=2,29$; $w=3,405 \cdot 10^4$.

Для отримання наближення імпульсної перехідної функції $k(t)$, що апроксимує перехідну функцію, залежність (2) диференціюється за часом. У табл. 1 приведені обчислені з кроком $\Delta t=10^{-6}$ с на відрізку $0 \leq t < 8 \cdot 10^{-5}$ с значення ІПФ $k(t)$, пронормовані до значення тиску 1 МПа.

Таблиця 1

$t \cdot 10^6$	$k(t) \cdot 10^{-5}$	t	$k(t) \cdot 10^{-5}$	t	$k(t) \cdot 10^{-5}$	t	$k(t) \cdot 10^{-5}$
0	1.509	20	–	40	–	60	–
1	2.610	21	–	41	–	61	0.151
2	2.895	22	0.296	42	0.204	62	0.317
3	2.871	23	0.892	43	0.613	63	0.419
4	2.789	24	1.382	44	0.936	64	0.448
5	2.733	25	1.716	45	1.145	65	0.405
6	2.689	26	1.862	46	1.227	66	0.301
7	2.601	27	1.810	47	1.181	67	0.154
8	2.406	28	1.570	48	1.018	68	–
9	2.067	29	1.173	49	0.761	69	–
10	1.573	30	0.663	50	0.442	70	–
11	0.950	31	0.095	51	0.097	71	–
12	0.251	32	–	52	–	72	–
13	–	33	–	53	–	73	–
14	–	34	–	54	–	74	–
15	–	35	–	55	–	75	–
16	–	36	–	56	–	76	–
17	–	37	–	57	–	77	0.068
18	–	38	–	58	–	78	0.194
19	–	39	–	59	–	79	–

Результат обчислення згортки наближення $k(t)$ із ступінчастою функцією $5,07H(t)$, відповідно до стрибка тиску 5,07 МПа в експерименті макромоделі

$$p(t) = 5,07 \int_0^t k(t-s)H(s)ds, \quad (3)$$

представлений на рис. 1. Обчислена крива (пунктирна лінія) близька до експериментальної залежності (суцільна лінія).

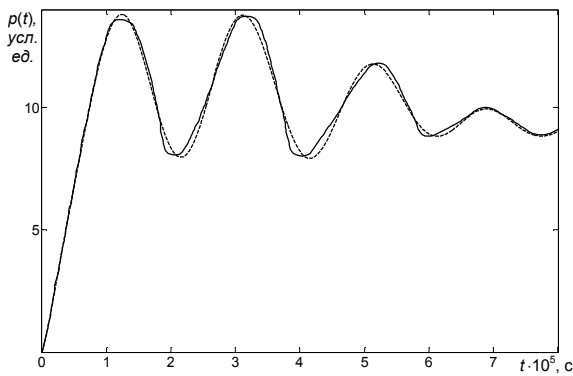


Рис. 1. Розрахункова реакція п'єзоелектричного датчика змінного тиску на ступінчасту дію (пунктирна лінія; експеримент — суцільна лінія)

III. Висновки

Отримана таким чином макромоделю показала свою високу ефективність по точності представлення динамічних характеристик п'єзоелектричного датчика змінного тиску, і може бути використана для визначення, як по відомих входних діях сигналів на виході, так і для розв'язку зворотних задач відновлення невідомих входних дій по спостережуваних вихідних сигналах.

IV. Список літератури

- [1] Грановский В. А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения / В. А. Грановский. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1984. — 224 с.
- [2] Верлань А. Ф. Методы и устройства интерпретации экспериментальных зависимостей при исследовании и контроле энергетических процессов / А. Ф. Верлань, Б. Б. Абдусатаров, А. А. Игнатченко, Н. А. Максимович. — К.: Наукова думка, 1993. — 208 с.
- [3] Верлань А. Ф. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы / А. Ф. Верлань, В. С. Сизиков. — К.: Наукова думка, 1986. — 544 с.
- [5] Протасов С.Ю. Методи та засоби формування і комп'ютерної реалізації інтегральних макромоделей стаціонарних динамічних об'єктів з розподіленими параметрами: Автореф. дис.канд. техн. наук: 01.05.02 / М-во освіти і науки, молоді та спорту України; Черкас. держ. технол. ун-т. — Ч., 2012. — 20 с.
- [6] Горошко, И.О. Формирование непараметрических интегральных динамических моделей датчиков в системах измерения испытательного оборудования / И.О. Горошко, С.Ю. Протасов, А.А. Сытник // Математичне та комп'ютерне моделювання. Технічні науки: / Ін-т. кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Кам'янець-Подільський Нац. ун-т ім. Івана Огієнка: [зб. наук. пр.] / відп. ред. Ю.Г. Кривонос. — Кам'янець-Подільський: Вид-во Кам'янець-Подільський Нац. ун-т ім. Івана Огієнка, 2012.—вип.6.—С. 49-58.

- [7] Сытник, А.А. О реализации интегральных моделей в задаче динамической коррекции измерительного преобразователя / А.А. Сытник, К.Н. Ключка, С.Ю. Протасов / Интегральные уравнения — 2009: сб. тезисов конф., 26–29 января 2009, Киев: ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, 2009. — С.131-133.

METHOD OF FORMING AN INTEGRATED PIEZOELECTRIC SENSOR MACROMODEL VARIABLE PRESSURE

Sytnik A.A., Protasov S.Yu., Klyuchka K.N.

Department of electrical engineering's systems, Cherkassy state technological university, Cherkassy, Ukraine

In work for the integral dynamic macromodel piezoelectric sensor variable pressures used technique for determining the approximation of impulse response functions, which are the kernels of the integral operators, based on the approximation of the experimental dependences obtained with step input actions and their subsequent differentiation and normalization.

Given a sufficiently detailed mathematical mo-Delhi dynamic processes sensors, which in reality may have a different complexity (of a system of ordinary differential equations to systems of two-or three-dimensional partial differential equations, describing the related fields of different physical nature), the impulse response function can be derived analytically or using numerical methods. However, in most cases this is not possible (the model description of the sensor derived from the laws of physics does not have sufficient detail, or is overly complicated or non-existent). In many cases, the impulse response function of the sensor can be obtained with sufficient accuracy directly by experiment, by recording the signal received when applying for measuring input delta impulse actions, and then making its normalization, either when the step input - in the latter case the output is response is proportional to the transition function, which for the impulse response function must be differentiated with respect to time. Moreover, there are indirect (indirect) methods for determining the dynamic characteristics of the pulse based on the identification of the dynamic model from the data obtained using the input actions, differing from pulsed or stepped. Solving for this task in many ways similar to the problem of reconstructing signals and, in general, are incorrect, which also requires solutions for their application of the various methods of regularization.

The thus obtained macromodel shown to be highly effective in terms of accuracy of the representation of dynamic characteristics of the piezoelectric sensor variable pressures and can be used for prediction of the known effects of the input signal at the output, and for the solution of inverse problems of restoration of the unknown input actions by observation, giving output signals.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОБУДОВИ ДЕРЕВА ВІДМОВ ДЛЯ ОЦІНКИ БЕЗПЕЧНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Волочій Б.Ю., Озірковський Л.Д., Машак А.В., Шкілюк О.П.

Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: himakus@gmail.com

Анотація. - в доповіді представлено методика, яка дозволила автоматизувати побудову дерева відмов для оцінки показників надійності та безпечності експлуатації складних технічних систем. Розроблена методика є подальшим розвитком технології моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем. Результатом виконання даної методики є логічне та графічне представлення дерева відмов, на основі якого, здійснюється аналіз безпечності експлуатації складної технічної системи.

Ключові слова: безпечність експлуатації, дерево відмов, складна технічна система, автоматизація побудови дерева відмов.

I. Вступ

Умовою ефективного функціонування сучасних складних технічних систем (СТС) є забезпечення заданого рівня надійності та безпечності. Наслідки відмови СТС потенційно можуть нести за собою великі фінансові втрати та призводити до людських жертв. Тому, актуальною є задача забезпечення заданого рівня надійності та оцінки потенційних наслідків аварійних ситуацій ще на етапі системотехнічного проектування таких систем. Оцінку надійності та безпечності СТС здійснюють за допомогою моделювання, на основі якого розраховують відповідні показники надійності та безпечності.

Для отримання показників надійності на сьогоднішній час розроблена велика кількість методів, а саме - методи імітаційного моделювання, методи логіко-імовірнісного моделювання (ЛІМ), метод простору станів. Найбільш використовуваними є методи ЛІМ [1]. До позитивних рис методів ЛІМ можна віднести те, що для них розроблені формальні алгоритми отримання моделей. Таким чином, методи ЛІМ отримали можливість їхньої автоматизації, і створення відповідного програмного забезпечення.

Найбільш розповсюдженим методом логіко-імовірнісного моделювання СТС є дерево відмов (ДВ) [2]. Дерево відмов – вид структурних схем, який дає змогу дедуктивним способом графічно описати події, котрі призводять до виникнення катастрофічної відмови системи [3]. Результатом аналізу ДВ є якісне та кількісне представлення подій, які можуть призвести до катастрофічної відмови системи у вигляді мінімальних січень (МС) та ймовірностей виникнення МС. Мінімальні січення – це така мінімальна комбінація подій, що призводить до катастрофічної відмови системи. Якщо з мінімального січення вилучити хоча б одну подію, то відмова системи в цілому унеможливується.

Сучасні методи отримання ДВ, в більшості випадків, передбачають "ручну" побудову ДВ [2,3]. Існують методи котрі дозволяють, провівши аналіз видів та наслідків відмов, автоматизовано отримувати ДВ. Такі ДВ є статичними, оскільки вважається, що усі події в системі є взаємозалежними. При використанні відомих методів побудови та аналізу ДВ не поєднується в одній моделі надійнісна та функціональна поведінка СТС, не враховується технічне обслуговування і обмеження на кількість ремонтів, наявність і можливість контролю та діагностики, надійність програмного забезпечення.

Тому, актуальною задачею є розробка методики, котра б дозволила врахувати вищевказані особливості СТС, зі ступенем формалізації, який дозволяє автоматизувати процес отримання ДВ та МС.

II. Новий підхід до автоматизації побудови дерева відмов складних технічних систем

Створити методику побудови ДВ з високим ступенем формалізації дозволив метод простору станів [4], а саме його удосконалена версія [5, 6]. В удосконаленій версії методу простору станів високий рівень формалізації має методика розробки графа станів та переходів, що дозволило автоматизувати процес побудови математичних моделей поведінки СТС.

Суть автоматизації побудови дерева відмов полягає в наступному. Формалізованим описом СТС є бінарна структурно-автоматна модель (САМ), яка на відміну від звичайної САМ [5, 6] дає змогу деталізовано описати структуру і поведінку СТС без об'єднання станів. Крім цього, бінарна САМ дає змогу отримати розщеплений стан відмови, в якому можна розрізнити стани непрацездатних підсистем СТС із заданим рівнем деталізації.

За допомогою програмного модуля ASNA [6], для якого бінарна САМ є вхідними даними, проєктант автоматизовано отримує граф станів і переходів з розщепленим деталізованим станом відмови. На основі графу станів і переходів формується аналітична модель СТС у вигляді системи диференціальних рівнянь Колмогорова - Чепмена. Розв'язок системи диференціальних рівнянь дає розподіл ймовірностей перебування СТС у всіх можливих станах. В результаті фільтрації непрацездатних станів формується масив мінімальних січень [7]. Кількісні показники МС отримуються шляхом сумування ймовірностей перебування системи у відповідних станах.

На основі отриманих мінімальних січень, за допомогою розробленого авторами алгоритму, автоматизовано будується графічне зображення дерева відмов.

III. Автоматизація побудови дерева відмов

Вхідними даними для методики автоматизованого отримання ДВ є масив МС. Згідно запропонованої процедури розробник отримує логічну функцію, за допомогою якої, відбувається побудова графічного представлення ДВ. Методика отримання дерева відмов представлена на рисунку 1.

Автоматизована побудова ДВ виконується у два етапи. На першому етапі отримується логічна функція ДВ, шляхом послідовного перебору масиву МС. На другому етапі, на основі отриманої логічної функції, відбувається побудова графічного представлення ДВ.

Слід відзначити, що побудоване графічне представлення ДВ є статичним але ймовірнісні показники МС враховують динамічні процеси, котрі відбуваються в моделі СТС.

За представленою методикою розроблено алгоритм, який автоматизовано будує логічну функцію ДВ і реалізований у пілотному програмному засобі.

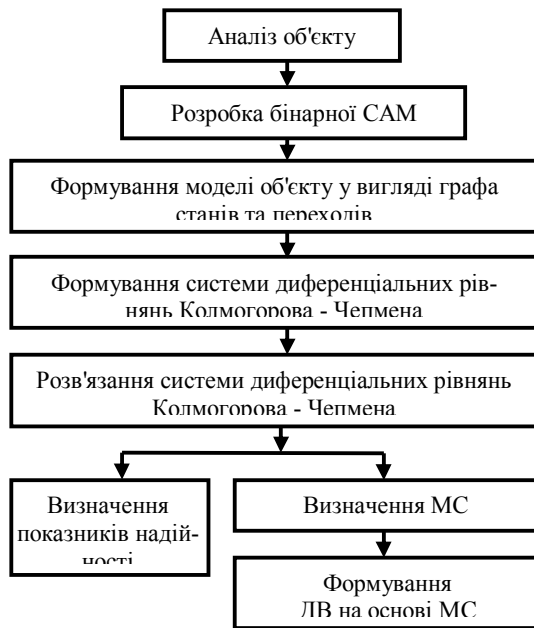


Рис. 1. Методика отримання дерева відмов

IV. Висновки

Розроблене програмне забезпечення автоматизованої побудови дерева відмов складної технічної системи зменшує працездатність аналізу її надійності та безпечності експлуатації. Особливо відчутним це зменшення є тоді, коли необхідно розглянути різні варіанти забезпечення надійності та безпечності експлуатації складної технічної системи. Це обумовлено тим, що кожен варіант реалізації складної технічної системи потребує побудови свого окремого дерева відмов.

Розроблена методика забезпечує високу достовірність рекомендацій щодо підвищення надійності та безпечності експлуатації складної технічної системи.

IV. Список літератури

- [1]. А.С. Можав Теоретические основы, опыт применения и направления развития общего логико-вероятностного метода и программного комплекса "Арбитр" моделирования надежности, живучести, безопасности и риска систем, выступление на 17-ом научном семинаре НТЦ "Промышленная безопасность", М.- 23 ноября 2009. - 11с.
- [2]. Щербовських С.В. Математичні моделі та методи для визначення характеристик надійності багатьох термінальних систем із урахуванням перерозподілу навантаження: монографія. - Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2012. - 296 с.
- [3]. Henley E. J. Reliability engineering and risk assessment / E. J. Henley, H. Kumamoto// Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1981. - 568 p.
- [4]. Тараканов К.В. Аналитические методы исследования систем / К.В. Тараканов, Л.А. Овчаров, Тарышкин А.Н. // М.: Сов. радио, 1974. - 240 с.
- [5]. Волочий Б.Ю. Технологія моделювання алгоритмів поведінки інформаційних систем. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. - 220 с.
- [6]. Бобало Ю. Я. Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних, електротехнічних та програмних систем / Ю. Я. Бобало, Б. Ю. Волочий, О. Ю. Лозинський, Б. А. Мандзій, Л. Д. Озірковський, Д. В. Федасюк, С. В. Щербовських, В. С. Яковина. // Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. - 300 с.
- [7]. Волочий Б.Ю. Методика розрахунку мінімальних січень для відмовостійких систем на основі структурно-автоматної моделі

/ Б.Ю. Волочий, Л.Д. Озірковський, А.В. Машак, О.П. Шкілюк, І.В. Кулик // - Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка. Радіоапаратування. - 2013, - №52. - с. 38-45.

FAULT TREE BUILD AUTOMATION FOR SAFETY ESTIMATION OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEM

Volochiy B.Yu., Ozirkovskyi L.D., Mashchak A.V., Shkiliuk O.P.

Department of Theoretical Radioengineering and Radiomeasuring, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Providing the given level of reliability and safety of modern complex technical system is one of the main conditions for effective it's functioning. Consequences of failure of complex technical system could potentially cause to financial loss, human casualties and environmental disasters. Providing the given level of reliability and estimation of potential consequences of accidents at the design stage of complex technical system is an actual task.

In assessing the reliability and safety of complex technical system a weak places of system should be defined. The combination of such events that occur of system failure is called cut set or cross sections.

Minimal cut set (MCS) is combination of events if, when any of event is removed from the set, the remaining events collectively cannot cause catastrophic failure of the whole system.

Minimal cut set traditionally are obtaining from fault tree analysis. Fault tree analysis (FTA) - is top down, deductive failure analysis of events that cause system failure. Fault tree is also graphical representation of failure behavior. Result of FTA is a MCS and graphical representation of fault tree.

Traditional methods of FTA have a number of significant drawbacks - they could not take into account the reliable and functional behavior of complex technical system, maintenance and limited repairs, monitoring and diagnostics, reliability of the software.

So, to develop an methodology which will allow to take into account the features of complex technical system and provide less time cost is the actual task.

In this paper a methodology of automatic fault tree obtaining is presented. Presented methodology is based on modeling technology of discrete-continuous stochastic systems and multiple analysis for efficiency indices of complex technical systems and is continuation of methodology [7].

Presented methodology implemented in algorithm of automatic fault tree obtaining. Designed algorithm consist of few stages and cycles.

Input data for automatic fault tree obtaining algorithm is an array of minimal cut sets. Minimal cuts sets array are obtained using [7] methodology.

A logical presentation of fault tree after executing of algorithm is obtained. Building of fault tree graphical presentation is a final stage. In result of presented method and method of minimal cuts sets estimation the graphical presentation of system fault are obtained.

Based on obtained results the safety analysis could be carried out. Advantage of presented method is that in combining with methodology presented in [7] designer have a powerful tool which gives opportunity for multivariate reliability and safety analysis.

This method takes into account the reliable and functional behavior of complex system, maintenance and limited repairs, monitoring and diagnostics, reliability of the software.

The proposed methodology of automatic fault tree obtaining which is implemented in software program reduces time costs in analysis of reliability and safety of complex system. Especially this reduce of time costs is noticeable when it is necessary to consider various options for reliability and safety analysis of complex system. Because each variant of implementation of complex systems is required its own fault tree.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ РОЗВИТКУ КОРПОРАТИВНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖ НА ПРИКЛАДІ КОМПАНІЇ «ТОРГОВО-БУДІВЕЛЬНИЙ БУДИНОК «ОЛДІ»

Ковальчук О.О.¹, Ступак Г.В.², Червинський В.В.³,

Кафедра автоматики та телекомунікацій, Донецький національний технічний університет, Донецьк, Україна,
E-mail: ¹kovalchuk.alex88@gmail.com, ²stupakgv@gmail.com, ³tscherwi@gmail.com

Анотація. – В доповіді представлені первинні результати з дослідження та оптимізації телекомунікаційної інфраструктури корпоративної мережі та визначений шлях подальшого розвитку.

Ключові слова: мережа, оптимізація, дослідження, телекомунікації.

I. Вступ

Корпоративні мережі територіально розподілених компаній в сучасному світі повинні відповідати тенденціям в інфокомунікаційній галузі. Не виключенням є корпоративна телекомунікаційна мережа «Торгово-будівельного будинку «ОЛДІ». Необхідність проведення дослідження викликана неоптимальним використанням пропускних здатностей існуючих каналів зв'язку та впровадженням послуги реально часу в мережі (голосовий зв'язок).

Для проведення реструктуризації і подальшого розвитку мережі необхідно знайти оптимальний баланс між параметрами QoS. Досягнути поставлену мету можливо за рахунок перерозподілу інформаційних потоків, зміни топології корпоративної мережі, надання переваг трафіку за рахунок політики CoS, оптимізації параметрів мережі з точки зору QoS.

II. Аналіз характеристик існуючої мережі

Мережа компанії «Торгово-будівельний будинок «ОЛДІ» складається з 7 підрозділів, територіально-розподілених по території України, топологія зв'язків в мережі – зірка. Фрагмент структурної схеми існуючої мережі наведений на рис. 1.

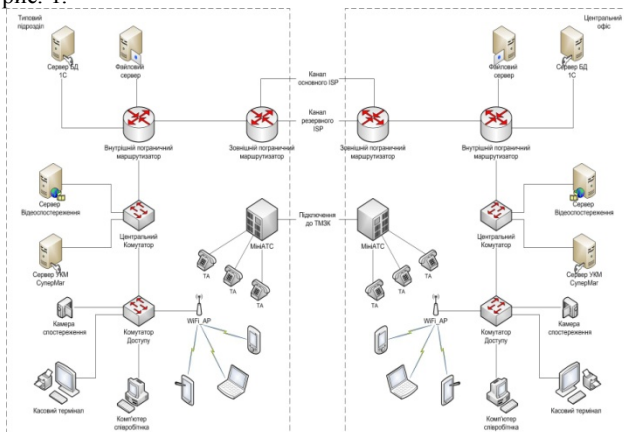


Рис. 1. Структурна схема існуючої мережі

Для організації мережі використані віртуальні з'єднання через публічну мережу Інтернет, а саме канали VPN, реалізовані як основні так і резервні канали зв'язку. Через мережу передається трафік сервісів УКМ «СуперМаг», ІС, «Відео-7Е», FTP, електронна пошта. В відповідності до [1] був поставлений експеримент з дослідження стану каналів зв'язку. Схема постановки експерименту наведена на рис. 2.

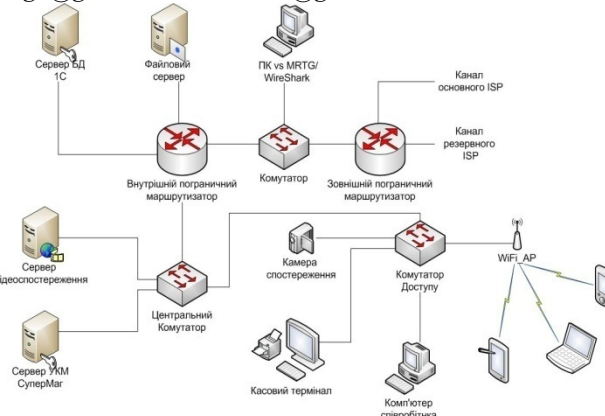


Рис. 2. Схема постановки експерименту

В якості інструментальних засобів проведення дослідження використовувався персональний комп'ютер з програмним забезпеченням MRTG та WireShark. Дослідження проводилось на протязі календарного тижня. Основні результати з проведеного дослідження наведені в Таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ 1

Результати дослідження каналів зв'язку

	І-нет, Мбіт/с	ІС, Мбіт/с	FTP, Мбіт/с	Mail, Мбіт/с	Загальне завантаження, Мбіт/с	Відсоток утилізації каналу, %
Київ 1 – Інтернет	59	37,6	21	2,23	119,83	40
Київ 1 – Київ 2	11,2	5,6	2,7	0,32	19,82	57
Київ 1 – Бровари	13,7	5,7	2,1	0,33	21,83	63
Київ 1 – Житомир	15,7	6,2	4,1	0,36	26,36	66
Київ 1 – Дніпропетровськ	16	7,1	5,2	0,43	28,73	64
Київ 1 – Донецьк	19	7,8	4,6	0,47	31,87	64
Київ 1 – Симферопіль	13,5	5,2	2,2	0,32	21,22	61

Виходячи з результатів було визначено, що доба найбільшого навантаження – середа, години найбільшого навантаження лежать в межах 10 та 20 годин доби. Смуга пропускання каналів до ISP використовується в середньому на 60%. Додаткове навантаження від нової послуги корпоративна телефонія в дослідженні становить 0,44 Мбіт/с, дана величина була визначена аналітичним шляхом при використанні методик описаних в [2, 3].

Грунтуючись на проведеному аналізі інформаційних потоків та якісних характеристиках каналів зв'язку було визначено, що структура корпоративної транспортної мережі повинна бути реструктуризована. Існуюча мережа не гарантує доставку даних, окрім цього існують наступні проблеми в роботі:

- відсутність гарантії доставки;
- нестабільний показник затримки в мережі;
- джиттер;

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

- неоптимальне використання смуг пропускання каналів зв'язку.

III. Визначення шляху розвитку мережі

Логічним розвитком технології VPN є динамічні VPN-тунелі (DMVPN) [4, 5]. Дана технологія організує захищені тунелі лише за вимогою. DMVPN забезпечує повнзв'язку мережу. В якості протоколів для організації VPN тунелю технологія DMVPN використовує GRE. При побудові DMVPN мережі в залежності від необхідної топології та розрізняють різноманітні режими роботи, або фази. Всього таких фаз існує три. Окрім фази DMVPN необхідно визначити спосіб керування мережею та політикою CoS/QoS (RSVP, MPLS, DSCP). Таким чином для розвитку мережі можливо використання наступних комбінацій шляхів:

- перша фаза DMVPN + RSVP;
- перша фаза DMVPN + MPLS;
- перша фаза DMVPN + DSCP;
- друга фаза DMVPN + RSVP;
- друга фаза DMVPN + MPLS;
- друга фаза DMVPN + DSCP;
- третя фаза DMVPN + RSVP;
- третя фаза DMVPN + MPLS;
- третя фаза DMVPN + DSCP.

Вибір пріоритетного варіанту розвитку мережі може базуватися на різних методах. В випадку поставленої задачі скористаємося апаратом статистичної обробки експертних оцінок [6]. В якості критеріїв оцінювання виступатимуть:

1. складність реалізації мережі;
2. плануєма величина затримки;
3. гарантування пропускну здатності;
4. можливість використання існуючого устаткування;
5. надійність доставки.

В Таблиці 2 наведена матриця експертних оцінок.

ТАБЛИЦЯ 2

МАТРИЦЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

критерій	1	2	3	4	5
перша фаза DMVPN + RSVP	4	3	3	4	4
перша фаза DMVPN + MPLS	5	2	3	5	2
перша фаза DMVPN + DSCP	3	2	3	1	4
друга фаза DMVPN + RSVP	4	2	2	4	3
друга фаза DMVPN + MPLS	5	3	2	5	2
друга фаза DMVPN + DSCP	3	4	3	1	3
третя фаза DMVPN + RSVP	4	2	2	4	3
третя фаза DMVPN + MPLS	5	2	3	5	3
третя фаза DMVPN + DSCP	2	3	2	1	3

Після отримання експертних оцінок була проведена їх обробка методом середнього арифметичного та методом медіан [6].

Виходячи з проведеної обробки експертних оцінок кожного з варіантів розбудови мережі, беззаперечним лідером є варіант використання третьої фази DMVPN в сукупності з методом DSCP.

IV. Висновки

Результатом проведеного дослідження телекомунікаційної інфраструктури компанії «Торгово-будівельний будинок «ОЛДІ» є визначений пріоритетний шлях подальшого розвитку мережі – третя фаза DMVPN + DSCP. Підставою для проведення дослідження є не оптимальність використання мережних ресурсів транспортної підсистеми, і як наслідок нерациональні витрати коштів на телекомунікаційну інфра-

структуру. Правильність обраного рішення на даному етапі дослідження підтверджена лише апаратом статистичної обробки експертних оцінок. В подальшому планується проведення імітаційного моделювання роботи мережі за умов існуючої інфраструктури та за умови використання DMVPN + DSCP.

V. Список літератури

- [1] Ступак Г.В. Исследование методов измерения уровня само подобия для потока данных./ С.С. Батыр, Г.В. Ступак, А.В. Хорхордин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація". Випуск 17 (148)/ Редкол.: Башков Є.О. (голова) та ін. — Д.: ДонНТУ, 2009. — С. 7-13.
- [2] VoIP - потребление полосы пропускания в расчете на вызов – Режим доступа: http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/106/1068/1068305_bwidth_consume.html.
- [3] Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров сетей ATM/ А.Н. Назаров. – М.: Горячая линия–Телеком, 2002. – 256с.
- [4] Dynamic Multipoint VPN (DMVPN) / – Режим доступа: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/security/dynamic-multipoint-vpn-dmvpn/index.html>. – назва з екрану.
- [5] DMVPN Explained. – Режим доступа: <http://blog.ine.com/2008/08/02/dmvpn-explained/>.
- [6] Орлов А.И. Теория принятия решений: учебник/А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2006. – 656 с.

PROMISING PROMISING WAY OF CORPORATE GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED NETWORKS AN EXAMPLE OF «COMMERCE AND CONSTRUCTION

HOUSE «OLDI»

Kovalchuk O.O., Stupak H.V., Chervinsky V.V.

Kafedra automation and telecommunications, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

The report presents the initial results of the study and optimization of telecom infrastructure and corporate network defined path forward. Network of "Trade-building house" Alden "consists of 7 units, geographically distributed on the territory of Ukraine relations in the network topology - star. Fragment block diagram of a network shown in Figure 1. networking channels used VPN, implemented as main and backup channels. Through the network traffic transmitted services UKM "SuperMag" 1C "Video 7E», FTP, e-mail. Was the experiment with the study of communication channels. Based on the conducted analysis of information flow and quality characteristics of channels was determined that the corporate structure of the transport network should be restructured. For the development of the network may use 9 major routes, but selected third phase DMVPN + DSCP. Chosen the right decision at this stage of the study confirmed a statistical processing apparatus peer reviews.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ В КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Климаш М.М.¹, Бешлей М.І.², Кагало І.О.³, Готра Л.М.⁴

Кафедра телекомунікацій, Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна,
E-mail: ¹mklymash@polynet.ua, ²beshlebmi@gmail.com

Анотація. – Важливою вимогою для мультисервісної мережі є забезпечення показників QoS, які суттєво відрізняються для кожного типу трафіку. Оскільки, мультимедійний трафік характеризується високою пачечністю та циклічними коливаннями часового тренду виникає проблема перевантаження мережі. Для її вирішення необхідно застосовувати нові методи керування трафіком, заснованих як на статистичних, так і на прогностичних даних. В роботі розроблені алгоритми прогнозування навантаження на мережу, та методика визначення класів трафіку. Побудовано модель досліджуваної мережі, яка дозволяє перевірити функціонування системи прогностичного управління навантаження з оцінкою параметрів QoS при впровадженні MPQ (Modified Priority Queuing). Запропоновано математичну модель запобігання перевантаженню на основі генерації трафіку повідомлень з різною довжиною, інтенсивністю, пріоритетом та кількістю пакетів у повідомленні.

Ключові слова: algorithm of service queues; quality-of-service; quality of experience; multimedia; traffic.

I. Вступ

Проблема створення і забезпечення ефективного функціонування конвергентних мереж постає актуальним завданням перед корпораціями з розвинутою розподіленою ІТ-інфраструктурою, насамперед хостинговими компаніями [1]. Вкладаючи кошти, компанії сподіваються на прибуток. У будь-якому випадку вони очікують зменшення витрат на експлуатацію, зниження вартості обслуговування користувачів, що дозволить, зрештою, закласти основу для ефектної діяльності, як самої компанії, так і клієнтів.

Досягнення рівня вимог користувачів найменшими коштами становить сутність проблеми створення і забезпечення функціонування мереж. Зазвичай цю комплексну проблему розбивають на ряд проблем менших розмірів, але від того не набагато простіших. Однією з них є проблема управління ресурсами і навантаженням на мережеві пристрої. Потрібні гнучкі рішення, які ґрунтуються на оцінюванні і прогнозуванні стану ресурсів і обсягів навантаження та полягають у правильному балансуванні і ефективному розподілі ресурсів. Для систематичного прийняття правильних рішень необхідні інструментарій та комплекс методик для вирішення задач підтримки ІТ-інфраструктури. Їх створення становить важливу науково-практичну проблему, розв'язання якої вимагає глибокого розуміння процесів, які відбуваються в конвергентних мережах хостингових компаній, а саме функціонування ІТ-інфраструктури, чіткої постановки конкретних задач дослідження, розроблення математичних моделей і відповідних методів вирішення задач та, насамкінець, реалізації згаданих вище інструментарію та методик.

II. Алгоритм гнучкого управління мережними ресурсами на основі методу визначення класів послуг

Спираючись на велику кількість експериментальних даних і ретельний статистичний аналіз, було доведено, що трафік IP-мереж і Інтернет трафік, а також трафік мультисервісних мереж характеризуються такими кореляційними властивостями, як самоподібність і довгострокова залежність. Таким чином, можна обґрунтувати необхідність застосування теорії самоподібності для побудови алгоритмів прогнозування трафіку мультисервісної мережі.

Прийняття рішень щодо керування трафіком вимагає вирішення не тільки задачі прогнозування, але й визначення відносних пріоритетів класів трафіку. Все це повинно враховувати з одного боку фізичні можливості каналів, а з іншого – вимоги QoS для різних послуг.

З метою забезпечення необхідного рівня якості обслуговування абонентів мультисервісних телекомунікаційних мереж запропоновано блок схему алгоритму, яка базується на методах визначення класів трафіку [2], прогнозуванні та плануванні навантаження.

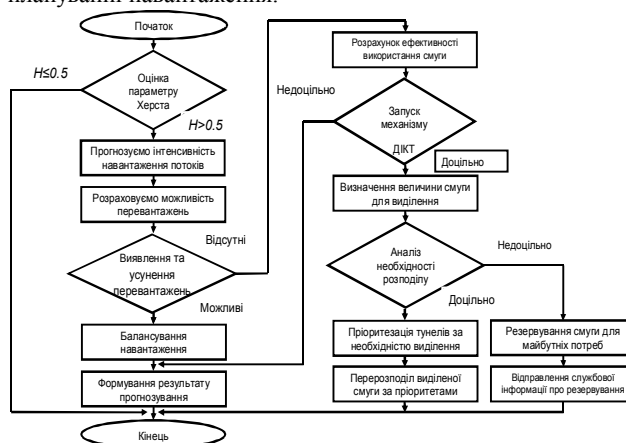


Рис. 1. Блок схема алгоритму диференційованого управління та балансування інформаційними потоками мережі

Для порівняння та визначення найкращого механізму обслуговування пріоритетованого мультимедійного трафіку вибрано існуючих п'ять алгоритмів обслуговування (FIFO, PQ, CQ, FQ, WFQ) та запропонований алгоритм MPQ (Modified Priority Queuing)

Критерієм оцінки кожного з цих алгоритмів є можливість найякіснішого обслуговування кожного сервісу. Тобто забезпечення найкращих параметрів QoS.

В роботі побудовано модель досліджуваної мережі, яка дозволяє перевірити функціонування системи прогностичного управління навантаження. Дана мережа складається з трьох вузлів по каналах яких передається мультимедійний трафік з використанням різних алгоритмів управління чергами.

Як бачимо з рисунків (5-7) при використанні запропонованого алгоритму управління MPQ, який працює на основі прогностичного керування мережевими ресурсами з вико-

ристанням методики пріоритизації та динамічного управління затримкою і втратами пакетів міняючи комбінації DSCP поля забезпечує найкращу якість обслуговування.

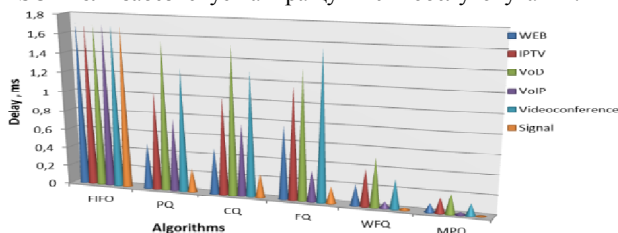


Рис.2. Порівняльна оцінка затримки пакетів при використанні різних алгоритмів обслуговування черг

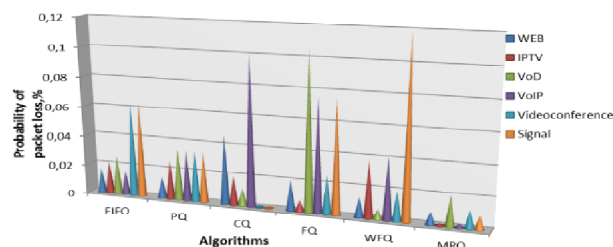


Рис.3. Порівняльна оцінка втрати пакетів при використанні різних алгоритмів обслуговування черг

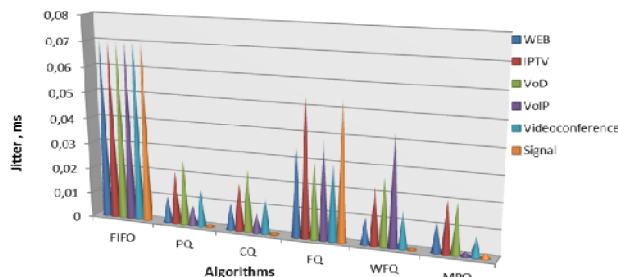


Рис.4. Порівняльна оцінка джитеру при використанні різних алгоритмів обслуговування черг

Вхідні дані імітаційної моделі: пропускна здатність Wi-Fi каналу точки доступу $C=100\text{Мбїт/с}$; кількість інфокомунікаційних послуг, які підтримуються точкою доступу $i=6$ (IPTV, VoIP, VoD, WEB, Відеоконференція, Службові дані (сигналізація)); необхідна пропускна здатність каналу для забезпечення якісного надання послуг мобільним абонентам: IPTV = 10 Мбїт/с, VoIP = 128 Кбїт/с, VoD = 4 Мбїт/с, WEB = 512 Кбїт/с, Відеоконференція = 2 Мбїт/с, Службові дані (сигналізація) = 64 Кбїт/с; ймовірність доступу абонентів i -ї категорії послуг до ресурсів Wi-Fi точки доступу p_i ; тривалість виклику $T_{\text{трив}}$ від i -го абонента, згенерованих за Пуассонівським законом розподілу із середнім значенням $\lambda=1500$ с; моменти початків викликів $T_{\text{поч}}$, згенерованих випадковим чином з рівномірним законом розподілу; моменти кінців викликів, визначених як $T_{\text{кін}} = T_{\text{поч}} + T_{\text{трив}}$; тривалість моделювання $T_{\text{трив}} = 1$ год.

Отже при динамічному розподілі пропускної здатності до настання моменту часу t система виділяє для першого сервісу необхідний ресурс пропускної здатності для забезпечення QoS, розподіливши при цьому другому і третьому каналу всю решту доступну пропускну здатність. Як можна бачити з рисунка 3, принцип динамічного управління про-

пускнуою здатністю в даному прикладі збільшує ефективність використання пропускної здатності між каналами.

Рис.5. Виграш при застосуванні методу динамічного управління мережевими ресурсами

III. Висновки

В рамках даної статті були досліджені показники QoS, способи розподілу мережевого ресурсу та наведений оригінальний алгоритм обслуговування черг. Потреба у подібному алгоритмі виникає у мультисервісних мережах, де необхідно передавати високопріоритетні інформаційні потоки.

Запропоновано прогностичну блок-схему алгоритму гнучкого управління мережевими ресурсами на основі методу динамічного визначення класів послуг та механізмів запобігання перевантаження мережі. Підвищено якість обслуговування при використанні запропонованого алгоритму управління MPQ для певних послуг.

IV. Список літератури

- [1] Klymash M., Beshley M., Koval V. The model of prioritization of service for efficient usage of resource multiservice network. TCSET'2012. February 22, 2012 Lviv-Slavske, Ukraine. Publishing House of Lviv Polytechnic. P. 320-321.
- [2] IA. Sheik ali, Dr.K.Baskaran "A Survey on Quality-of-Service Provision in Mobile Cloud Computing", International Journal of Societal Applications of Computer Science, pp.428-433, July 2013

IMPROVEMENT OF METHODS AND ALGORITHMS FOR INFORMATION MANAGEMENT IN CONVERGENT TELECOMMUNICATIONS NETWORKS

M.M. Klymash, M.I. Beshley, I.O. Kagalo, L.M. Hotra

Department of Telecommunication, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine

In this paper is proposed prognostic system for elastic network resources engineering based on method of dynamic determination of services classes and mechanisms of network overload prevention. Moreover, quality of service when using proposed engineering algorithm MPQ for specific services has been increased. Also it has been increased quality of service for mobile users by distributed services in mobile systems using the proposed method of evaluation of the channel load and dynamic reservation of throughput capacity for end users in the process of networks integration.

МЕТОД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ХЕНДОВЕРУ В БЕЗПРОВОДНИХ СИСТЕМАХ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Климаш М.М.¹, Бешлей М.І.², Селюченко М.О.³

Кафедра телекомунікацій, Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна,

E-mail: ¹mklymash@polynet.ua, ²beshlebmi@gmail.com, ³m.seliuchenko@gmail.com

Анотація. – у роботі запропоновано метод інтелектуального вертикального хендверу, який дозволяє здійснювати розвантаження безпроводних гетерогенних мереж доступу, використовуючи мультикритеріальну оцінку мереж. Розроблено алгоритм функціонування хендверу, який реалізований як програмне забезпечення з використанням хмарних технологій.

Ключові слова: intelligent vertical handover, wireless access networks, cloud computing, QoS, network offloading.

I. Вступ

Розвиток безпроводних технологій доступу та їх широке впровадження на практиці призвели до того, що на одній і тій самій території функціонують декілька систем безпроводного зв'язку та одночасно обслуговують велику кількість абонентів. Проте забезпечення параметрів якості обслуговування залежить від технічних характеристик системи обслуговування, а також від імовірнісних характеристик навантаження, що надходить в систему обслуговування, в конкретний момент часу [1]. Розвиток технологій виготовлення мобільних пристроїв дав можливість створення таких пристроїв, які можуть паралельно спілкуватися з декількома безпроводними системами обслуговування. Інтеграція та конвергенція мереж на основі IP протоколу дозволили реалізувати комунікацію між системами доступу різних технологій. Основною проблемою при наявності декількох систем доступу та можливості їх одночасного використання для обслуговування користувача є відсутність оптимальних алгоритмів здійснення переключення між ними, тобто здійснення вертикального хендверу.

II. Метод інтелектуального вертикального хендверу на основі хмарних обчислень

Для вирішення задачі ініціації та здійснення хендверу в цій роботі пропонується централізований метод керування процесом хендверу на основі хмарових технологій з використанням міжсистемних інтерфейсів до засобів управління системами доступу на основі технологій веб-сервісів. Для здійснення хендверу пропонується використовувати принципи паралельних обчислень на основі кластеру серверів [2]. Такий кластер може встановити кожний оператор для себе, інтегрувавши його у власну інфраструктуру. Для варіант оператор може використати сервісні моделі клауд систем та розробивши власне програмне забезпечення використовувати обчислювальні потужності як сервіс у клауд провайдерів для розгортання власного програмного забезпечення. Це дозволить йому значно знизити капітальні витрати. Такий підхід продиктований тим, що для прийняття рішення про здійснення хендверу та вибору конкретної системи доступу, як кандидата для переключення, необхідно, використовуючи математичні методи прогнозування та вибору, провести великий обсяг обчислень, що може зайняти велику кількість часу. Зрозуміло, що в умовах мобільності абонентів, час є критичним фактором, оскільки при великих швидкостях пересування та передавання мультимедійного трафіку реального часу, тривале обчислення критерію

рів здійснення хендверу може призвести до банального розриву сесії та складностей у подальшому її відновленні. Використання можливостей клауд систем дасть змогу провести ці обчислення в лічені мілісекунди та забезпечити оптимальний вибір системи доступу для переключення. Виходячи вище сказаного в роботі пропонується структурна схема системи здійснення інтелектуального вертикального хендверу (рис.1). Для реалізації такої системи на кластері серверів встановлюється програмне забезпечення, що здійснює всі необхідні процеси для здійснення хендверу. Враховуючи описані вимоги до функціональності програмного забезпечення для здійснення інтелектуального вертикального хендверу пропонується алгоритм роботи цього програмного забезпечення зображений на рис.2.

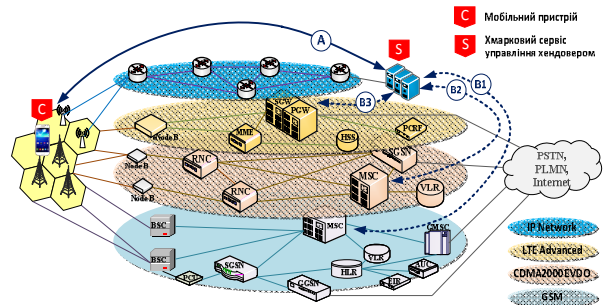


Рис. 1. Структурна схема здійснення централізованого інтелектуального вертикального хендверу

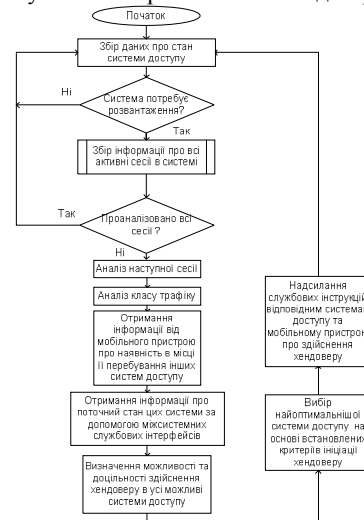


Рис. 2. Алгоритм роботи централізованого інтелектуального вертикального хендверу

Розроблено оригінальний програмний продукт, який дозволяє практично здійснювати оптимізацію конвергентної мережі із застосуванням запропонованого критерію оцінки навантаженості Wi-Fi каналу при інтеграції технологій Wi-Fi/GSM/WCDMA/LTE на основі динамічного керування пропускну здатністю.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

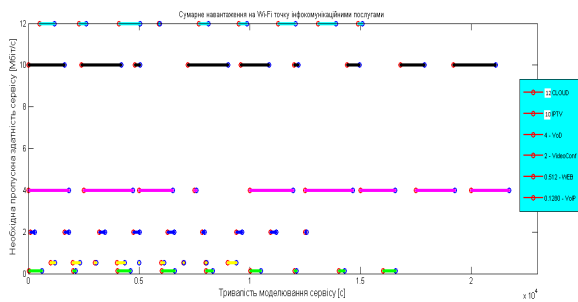


Рис. 3. Часова діаграма сеансів користування різномірним трафіком одним абонентом

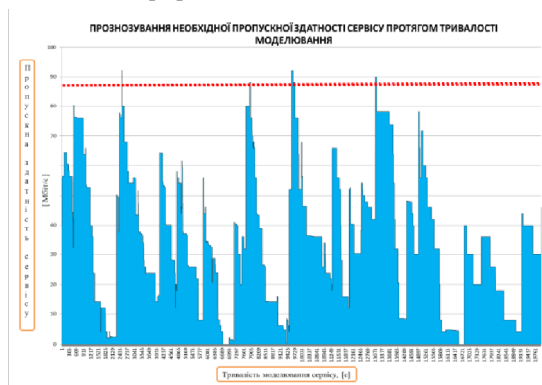


Рис. 4. Резервування необхідної пропускну здатності сервісу протягом тривалості моделювання для 4 абонентів

Збір інформації про інші системи доступу відбувається за рахунок використання кожною системою доступу службового інтерфейсу на основі технології веб-сервісу, тому для отримання інформації про іншу систему доступу програмне забезпечення відправляє запит у форматі SOAP повідомлення, а у відповідь отримує звіт з усіма необхідними даними для роботи алгоритму вертикального хендверу. Зрозуміло, що для реалізації такого спілкування оператори систем доступу повинні узгодити між собою формат запиту та звіту, а також які саме дані про стан системи будуть надаватися у звіті. Реалізація такої комунікації у формі протоколу може бути цікавою практичною задачею[3].

III. Висновки

Прогрес у сфері мобільного зв'язку потребує постійного розширення асортименту, поліпшення якості послуг. Ринок мобільних операторів в Україні представлено різними поколіннями технологій - 2G (GSM), 3G (UMTS, CDMA2000), 4G (WiMAX). Покриття мереж 2G охоплює майже всю територію країни, однак не може забезпечити необхідний рівень якості та спектр послуг, попит на які невпинно зростає (VoIP, IPTV, VoD, відеоконференц зв'язок та ін.) Тому виникає необхідність переходу до технологій нових поколінь, які здатні задовольнити ці вимоги в національних масштабах.

Для здійснення інтелектуального вертикального хендверу необхідно залучати високопродуктивні обчислювальні ресурси, що дає змогу реалізувати хоч і складні проте ефективні алгоритми вибору мереж доступу. Це особливо актуа-

льно в умовах наявності декількох безпроводних мереж доступу, що функціонують на одній території, та мобільних пристроїв, що підтримують функції паралельної взаємодії з такими мережами. У цій роботі запропоновано спрощену архітектуру системи хендверу на основі хмаркових обчислень, що дозволяє залучати до процесу хендверу велику кількість різномірних мереж, та розроблено алгоритм процесу ініціалізації хендверу, який враховує як індивідуальні характеристики кожної мережі так і їх параметри.

IV. Список літератури

- [1] Beshley, M. The researching and modeling of structures of mobile networks for providing of multiservice radio access. / Beshley, M., Savchuk, R.; Pozdnyakov, P., Klymash, M. - International Conference on Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2012, Lviv-Slavsk, 21-24 Feb. 2012. Vol.1. pp. 281 – 282.
- [2] М.М. Климаш, М.І. Бешлей, М.О. Селюченко. Динамічне управління якістю послуг на основі SOCCA в конвергентних телекомунікаційних мережах. Восьма міжнародна науково-технічна конференція і Шоста студентська науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій". – Київ. – 2014. С. 50-52.
- [3] Климаш М.М. Підвищення якості обслуговування в конвергентних мобільних системах на основі платформи UMA-A / М.М. Климаш, М.І. Бешлей, Б.М. Стрихалюк, Г.В. Холявка // Проблеми телекомунікацій. – 2014. – № 1 (13). – С. 3 - 19. – Режим доступу до журналу.: http://pt.journal.kh.ua/2014/1/1/141_klymash_uma.pdf.

METHOD OF INTELLIGENT VERTICAL HANDOVER IN WIRELESS ACCESS NETWORKS BASED ON CLOUD TECHNOLOGIES

M.M. Klymash, M.I. Beshley, M.O. Seliuchenko

Department of Telecommunication, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine

In this paper is proposed a method of intelligent vertical handover that allows offloading wireless heterogeneous access networks using multi-criteria evaluation of suitable network. The algorithm of functioning intellectual vertical handover that is deployed as a software package based on service of cloud computing has been developed. It has been developed an original software product which allows optimization of network infrastructure of mobile operator by redistribution of network resources when implementing and developing in it elements of NGN technologies for common deployment of infocommunication network. Also it has been increased quality of service for mobile users by distributed services in mobile systems using the proposed method of evaluation of the Wi-Fi channel load and dynamic reservation of throughput capacity for end users in the process of networks integration.

Services that will be provided in the network and quality requirements for this services have been formed. The behavior of intergrated network during the hour of the highest load and mechanisms of network control during the overload based on immittation model developed in software environment Opnet Modeler and Matlab were investigated.

БАГАТОРІВНЕВА МОДЕЛЬ БУФЕРИЗАЦІЇ ДАНИХ У ВУЗЛАХ ОБСЛУГОВУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНОГО ТРАФІКУ

Кирик М.І.¹, Плесканка Н.М.², Климаш Ю.В.³

Кафедра телекомунікацій, Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна,
E-mail: ¹kuryk@gmail.com, ²n.pleskanka@gmail.com, ³yuklimash@gmail.com

Анотація. – В роботі проведено аналіз основних методів та принципів буферизації даних у вузлах обслуговування мультимедійного трафіку. Встановлено, що багато фактів оптимальності розміру мережевого буфера швидше за все дають можливість визначити верхню межу довжини черги. Описано способи взаємодії на кожному із рівнів. Здійснено порівняння статичної та динамічної (адаптивної) технології буферизації даних. Зазначено ключові аспекти технології smart-буферизації.

Ключові слова: data buffering, synchronous flow, scale window, smart buffer, queuing algorithm, multilevel model.

I. Вступ

Проблема створення і забезпечення ефективного сучасний рівень розвитку телекомунікаційних мереж дає підстави зрозуміти, що інтенсивність мережевого трафіку зростає із кожним днем. Таке зростання викликає необхідність у виборі більш плоских мережевих архітектур, оптимізованих для меншої кількості сплесків, менших затримок та з'єднань типу "кожен з кожним". Такі зміни на перший план виносять питання управління мережевим трафіком та перевантаженням, оскільки традиційні методи, такі як збільшення розмірів буферів у вузлах мультисервісної мережі, потенційно можуть мати негативний вплив на ключові ІТ вимоги, такі як продуктивність, затримка і час відповіді сервісів, а також потребувати додаткових витрат.

Проте не слід забувати і те, що все це вимагає відповідних мережевих ресурсів, оскільки у відповідності до вимог часу, сучасні мережі передачі даних повинні будуватися як високонадійні системи, які здатні забезпечити задані показники якості обслуговування (Quality of Service, QoS). Сьогодні вже існує досить велика кількість механізмів обробки трафіку, які сприяють забезпеченню QoS. Одним із основних та найбільш важливих і критичних є буферний ресурс, та ресурс управління чергами, а також механізми управління доступом та перевантаженням.

Буферизація даних, безперечно, є потрібною, оскільки саме завдяки їй можуть бути поглинені короткочасні сплески активності мережевого трафіку, що пов'язано із властивістю самоподібності мережевого трафіку [1].

II. Модель буферизації даних

Принцип буферизації даних в будь-якому мережевому пристрої досить зручно представляти у вигляді кількох рівнів. В нашому випадку це буде модель, представлена на рис.1 [2]. Кожен з представлених нижче рівнів має свої характеристики і є відносно незалежним. Однак неправильна робота будь-якого з них, може негативно відзначитись на працездатності інших рівнів та роботі пристрою в цілому.

Дані, які приходять із середовища передавання, потрапляють безпосередньо на мережевий адаптер обслуговуючого пристрою. Кожен адаптер має два типи черг, а саме:

а) черга на прийом (розміщуються пакети які надходять із мережі);

б) черга на передавання (розміщуються пакети які передаються в мережу).

Наступним є рівень черг, на якому відбувається розміщення пакетів в черзі на прийом та передачу, а також ви-

значається механізм формування та опрацювання черг. Цей рівень виконує транспортну роль, доставляючи пакети із стеку протоколів TCP/IP у фізичну частину і навпаки. І хоча налаштування тут тривіальні, проте, при передачі даних на великі відстані варто звернути увагу на цей рівень.

ретий та четвертий рівні можна об'єднати під рівнем протоколів, в якому розміщується стек TCP/IP. Саме тут відбувається обробка всіх TCP/IP пакетів. Буфер третього рівня виділяється на кожне TCP з'єднання. На четвертому рівні виділяється загальний буфер. І хоча в стеку TCP/IP транспортну роль виконують 2 протоколи, TCP і UDP, у цій статті описується робота лише TCP протоколу. Зазвичай настройка TCP зводиться до того, щоб задати правильні значення буферів, невірний розмір яких може стати причиною вичерпання ресурсів на вузлі або, що менш критично, низької продуктивності протоколу.

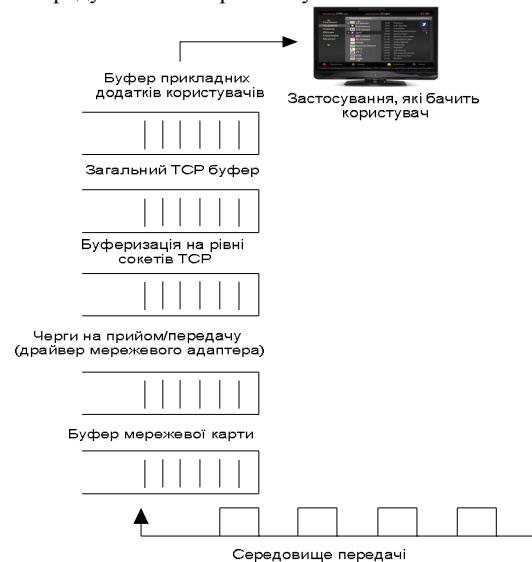


Рис. 1. Модель буферизації даних

Останній рівень – це рівень прикладних сервісів, які використовує кінцевий користувач. Саме тут користувач може побачити результати роботи всіх рівнів, та дати оцінку роботи сервісу. Розмір буфера на цьому рівні буде визначатись програмами якими користується користувач, такими як VLC медіаплеєр (для перегляду медіа даних в режимі реального часу), браузер (для перегляду WEB сторінок) та ін.

При розгляді механізму буферизації даних в вузлах обслуговування мережевого трафіку, необхідно згадати про два аспекти [3-4]:

- принцип розподілу буферного простору;
- оптимальний розмір буфера.

Важливим аспектом загального буферного пулу є можливість встановлювати динамічно адаптуючі для кожної черги пороги. Це означає, що поріг, після якого трафік починає відкидатися, не вказується статично для кожної черги [5]. Цей поріг динамічно адаптується під умови заго-ру(черги). Динамічне налаштування порогів для кожної черги є ключовим досягненням технології буферизації і дозволяє досягти не тільки хорошого згладжування сплесків

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

трафіку, а й забезпечити рівноправність між чергами [6]. Дослідження показали, що для досягнення еквівалентної здатності обробки сплесків трафіку і рівня втрати кадрів пристрої із статичним розподілом пам'яті по портах вимагають буфер, майже в 5 разів більший, ніж пристрої з динамічним загальним буферним пулом та з адаптивними порогами [7].

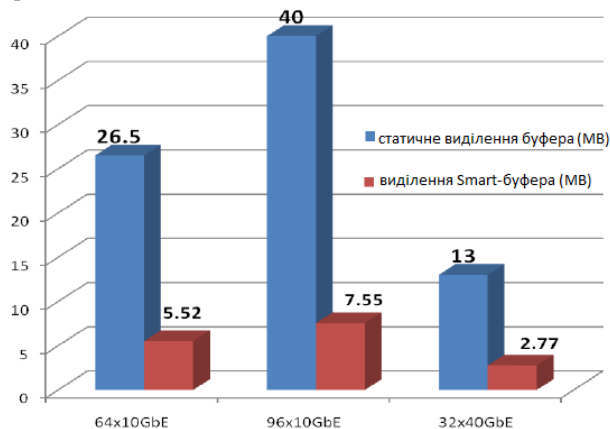


Рис.2. Порівняння статичної та динамічної (адаптивної) буферизації.

Ключовим аспектом технології смарт-буферизації є те, що пороги відкидання пакетів вибираються динамічно на основі умов затору(черги) або, іншими словами, на основі розміру буферного пулу, що залишився. Саме завдяки динамічній адаптації під умови затору, більш довгі і переповнені черги не можуть заповнити весь буфер, залишивши більш короткі та вільні черги ні з чим. Така адаптація порогу відкидання пакетів називається Fair Adaptive Dynamic Threshold (FADT)[8].

III. Висновки

Проаналізовано основні методи та принципи буферизації даних у вузлах обслуговування мультисервісного трафіку. Встановлено, що багато фактів оптимальності розміру мережевого буфера швидше за все дають можливість визначити верхню межу довжини черги. Представлена модель багаторівневої буферизації даних, та описано способи взаємодії на кожному із рівнів. Приведено порівняння статичної та динамічної (адаптивної) технологій буферизації даних. Зазначено ключові аспекти технології смарт-буферизації

IV. Список літератури

- [1]. Кирик М.І, Плесканка Н.М, Андрухів Т.В., Червенець В.В. Дослідження буферизації мультимедійного трафіку в мережах передачі даних. Вісник НУ “Львівська політехніка”, №738 “Радіоелектроніка та телекомунікації”, Львів, 2012, с.100-106.
- [2]. Mykhailo Klymash, Maryan Kyryk, Nazar Pleskanka, and Volodymyr Yanyshyn Data Buffering Multilevel Model at a Multiservice Traffic Service Node. Smart Computing Review. Korea – Vol. 4. No. 4. August 31, 2014, p. 294-306.
- [3]. Intel® Processors and Chipsets for Embedded Applications [Електронний ресурс]/ 2013. Режим доступу до статті:<http://www.intel.com/content/www/us/en/intelligent-systems/embedded-processors-which-intel-processor-fits-your-project.html/aplnots/ap450.pdf>
- [4]. A Map of the Networking Code in Linux Kernel 2.4.20 [Електронний ресурс]/2013. Режим доступу до статті: http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~xiaof/linux/linux_net_map.pdf
- [5]. Floyd, S. and Jacobson, V. Random Early Detection gateways for congestion avoidance. IEEE/ACM Transactions on Networking Aug. 1993.
- [6]. Jim Gettys, Kathleen Nichols, Bufferbloat: Dark Buffers in the Internet Communications of the ACM, Vol. 55 No. 1, Pages 57-65
- [7]. Sujal Das,Rochan Sankar, Broadcom Smart-Buffer Technology in Data Center Switches for Cost-Effective Performance Scaling of Cloud Applications. April 2012
- [8]. Abhijit K. Choudhury , Ellen L. Hahne. Dynamic Queue Length Thresholds for Shared-Memory Packet Switches. Bell Laboratories Holmdel, NJ, USA. May 2013

DATA BUFFERING MULTILEVEL MODEL AT THE MULTISERVICE TRAFFIC SERVICE NODE

M.M. Klymash M.I. Kyryk. N.M. Pleskanka

Department of Telecommunication, National University “Lviv Polytechnic”, Lviv, Ukraine

The basic principles of data buffering at the multiservice traffic service node were reviewed. The data buffering multilevel mode in the nodes, that serve a large number of TCP flows, was proposed. The optimization of the data buffering multilevel model to ensure a satisfactory quality of service in multiservice data network was made.

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСУ НАДАННЯ СЕРВІСУ З ВРАХУВАННЯМ СТРУКТУРИ ЦОД ДЛЯ МЕРЕЖ З CLOUD ТЕХНОЛОГІЄЮ

Стрихалюк Б.М.¹, Шпур О.М.²

Кафедра телекомунікацій, Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Україна,

E-mail: ¹bogdan_str@ukr.net, ²o.shpur@mail.ru

Анотація. – тези присвячені оптимізації та зменшення часу обслуговування (обробки) запитів, які надходять на обслуговування до центру обробки даних, з врахуванням топологічної структури такого центру. Для цього у тезах запропоновано метод оцінки стійкості структури віртуалізованого ЦОД з врахуванням інтенсивності запитів, що надходять до VM, що дасть змогу на підставі даних про стійкість структури в конкретні моменти часу не здійснювати повторний перерахунок оптимального шляху передачі, що призведе до зменшення затримки при наданні сервісу.

Ключові слова: cloud service, time delay, time of service, survivability of structure

I. Вступ

В наш час все більшої популярності набирають мережі з розподіленими обчисленнями, особливо з cloud технологією. Користувачам хмари надаються необхідні сервіси віддалено за допомогою технології віртуалізації [1]. Проте, важливим аспектом у наданні cloud послуг є швидкість надання цих сервісів, наявність вільних каналів для їх надання та необхідної смуги пропускання для задоволення потреб користувачів. Особливо, коли запити на надання сервісів надходять до центрів обробки даних, які за допомогою віртуальних машин, що здатні обробляти та задовольняти відповідними компонентами чи додатками запити для надання сервісу. Однак, логічна топологічна структура таких центрів обробки даних не стійка і може змінюватися динамічно. Особливо при міграції віртуальних машин з одного сервера на інший або й навіть на інший ЦОД. Тому, є актуальними питання щодо пришвидшення надання сервісів з врахуванням структури системи

II. Суть методу оптимізації часу надання сервісу з врахуванням структури ЦОД

Для пришвидшення надання сервісу cloud системою пропонуємо використовувати алгоритм пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження [2] та розроблений метод оцінки живучості структури центрів обробки даних. В основі першого алгоритму лежить спосіб розрахунку оптимального шляху передачі на основі даних про поширення інформації та зміни в топології мережі. Ці дані складають єдину комбіновану метрику маршруту, яка виявляє компроміс між вибором оптимального маршруту та властивостями трафіку, оскільки, імовірність одночасного існування потоків із максимальним сервісом на маршрутах із спільною лінією є низькою. Суть методу полягає у визначенні стійкості до руйнувань структури в залежності від моделі представлення топології з врахуванням завантаженості кожної віртуальної машини (VM).

Нехай сервіс є об'єктом для надання послуги клієнтам cloud мережі, основною характеристикою якого є тривалість обробки запиту $t_{обр}$. У випадку зменшення продуктивності сервісу система керування переносить цей сервіс на іншу VM чи PM (фізичну машину). Логічна топологія не змінюється, але дані проходять по інших фізичних каналах. В такому випадку загальний час передачі сервісу від користу-

вача до ЦОД і в зворотньому напрямку розраховуватиметься як:

$$t_{per} = \sum_1^n t_{k.} + \sum_1^{n-1} t_{p.k.z.} + t_{obr} \quad (1)$$

де n – кількість запитів; $t_{k.}$ – час проходження запиту через систему комутації; $t_{p.k.z.}$ – час пошуку каналів, по яких буде здійснюватися передача; t_{obr} – час обробки запиту, який є сумою часів обробки запиту сервісом, який складається з k атомарних сервісів. Оскільки, оптимальний шлях передачі змінюється, то це призводить до зростання часу пошуку каналів, по яких буде здійснюватися передача - $t_{p.k.z.}$, що в свою чергу призведе до збільшення загального часу передачі. Для цього пропонується метрику алгоритму пошуку оптимального шляху оптимізувати враховуючи середню затримку на інтерфейсах.

$$M = \left(K_1 * \min C + \left(\frac{K_2 * \min C}{256 - L} \right) + K_3 * D \right) * \left(\frac{K_5}{R + K_4} \right) * 256 \quad (2)$$

де K_1 – коефіцієнти, які задає адміністратор мережі для коригування композитної метрики; $\min C$ – мінімальне значення пропускної здатності; L – завантаженість кожної ланки в мережі; D – сумарна затримка на інтерфейсах; R – надійність шляху. Тому фактично проблема зменшення часу обслуговування (обробки) запитів, які надходять на обслуговування до центру обробки даних, з врахуванням топологічної структури такого центру зводиться до зменшення середньої сумарної затримки D . Однак така затримка повинна задовольняти умови :

$$D = \frac{1}{P_{cm}} \sum_{Deg.n} \frac{w_T(n)}{C - w_T(n)} \leq D_{зад} \quad (3)$$

де P_{cm} – ймовірність стійкості структури системи, $w_T(n)$ – завантаженість вершин протягом часу T , C – пропускна здатність каналу зв'язку, $Deg n$ – кількість ребер приєднаних до вершини n . Для алгоритму пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження максимальна затримка, при швидкості 100 Мбіт/с, рівна 100 мкс. Затримка може бути зменшена тільки у тому випадку, коли структура центру обробки даних буде стійкою на протязі часу T

Структуру системи хмарних обчислень можна представити у вигляді графа. Проте, з врахуванням відключення або міграції віртуальних машин такий граф буде не детермінований, і математично його можна описати лише за допомогою теорії випадкових графів (моделями Балобаші-Альберта чи Ердеша-Ренні [3]). Такий граф G буде мати випадкову кількість вузлів (під вузлами розуміється VM) та ребер (фізичних каналів). Затримка безпосередньо залежить від структури системи (від моделі утворення графа) та її стійкості. Стійкість до руйнування графа пропонуємо оцінити як одиниця мінус суму ймовірності взаємопов'язаності вузлів між собою та завантаженості вузлів в момент часу t , який не перевищує максимально можливого завантаження системи.

$$P_{cm} = 1 - \sum_{i=1}^n w_i(t) + P_{зв.} \quad (4)$$

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

де $W_i(t)$ – завантаженість вузлів в момент часу t ; $P_{зв_i}$ – ймовірність зв'язності вузлів.

Ймовірність зв'язності між парою вузлів можна оцінити як:

$$P_{зв}(A, B) = 1 - \prod_{i=1}^n \prod_{i=1}^{A, B} P_{найкор.шляху_i} P_{ребер.з. \max k_i} \quad (5)$$

Якщо завантаженість вузлів в момент часу T менша чи рівна максимально можливому завантаженню системи, то це призведе до збільшення стійкості структури системи, що в свою чергу призведе до зменшення затримки на інтерфейсі. Використання запропонованого методу дозволить зменшити тривалість пошуку каналів, по яких здійснюватиметься передача, оскільки, зменшиться затримка закладена у метрику алгоритму пошуку оптимального шляху, що враховує стійкість структури. Це забезпечить швидшу передачу компонентів сервісу та відповідно пришвидшить його надання.

Для оцінки ефективності методу необхідно випадковим чином сформувати зв'язки (відповідно до умов моделі мережі) між вузлами та оцінити ймовірність взаємопов'язаності спочатку довільних пар вузлів між собою, а потім загальну взаємопов'язаність мережі, яка визначатиметься як сума пов'язаності усіх пар вузлів. Оцінка завантаженості кожної віртуальної машини, на протязі часу T , буде проводитися з використанням методу Нороса, з врахуванням, що кожна VM, відповідно до теорії систем масового обслуговування, буде системою типу $G/G/1$. Для спрощення вважатиметься, що інтенсивність поступлення запитів на надання сервісу буде здійснюватися по степеневому закону розподілу, а коефіцієнт варіації інтервалів між запитами та тривалості їх обслуговування буде сталою величиною. Максимальна завантаженість повинна визначатися по максимальній кількості запитів на обслуговування

III. Висновки

Хмарні обчислення є однією з найбільш прогресивних технологій розподілених обчислень, які надають користувачу можливість отримати всі необхідні ресурси. Однак, важливою задачею є пришвидшення часу надання користувачеві необхідних сервісів. Цю проблему можна вирішити використовуючи алгоритм пошуку шляху за критерієм мінімального часу проходження та метод оцінки живучості структури центрів обробки даних, в основі яких лежить оцінка стійкості структури, що призводить до зменшення затримки при розрахунку оптимального шляху, який забезпечує найкращий показник загальної метрики

IV. Список літератури

- [1] Dominic Batre, Natalia Frejnik, Siddhant Goel, Odej Kao and Daniel Warneke, " Inferring Network Topologies in Infrastructure as a Service Cloud", 11th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, pp.604-605, 2011.
- [2] Gallager R. G. A minimum delay routing algorithm using distributed computation // IEEE Trans. on communications. 1975. - Vol. 25, № 1. - P.73-85
- [3] Bollobas B., Riordan O.M. Mathematical results on scale-free random graphs // Handbook of graphs and networks. —Wiley-VCH, Weinheim, 2003.

THE METHOD OPTIMIZATION TIME OF SERVICE CONSIDERATION THE STRUCTURE OF DATA CENTER FOR NETWORKS WITH CLOUD TECHNOLOGY

B.M. Strykhalyuk, O.M. Shpur.

Department of Telecommunication, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine

This thesis is devoted to the problem of reducing processing time of requests that arrive for service to data center, taking into account the topological structure of the center. Topological data center is not stable and may change dynamically. Especially when migration of virtual machines from one server to another or even to another data center. Migration refers to the opportunity to "turn off" VM in one physical server, then run, if this was not done in advance, preparatory operations associated with the transfer of the data set corresponding to that VM, to another physical server, and "turn" on VM another physical server, ie make it initialize with giving, often another IP - address. Redirecting requests for other logical, but sometimes physical channels will affect the overall time of service. Therefore, this "unstable" structure of the data center will introduce a delay in servicing requests for service. However, taking into account the structure of the data center is not enough, an important factor while serving survivability of such a structure, because the structure is stable, the system performs faster and redirects the user to the required service. In this thesis it was proposed a method for assessing stability of the structure of virtualized data centers taking into account intensity of requests that arrive at the VM. This will allow based on structure stability at the particular moment skipping recalculation of optimal transmission route that will reduce delays in the provisioning of services.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ ДВОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРАВИЛ ОБРОБКИ РАДІОСИГНАЛІВ НА ФОНІ НЕГАУСІВСЬКИХ ЗАВАД

Палагін В.В.¹, Гончаров А.В.², Уманець В.М.³

Кафедра радіотехніки, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,
E-mail: ¹palahin@yahoo.com, ²artyom28@gmail.com, ³vladimirumanets@gmail.com

Анотація. – проведено комп'ютерне моделювання поліноміальних двофункціональних правил обробки радіосигналів на фоні асиметрично-ексцесної завади другого типу першого виду.

Ключові слова: поліноми Кунченка, двофункціональні правила, асиметрично-ексцесна негаусівська завада.

I. Вступ

Традиційно для побудови двофункціональних правил сумісного розрізнення сигналів та оцінювання їх параметрів використовують добре відомі класичні методи теорії статистичної обробки сигналів [1], які в загальному випадку не передбачають обмежень на використання виду щільності розподілу випадкових величин. На практиці значного поширення набуло застосування стандартного нормального розподілу випадкових величин, яке в багатьох випадках унеможливує відображення реальних процесів з необхідною адекватністю.

Використання традиційного підходу до дослідження і розробки систем обробки випадкових негаусівських процесів характеризується суттєвими обмеженнями, пов'язаними зі складністю їх алгоритмічної реалізації, зростанням обчислювальних ресурсів, що призводить до відповідних труднощів при створенні якісних програмно-алгоритмічних та апаратних засобів обробки сигналів.

В зв'язку з цим актуальною постає задача побудови ефективних методів обробки сигналів, що дозволяють підвищити точність обробки негаусівських сигналів порівняно з традиційним кореляційним підходом при заданих обмеженнях на їх алгоритмічну та обчислювальну складність.

Метою даної роботи є проведення комп'ютерного моделювання поліноміальних двофункціональних правил обробки радіосигналів на фоні асиметрично-ексцесної негаусівської завади.

II. Комп'ютерне моделювання поліноміальних двофункціональних правил

В роботі пропонується використати двофункціональне правило обробки входних вибірових значень \mathbf{X} :

$$\Delta[\mathbf{X}] = F\{\Delta_p[\mathbf{X}], \Delta_o[\mathbf{X}]\}, \quad (1)$$

де $\Delta_p[\mathbf{X}]$ – функція розрізнення гіпотез, в основу якої покладено застосування поліноміальних розв'язувальних правил (РП) розрізнення N сигналів, оптимальні коефіцієнти яких знаходяться згідно моментного критерію якості верхніх границь ймовірностей помилок [2], $\Delta_o[\mathbf{X}]$ – функція оцінювання параметрів сигналів, в основі якої лежать методи максимізації полінома (ММП) [3] та максимізації усіченого стохастичного полінома (ММУСП) [3].

Нехай на вході системи спостерігається випадковий сигнал, який представляє собою адитивну суміш радіосигналу $S_i(t)$ та завади $\eta(t)$: $\xi_i(t) = S_i(t) + \eta(t)$. Обробці підлягають вибірові значення $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ обсягу n з послідовності незалежних і неоднаково розподілених випадкових

величин. За результатами обробки \mathbf{X} необхідно винести рішення про реалізацію однієї з гіпотез H_i , $i = \overline{0, N}$. Замінивши безперервний час спостереження t на дискретні відліки v обсягом n для досліджуваного сигналу $\xi_i(t)$ в припущенні стаціонарності негаусівських завад можемо записати:

$$H_i: \xi_{iv} = S_{iv}(\alpha_k) + \eta(\gamma_k), \quad i = \overline{1, N}, \quad v = \overline{1, n};$$

$$H_0: \xi_{0v} = \eta(\gamma_k),$$

де S_{iv} – значення i -го радіосигналу з відомими (оціночними) параметрами у вигляді моментно-кумулянтного опису α_k в v -й момент часу; $\eta(\gamma_k)$ – негаусівська випадкова величина з відомими (оціночними) параметрами у вигляді моментно-кумулянтного опису γ_k . За результатами обробки \mathbf{X} необхідно винести рішення про реалізацію однієї з гіпотез H_i , $i = \overline{0, N}$.

Моделювання поліноміальних двофункціональних правил проведені при степенях стохастичного полінома $s = 1$ та $s = 2$, при заданому обсязі вибірки $n = 500$ та кількості експериментів $k = 200$. Результати моделювання представлено у вигляді графіків (рис. 1–3).

На рис. 1 зображено теоретичний та експериментальний графіки залежності ефективності нелінійного РП ($s = 2$) розрізнення сигналів по відношенню до лінійного РП ($s = 1$) та оцінюється відношенням кількості добутої інформації $I_{s=1}/I_{s=2}$ з вибірових значень про розрізнення гіпотез і характеризує ймовірності помилок першого і другого роду РП.

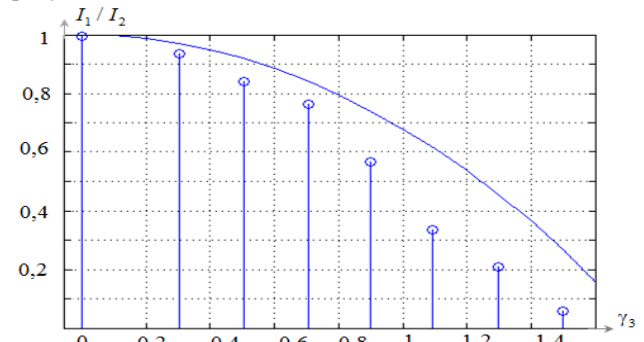


Рис. 1. Залежність ефективності поліноміальних РП при степені полінома $s = 1$ до $s = 2$ від коефіцієнта асиметрії γ_3 для коефіцієнта ексцесу $\gamma_4 = 0,8$

На рис. 2 представлено теоретичний та експериментальний графіки залежності коефіцієнта зменшення дисперсій оцінок частоти першого радіосигналу $g(\omega_{01})_{21}$, що знаходиться як відношення дисперсій отриманих оцінок при різних степенях стохастичного полінома [3].

Залежність коефіцієнтів зменшення дисперсій оцінок інших параметрів радіосигналів мають подібний характер зміни.

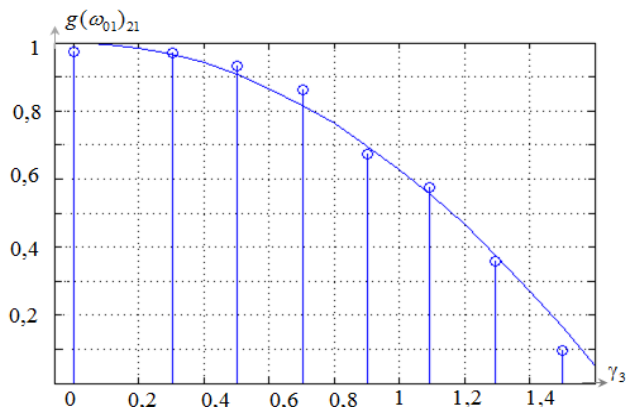


Рис. 2. Залежність коефіцієнта зменшення дисперсій оцінок частоти від γ_3 , $\gamma_4 = 0,8$

На рис. 3 представлено результати моделювання серії експериментів обробки сигналів на фоні адитивної асиметрично-ексцесної завади лінійним та нелінійним РП.

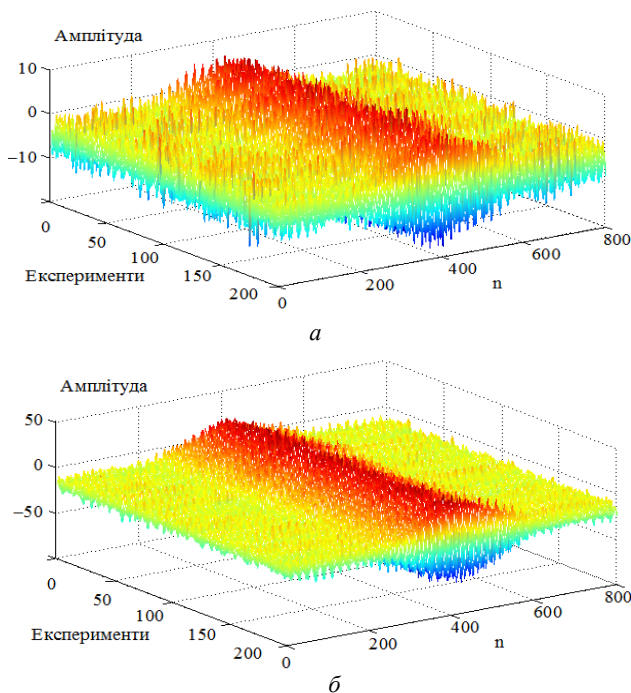


Рис. 3. Результат обробки вибірових значень: а – лінійним РП; б – нелінійним РП при $\gamma_3 = 1,5$ та $\gamma_4 = 0,8$

III. Висновки

Експериментально отримані результати комп'ютерного моделювання поліноміальних двофункціональних правил відповідають теоретичним. Показано, що результати обробки лінійним РП (рис. 3, а) (який є оптимальним для гаусівських завад) вибірових значень сигналу при негаусівських завадах характеризуються більш частими хаотичними викидами і перевищеннями нульового порогу в порівнянні з результатами обробки нелінійним РП (рис. 3, б), який враховує коефіцієнти третього та четвертого порядків.

Встановлено, що врахування статистик третього і вище порядків у вигляді коефіцієнтів асиметрії та ексцесу дозво-

ляє суттєво покращити результати оцінювання параметрів у вигляді зменшення дисперсії оціночних значень та зменшити ймовірності помилок поліноміальних РП в порівнянні з відомими результатами.

Співпадання експериментальних результатів з теоретичними відбуватиметься при збільшенні обсягу вибірки n та кількості проведених експериментів k .

Отримані результати можуть бути використані для зменшення ймовірності помилок розрізнення радіосигналів та підвищення точності оцінок їх параметрів в радіолокації, радіонавігації та інших сферах, де точність алгоритмів обробки сигналів відіграє важливу роль.

IV. Список літератури

- [1] Трифонов, А. П. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех / А. П. Трифонов, Ю. С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.
- [2] Палагін, В. В. Нелінійні алгоритми виявлення радіосигналів на тлі адитивно-мультиплікативних негаусівських завад / В. В. Палагін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 6, № 11(60) – С. 23–28.
- [3] Гончаров, А. В. Оцінка амплітуди радіосигналу при асиметрично-ексцесній адитивній заваді із застосуванням усечених поліномів Кунченка / А. В. Гончаров, В. М. Уманець // Вісник ЧДТУ – 2013. – № 2. – С. 111–118.

COMPUTER MODELING OF POLYNOMIAL TWO FUNCTIONAL RULES TO PROCESS RADIO SIGNALS AT NON-GAUSSIAN INTERFERENCES

Palahin V.V., Honcharov A.V., Umanets V.M.

Department of the Radio Engineering, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

In this paper using two functional rules for processing of incoming sample values (1) is proposed. The first function is the function of hypothesis distinction, based on polynomial decisive rules. The optimal coefficients of such decisive rules are obtained by moments criterion of the upper limit of probability of errors. The second function is the function of estimation of signals parameters, based on the method of polynomial maximization and method of truncated polynomial maximization. The two functional rules for signal processing use the moment and cumulant description of random variables.

Using the traditional approach to research and develop systems of processing of Non-Gaussian random processes is characterized by significant limitations associated with the complexity of algorithmic implementation and increasing computational resources that leads to appropriate difficulties in establishing quality software-algorithm and hardware means of signal processing.

In this regard, there is an urgent task to develop effective methods of signal processing to enhance the accuracy of Non-Gaussian signals processing compared with the traditional correlation approach.

Computer modeling of polynomial two functional rules to process radio signals at skewness-kurtosis non-gaussian interference is conducted. The skewness-kurtosis interference is characterized by cumulant coefficients of the third and fourth order.

Experimental results of computer modeling of distinction and estimation algorithms in general conform to theoretical.

It is shown (Fig. 1-3) that the account of a thin structure of Non-Gaussian interferences can increase efficiency of signal processing algorithms. The greatest efficiency is reached for boundary conditions of the coefficients of skewness and kurtosis of the interference and for higher degrees of the polynomial.

The obtained results may be used to reduce the probabilities of errors of distinction of radio signals and improve the accuracy of the estimations of their parameters in radiolocation, radio navigation and other areas.

ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕХОДА К СЕТЯМ 4G В УКРАИНЕ

Кириленко И.С.¹, Яремко И.Н.²

Кафедра автоматизации и телекоммуникаций, Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина, E-mail: ¹ilya0500277848@gmail.com, ²son@dn.farlep.net

Анотація. – Безперервний розвиток технологій мобільного зв'язку вимагає від операторів виконувати модернізацію свого обладнання для надання якісно нових послуг. В статті стисло розглянута проблематика переходу до мереж рівня 4G.

Ключові слова: LTE, 4G, технологія, трафік.

I. Введение

В условиях современности очень динамично развивается рынок телекоммуникаций. К основным тенденциям можно отнести снижение темпов роста клиентской базы существующих операторов сетей 2-го поколения и смещение приоритетов от голосовой связи к мультимедийным услугам у конечных абонентов. Для полноценного предоставления мультимедийных услуг недостаточно ресурсов сетей организованных на принципах 2-2,5G. С этой точки зрения большой интерес представляют сети 3G и 4G. Потенциальные возможности указанных поколений связи в полной мере могут обеспечить мультимедийные потребности абонентов, но не смотря на рост количества абонентских терминалов нового поколения, операторы связи не спешат переходить к новым стандартам.

II. Тенденции рынка

Беспроводные сети связи в последние десятилетия беспрерывно эволюционируют, что связано как с прогрессом, так и с ростом пакетного трафика в сравнении с голосовым [1]. Тенденции развития сетей показаны на рис. 1.



Рис. 1. Эволюция технологий

Рис. 2 наглядно иллюстрирует возможность перехода к новым сетевым технологиям для операторов связи.

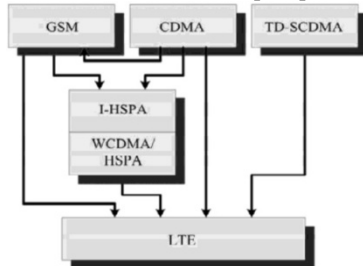


Рис. 2. Перспективы развития сетей 2G/3G в направлении LTE

Задачу доставки мобильного контента могут решить сети, построенные на основе технологий 3G и 4G. Но в Украине процесс выделения лицензий на «полноценную» 3G-связь в стандарте UMTS исторически затянулся, и операторы так и не сумели воспользоваться ее преимуществами.

Между тем время не стоит на месте, и потенциал семейства стандартов связи третьего поколения с каждым годом уменьшается. Мир переходит на четвертое поколение, широко известное как LTE (Long Term Evolution). Производители смартфонов и планшетов тоже не стоят в стороне от наметившейся тенденции, и теперь ни одна флагманская модель известного бренда не обходится без LTE [2].

Проблема перехода к сетям следующего поколения складывается из многих факторов и не последним является не только наличие спроса на рынке услуг, а и возможность интеграции в существующую сетевую инфраструктуру операторов связи.

Операторы сетей 2G могут перейти на технологию LTE исходя из имеющегося ресурса, а также степени внедрения ими услуг мобильного широкополосного доступа.

Операторы 3G, внедрившие услугу I-HSPA, имеют одноуровневую сетевую архитектуру, что позволит им минимизировать затраты для перехода к LTE. Операторы сетей 3G, имеющие сеть WCDMA/HSPA, могут сразу же перейти на технологию LTE [3].

III. Выводы

Украинские операторы сетей 2G/3G смогут перейти на технологию нового поколения LTE путем последовательного развития за счет использования существующих сетевых элементов, благодаря одно уровневой архитектуре сети и высокой эффективности использования спектра.

Оптимальный вариант перехода к системам следующего поколения 4G подразумевает совместное использование сети радиодоступа, спектра и планирования, обеспечивая операторам необходимые потребности сети.

IV. Список литературы

- [1] Кааранен, Х. Сети UMTS / Х. Кааранен. – М.: Техносфера, – 2007. – 315 с.
- [2] 5 предвестников готовящегося перехода операторов на LTE. – Режим доступа: <http://forbes.ua/opinions/1339503-5-predvestnikov-gotovyashchegosya-perehoda-operatorov-na-lte.-nazvanie-s-ekrana>
- [3] Блайч, Т. Эволюция радиосети доступа в мобильных системах третьей генерации / Т. Блайч // Ericsson Nikola Tesla Revija. – 2006. – Ме 2. – С. 54-68.

PROBLEMS OF TRANSITION TO 4G NETWORKS IN UKRAINE

Kirilenko I.S., Yaremko I.N.

Kafedra automation and telecommunications, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Continuous development of mobile communication technologies requires operators to perform upgrades their equipment to provide high quality new services. The article briefly discussed the problems of transition to 4G networks. Ukrainian operators of 2G networks will be able move to LTE.

Optimal migration path to next-generation 4G systems involves sharing the radio access network, spectrum and planning, providing operators with the necessary requirements for a network.

ЩОДО СТІЙКОСТІ ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ МЕРЕЖ ДОСТУПУ

Манько О.О.¹, Скубак О.М.², Манько В.О.¹

¹Кафедра телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна, E-mail: manko_kiev@mail.ru

²Кафедра вищої математики, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна, E-mail: skubaksp@rambler.ru

Анотація. – В роботі було розглянуто питання про поведінку оптичного кабелю мереж доступу під дією зовнішніх навантажень. Отримано на основі нелінійної теорії закручених стержнів рівняння руху осердя оптичного кабелю та критичні навантаження втрати стійкості.

Ключові слова: мережа доступу, оптичний кабель, оптичне волокно.

I. Вступ

Одним з основних напрямків сучасного науково-технічного прогресу є всебічний розвиток волоконно-оптичних систем та мереж зв'язку, що забезпечують можливість доставки на значні відстані великого обсягу інформації з високою швидкістю. При цьому має місце поділ мереж зв'язку на дві підсистеми – транспортні мережі зв'язку та мережі доступу, що забезпечують під'єднання термінального обладнання абонента до транспортних мереж. Серед типів мереж доступу на цей час найбільш прогресивною вважається мережа FTTH (волокно до дому), яка забезпечує під'єднання оптичного волокна безпосередньо до домашньої апаратури абонента.

Концепція “волокно в квартиру” FTTH (fiber to the home) є самою перспективною, оскільки вона забезпечує найбільшу полосу пропускання, масове обслуговування абонентів на відстані до 20 км від вузла зв'язку, швидкість доступу для абонента до декількох гігабіт в секунду. На цей час має місце широке впровадження технології FTTH в США та Японії ведеться робота над втіленням державної програми впровадження даної технології.

Головною складовою частиною сучасних мереж доступу на основі технології FTTH є кабель з осердям стрічкового типу. Даний тип кабелю характеризується правильним розташуванням світловодів в вузлах прямокутної решітки. Осердя закручуються по гвинтовій лінії для гнучкості та збереження форми оптичного кабелю [1]. Прикладом оптичного кабелю з осердям стрічкового типу може служити оптичний кабель фірм OFS, BELL, RIBBON США та Японії.

II. Рівняння руху та критичні навантаження осердя оптичного кабелю

Осердя стрічкового типу можна розглядати як суцільний стержень з прямокутним поперечним перерізом та природною кривотою. На основі нелінійної теорії закручених стержнів отримано [2] систему рівнянь руху в безрозмірному вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 v_0}{\partial s^4} - (a^2 - \beta_3 R) \frac{\partial^2 v_0}{\partial s^2} - 2a \frac{\partial^3 w_0}{\partial s^3} &= f_1(s, t, \dots); \\ \frac{\partial^4 w_0}{\partial s^4} - (a^2 - \gamma_3 R) \frac{\partial^2 w_0}{\partial s^2} + 2a \frac{\partial^3 v_0}{\partial s^3} &= f_2(s, t, \dots); \end{aligned} \quad (1)$$

де a – міра закрученості стержня $a = \phi/\pi$;

$$\beta_3 = \frac{Fl^2}{J_2}; \gamma_3 = \frac{Fl^2}{J_3}; R = \frac{P}{EJ_3};$$

$f_1(s, t, \dots), f_2(s, t, \dots)$ – деякі функції, що залежать від виду зовнішнього поперечного навантаження, геометричних та фізичних параметрів стержня.

На основі цих рівнянь можна досліджувати задачі про деформації осердя ОК під дією зовнішніх зусиль, задачі статичної та динамічної стійкості. В якості приклада розглянуто задачу про повздовжню стійкість стержня (осердя ОК з стрічковими елементами) з шарнірно закріпленими кінцями під дією повздовжньої стискаючої сили P . Це відповідає дільниці прокладки, на якій кабель розташований вертикально і він знаходиться під дією як зовнішніх стискаючих сил так і під дією власної ваги.

Критичні навантаження втрати стійкості можна визначити з наступного трансцендентного рівняння:

$$\frac{1 - \cos \lambda_2^* \sqrt{t_1}}{\sin \lambda_2^* sh \sqrt{t_1}} = \frac{(\lambda_2^{*2} + t_1)^2 - 4a_0^2 \pi^2 (\lambda_2^{*2} - t_1)^2}{8a_0^2 \pi^2 \lambda_2^{*2} \sqrt{t_1}} \quad (2)$$

де $a_0 = a/\pi$; t_1, λ_2^* – корені характеристичного рівняння системи (1):

$$\lambda^4 + (4a^2 - a_1 - a_2)\lambda^2 + a_1 a_2 = 0,$$

$$\text{де } a_1 = a^2 - \beta_3 R; a_2 = a^2 - \gamma_3 R.$$

Таким чином проведене моделювання поведінки кабелю під дією зовнішніх навантажень дозволяє визначити його стійкість до них.

III. Висновки

В залежності від кута крутки при повздовжньому стисканні стержня (осердя оптичного кабелю) з (2) можна отримати, що він протидіє 5-6 Ейлерівським зусиллям в порівнянні зі стержнями, в яких відсутня крутка. Наявність крутки осердя дозволяє протидіяти більшим зовнішнім повздовжнім навантаженням.

IV. Список літератури

- [1] Семенов Н.А. Оптические кабели связи: Теория и расчет / Н.А. Семенов. – М.: Радио и связь, 1981. – 152с.
- [2] Манько А.А., Скубак А.Н. Нахождение решения уравнений движения для сердечника оптического кабеля с естественной кривотой / А.А. Манько, А.Н. Скубак // Радиотехника. Всеукр. межвед.- научн. техн. сб. –2010. – Вып.163. – С. 53–56.

RELATIVELY STABILITY OF THE OPTICAL CABLE FOR ACCESS NETWORKS

Manko O.O.¹, Skubak O.M.², Manko V.O.¹

¹Department of Telecommunication Technologies of State University of Telecommunication, Kyiv, Ukraine

²Department of Mathematics of State University of Telecommunication, Kyiv, Ukraine.

In this paper the behaviour of the optical cable for access networks by external loads is considered. The equation of motion of the core optical cable on the basis of the nonlinear theory of twisted bars was obtained. Critical loads cause loss of stability were also obtained.

Keywords: access network, optical cable, optical fibre.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОЦЕСІВ РЕШІТЧАСТИМ МЕТОДОМ БОЛЬЦМАНА

¹Нестеренко Б.Б., ²Новотарський М.А.

Інститут математики НАН України, Київ, Україна, E-mail: ¹model@imath.kiev.ua, ²novot@ukr.net

Анотація. – Запропоновано новий підхід до моделювання складних фізичних процесів, що описуються рівняннями математичної фізики. Використано технологію математичного моделювання «знизу-вверх», яка базується на застосуванні решітчастого рівняння Больцмана.

Ключові слова: математичне моделювання, решітчаста модель Больцмана.

I. Вступ

Бурхливий науково-технічний прогрес в області технічних засобів та програмного забезпечення обчислювальних систем відкриває нові можливості для розвитку методів математичного моделювання складних фізичних процесів, що описуються рівняннями математичної фізики. Традиційні методи моделювання за технологією «зверху-вниз» ґрунтуються на розв'язуванні крайових задач математичної фізики чисельними методами. Такий підхід пов'язаний з певними труднощами при реалізації даних моделей на сучасних паралельних обчислювальних системах. Негативний вплив на адекватність моделі мають також порушення законів збереження, що виникають внаслідок використання наближених обчислень. Очевидно, що вони стають особливо відчутними при розгляді крайових задач на значних відрізках часу. З метою подолання згаданих недоліків запропоновано використання технології моделювання «знизу-вверх», яка базується на застосуванні решітчастого рівняння Больцмана.

II. Решітчаста модель Больцмана

В основі решітчастої моделі лежить рівняння Больцмана, яке є рівнянням з частинними похідними, що описує еволюцію функції розподілу певного елементарного об'єму, який містить матеріальні частинки [1]:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{v} \nabla f = -\frac{1}{\tau} (f - f^{(eq)}), \quad (1)$$

де \mathbf{v} – вектор швидкості, $f(\mathbf{x}, \mathbf{v}, t)$ – функція розподілу, яка задає ймовірність того, що елементарний об'єм в момент часу t перебуватиме в кубі з вершиною в точці \mathbf{x} і довжиною сторони dx , а його швидкість буде знаходитися в діапазоні від \mathbf{v} до $d\mathbf{v}$, $f^{(eq)}$ – рівноважна функція розподілу (так звана функція розподілу Максвелла-Больцмана), τ – константа, яка визначає масштаб часу, необхідний для встановлення локальної рівноваги.

Після дискретизації (1) одержуємо систему, яка складається з решітчастих рівнянь Больцмана [1]:

$$f_k(x_k + v_k \Delta t, t + \Delta t) = f_k(x_k, t) - \frac{f_k(x_k, t) - f_k^{(eq)}(x_k, t)}{\tau}. \quad (2)$$

Індекс k вказує на те, що кожне рівняння системи (2) асоційоване з відповідним елементом множини векторів швидкості $\mathbf{v} = \{v_k\}$. Процес моделювання відбувається шляхом послідовного виконання таких дій:

1. Одержання величин функцій розподілу для кожного з векторів v_k з часовим кроком Δt :

$$\tilde{f}_k(x_k, t + \Delta t) = f_k(x_k, t) - \frac{f_k(x_k, t) - f_k^{(eq)}(x_k, t)}{\tau}. \quad (3)$$

2. Передача результатів обчислень до інших вузлів згідно зі структурою решітки:

$$f_k(x_k + v_k \Delta t, t + \Delta t) = \tilde{f}_k(x_k, t + \Delta t). \quad (4)$$

За останні роки сфера застосування даного методу істотно розширилась, оскільки доведено, що для моделювання тих чи інших складних процесів достатньо визначити відповідні правила формування рівноважної функції розподілу. При моделюванні електромагнітних полів параметри обчислюють на основі значень локальних функцій розподілу, що поширюються від одного вузла решітки до іншого вздовж векторів швидкості v_k . З кожним вектором швидкості асоційовані чотири функції розподілу, які визначають модулі електричного або магнітного векторів. Кінцеві формули для визначення відповідних рівноважних функцій розподілу мають вигляд:

$$\begin{cases} f_{ki}^{(eq)0}(\mathbf{x}, t) = \frac{v_k \cdot \mathbf{J}}{16} + \frac{e \cdot a_{ki} \cdot E}{4} + \frac{b_{ki} \cdot B}{8\mu}, & f_0^{(eq)0}(\mathbf{x}, t) = \rho, \\ f_{ki}^{(eq)1}(\mathbf{x}, t) = \frac{v_k \cdot \mathbf{J}}{16} + \frac{a_{ki} \cdot E}{4} + \frac{b_{ki} \cdot B}{8}, & f_0^{(eq)1}(\mathbf{x}, t) = \rho, \end{cases} \quad (5)$$

де $i=0,1$; \mathbf{J} – сумарна щільність струму до зовнішнього впливу, E – електричне поле, B – індукція, ρ – повна щільність заряду, e – діелектрична проникність, μ – магнітна проникність.

III. Висновки

Розглянуто технологію моделювання «знизу-вверх», особливість якої полягає у тому, що шляхом застосування решітчастого рівняння Больцмана на мезоскопічному рівні описують поведінку складних фізичних процесів на макроскопічному рівні. Перевага використання даного методу моделювання полягає у тому, що він забезпечує виконання законів збереження та гарантує високу стійкість. Перевагою методу також є широкий спектр застосування до складних фізичних процесів, які описуються рівняннями математичної фізики. Наведено основні залежності, що використовуються при математичному моделюванні задач електродинаміки.

IV. Список літератури

- [1] Sokup M. C., Thorne D. T. Lattice Boltzmann Modeling.– Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.– 2006.– 173 p.

SIMULATION OF COMPLEX PROCESSES USING LATTICE BOLTZMANN METHOD

¹Nesterenko B.B., ²Novotarsky M.A.

Institute of Mathematics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,

E-mail: ¹model@imath.kiev.ua, ²novot@ukr.net

The simulation technology "bottom-up", which overcomes several shortcomings inherent in traditional approaches, is proposed. In particular the application of the lattice Boltzmann method simplifies the use of parallel cluster systems, increases the adequacy and stability of the model. The basis of the lattice model is the Boltzmann equation (1), which is a partial differential equation that describes the evolution of the distribution function of the volume element containing material particles. Simulating complex processes using discrete lattice Boltzmann equation (2) consists of two phases: computing the distribution functions for each vector v_k with a time step Δt and transferring the results of calculations to other nodes according to the structure of the lattice.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

КОРРЕКЦИЯ ПОЛОЖЕНИЙ МАКСИМУМОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ЦИФРОВЫХ ОТСЧЁТОВ

Анпилогов Д.И.

Кафедра прикладной математики, Запорожский национальный технический университет,
Запорожье, Украина, E-mail: anpilogov@ua.fm

Анотація. – Методом найменших квадратів скориговано положення максимумів цифрового сигналу, який представляє коливання. Суттєво зменшено дисперсію при оцінці періоду коливань.

Ключові слова: метод найменших квадратів, цифровий відлік, період коливання.

I. Введение

Дальнейшее развитие технологий цифровой обработки сигналов и их проникновение в смежные технические области делает актуальной разработку простых эффективных методик идентификации параметров сигналов, как альтернатив известным [1]. Работа посвящена вопросу оценивания периода колебаний путём коррекции положений максимумов аналогового сигнала, представленного совокупностью цифровых отсчётов.

II. Коррекция положений максимумов

Виброграмма свободных колебаний консольной пластины, получаемая при известной частоте дискретизации ν , задана в виде совокупности отсчётов x_i . Требуется оценить период колебаний.

Пусть $i_0(s)$ – номер s -го максимума в массиве x_i . Оценим период как $T_s = (i_0(s+1) - i_0(s)) \cdot \tau$, $\tau = 1/\nu$ – период дискретизации. Из-за временной дискретности момент $\tau \cdot i_0(s)$ не совпадает с истинным положением максимума (которое, вообще говоря, неизвестно). Уточним момент $\tau \cdot i_0(s)$ наступления s -го максимума с учётом значений отсчётов в соседних точках. Положим

$$x_s(t) = p_s z^2 + q_s z + r_s, \quad z = \frac{t}{\tau} - i_0(s). \quad (1)$$

Коэффициенты p_s , q_s , r_s найдём методом наименьших квадратов. Имеем систему: $A(p_s \ q_s \ r_s)^T = B$,

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & a_{13} \\ 0 & a_{22} & 0 \\ a_{31} & 0 & a_{33} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} \sum j^2 \cdot x_{j+i_0(s)} \\ \sum j \cdot x_{j+i_0(s)} \\ \sum x_{j+i_0(s)} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Здесь, $a_{11} = \sum j^4$, $a_{13} = a_{22} = a_{31} = \sum j^2$, $a_{33} = 2N + 1$, суммирование при $j = -N, N$. Точка экстремума функции (1)

$$t_{i_0(s)}^* = \tau \cdot i_0(s) - \tau \cdot \frac{q_s}{2p_s}. \quad (3)$$

Теперь оценка периода есть $T_s^* = t_{i_0(s+1)}^* - t_{i_0(s)}^*$.

Пример расчёта при $N = 4$ приведён на рис. 1. Кружочками отмечены отсчёты сигнала, квадратиком – уточнённое положение $t_{i_0(s)}^*$ максимума, формально наблюдаемого при $i_0 = 613$.

Практика расчётов величин T_s и T_s^* показывает, что средние значения этих величин практически одинаковы, однако дисперсия выборки T_s^* на порядок меньше, чем T_s . Это оказывается существенным при малом объёме выборки.

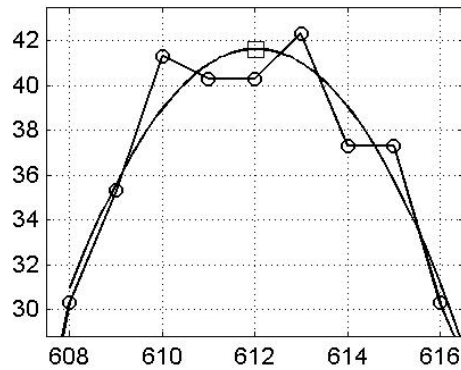


Рис. 1. Пример уточнения положения максимума

III. Выводы

В работе приведён алгоритм корректирования положений максимумов сигнала, представленного совокупностью цифровых отсчётов, пригодный для оценки периода колебаний. Алгоритм является эффективным (матрица A вычисляется легко и одинакова для всех максимумов) и простым (громоздкие средства идентификации параметров моделей, например, из состава MATLAB, не привлекаются).

IV. Список литературы

[1] System Identification Toolbox Examples [Эл. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mathworks.com/help/ident/examples.html>

CORRECTION OF THE PEAKS POSITION AT ANALYSIS OF DIGITAL SAMPLES

Anpilogov D.I.

Department of Applied Mathematics, Zaporizhzhya National Technical University, Zaporizhzhya, Ukraine

We formulate the problem of estimating the period of oscillation of the signal given by sequence of a digital samples. Period is estimated as distance between adjacent peaks. Due to the time discreteness position of local maximum of analog signal does not coincide with the moment of obtaining the maximum sample. This one requires a correction.

Behavior of the signal in the neighborhood of the maximum can be approximated by a quadratic dependence. Its coefficients are found by the method of least squares. Corrected position of the maximum is taken equal to the abscissa of the top of the parabola.

Practice of calculations shows that when adjusting positions of the maxima evaluation period does not change, but the variance of this estimate is significantly reduced.

This result is effective (matrix of least-squares method calculates only once) and simple (complex means of identification of model parameters is not used).

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШВИДКОСТІ ЗА ДАНИМИ ОПТИЧНОГО ПОТОКУ ВІДЕОКАМЕРИ

Молчанов А.О.

Кафедра виробництва радіоелектронних систем літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна,
E-mail: andriimolchanov@gmail.com

Анотація. – У доповіді наведено оцінку точності технології визначення динамічних параметрів за даними оптичного потоку з зважуванням вимірів блоків зображення. Яка використовується в обробці зображень для задач визначення параметрів руху відеокамери або платформи. Запропоновано технологію на основі методу визначення та формування оптичного потоку з зважуванням вимірів для блоків зображень. На основі даних чисельного моделювання для тестових зображень, показана ефективність запропонованого методу і дана оцінка точності. Описані в роботі методи та алгоритми є досить універсальними і знаходять практичне застосування в самих різних областях.

Ключові слова: оптичний потік; вектор руху; поле руху; метод порівняння блоків; метод найменших квадратів.

I. Вступ

Рух об'єктів перед камерою або рух камери в нерухомій навколишній обстановці призводить до відповідних змін на зображенні і це вимірювання можна використовувати для відновлення відносного руху. Оптичним потоком називається позитивна зміна яскравості картинки в формі швидкості, які рухаються разом із спостережувальними об'єктами. Оптичний потік відповідає полю руху, за умови, що об'єкти не змінюють енергетичну освітленість на площині зображень в процесі руху в сцені і це дозволить нам оцінювати відносний рух, виходячи зі зміни зображення в часі. У доповіді розглянуто метод визначення руху, який використовує адаптивно змінний розмір і адаптивну стратегію пошуку вектора руху, що залежить від структури блоку.

II. Оцінка точності визначення параметрів швидкості

Камера рухається в статичній постановці. Поле руху створюється шляхом проектування швидкості на площині зображення. Систему координат зв'яжемо з камерою, так щоб ось Z збігалася з оптичною віссю камери. Позначим \mathbf{r} – вектор з'єднує точку O з точкою $\mathbf{P}=[X,Y,Z]^T$, f позначимо фокусну відстань. Проектовані піксельні координати \mathbf{p} на площині зображення визначаються:

$$\mathbf{p} = f \frac{\mathbf{P}}{Z} \quad (1)$$

Рух твердого тіла можна розкласти на дві складові: миттєве поступальний рух (\mathbf{v}) та обертовий рух ($\vec{\omega}$) навколо осі, що проходить через початок координат. Швидкість точки матиме вигляд:

$$\mathbf{V} = -\mathbf{v} - \vec{\omega} \times \mathbf{r} \quad (2)$$

де $\mathbf{v} = (v_x, v_y, v_z)^T$ – миттєвий поступальний рух; $\vec{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$ – миттєве обертання. Взяти похідну за часом отримаємо співвідношення між швидкість \mathbf{P} в опорному кадрі камери і швидкості \mathbf{p} в площині зображення, з функцією помилки ρ_0 .

$$\frac{\text{flow}}{\Delta t} \triangleq \mathbf{v} = \rho_0 \cdot f \frac{Z\mathbf{V} - \mathbf{V}_z\mathbf{P}}{Z^2} \quad (3)$$

Для x і y компонентів поле руху можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} v_x &= -\frac{v_x}{Z} + x \left(\frac{v_z}{Z} + \omega_x y - \omega_y x \right) - \omega_y + \omega_z y, \\ v_y &= -\frac{v_y}{Z} + y \left(\frac{v_z}{Z} + \omega_x y - \omega_y x \right) - \omega_z x + \omega_x \end{aligned} \quad (4)$$

При розгляд тільки поступального і обертового руху, маючи вимірювач кутових швидкостей або вимірювач поступальної швидкості, можна визначити параметри руху камери. Для визначення оптичного потоку застосовується метод порівняння блоків, що використовує адаптивно змінний розмір і адаптивну стратегію пошуку вектора руху з зважуванням вимірів блоків зображення, де кожному блоку відповідає показник текстури [1].

III. Висновки

В результаті аналізу похибок, що впливають на достовірність результатів визначення параметрів руху з використанням метод зважування блоків зображення показана ефективність і перевага використовуваних методів в порівнянні з існуючими технологіями визначення параметрів руху.

IV. Список літератури

- [1] Молчанов, А.А. Метод оценки движения оптического потока с взвешиванием измерений блоков изображения / А.А. Молчанов, В.И. Кортун // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків – 2014 - №6 – С. 60-65.

ACCURACY OF SPEED VECTOR ESTIMATION WITH USING CAMERA STREAM DATA

Molchanov A.O.

Department of Production Electronic Systems of Aircraft, National Aerospace University named after N. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

This report provides an assessment of precision technology of dynamic parameters according to the optical flow of image blocks weighing measurements. It is used in image processing tasks to determine the parameters of the camera, or platform. Technology is the base of the method for determining optical flow and the formation of measurements blocks for images. Motion of objects in front of the camera or the camera movement in the stationary surroundings leads to corresponding changes in the image, and this change can be used to estimate the relative motion. Optical flow corresponds to field of movement if the objects do not change the power irradiance at the image plane during the motion in the scene and it allows evaluating the relative movement based on changes in the image over time. Determination of motion parameters simplified if we consider separately the translational and rotational motion. An analysis of the errors affecting the accuracy of the results of the determination of motion parameters using the proposed method shows the effectiveness and advantage of the method used in the comparison with the existing methods of determining the parameters of motion. Methods and algorithms of described so enough, found and pointed practical applications in various fields.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

АДАПТИВНІ ПІДХОДИ ДО АПРОКСИМАЦІЇ СИГНАЛІВ, ЩО БАЗУЮТЬСЯ НА ГРАДІЄНТНИХ МЕТОДАХ ДРУГОГО ПОРЯДКУ

Дегтяр О.С

Кафедра моделювання складних систем, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ,
Україна, E-mail: olga.degtiar@gmail.com

Анотація. – В роботі описуються алгоритми адаптивної корекції вектору параметрів для знаходження апроксимації сигналів, що надходять у режимі реального часу. Підходи базуються на методах структурно-параметричної оптимізації, де критерієм є мінімізація нев'язки між сигналом та його апроксимацією. Ітераційна схема для адаптивної корекції невідомих параметрів будується на основі методів оптимізації другого порядку. Проведено аналіз збіжності ітераційних процедур для відповідних схем, що базуються на градієнтних методах першого та другого порядку.

Ключові слова: адаптація, сигнали в реальному часі, апроксимація, базисні функції.

I. Вступ

В задачах апроксимації сигналів часто постає питання їх представлення у деякому структурно-параметричному вигляді [1]. Одним із методів відшукування параметрів для заданої структури є побудова динамічних моделей корекції векторів параметрів, що базуються на градієнтних методах. Для моделювання процесів в радіоелектроніці та телекомунікаціях як правило мова йде про сигнали, що надходять в реальному часі. Запропоновані алгоритми дають змогу адаптивно налаштувати параметри для апроксимації саме таких сигналів.

II. Основна частина (назва)

Розглядається задача знаходження апроксимації неперервного скалярного сигналу $x = \varphi(t)$, $t_0 \leq t \leq T$ за допомогою параметрично заданого сімейства

$$x(t) \approx \psi(t, \alpha) = \psi(t, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$$

Задача зводиться до адаптивної настройки вектору невідомих параметрів α таким чином, щоб мінімізувати деяку нев'язку. При цьому можна розглядати декілька типів нев'язок. На практиці найчастіше має сенс мінімізація середньоквадратичного відхилення сигналу від апроксимації безпосередньо в поточний момент часу, або ж середньоквадратичного наближення на всьому часовому проміжку [2].

З метою мінімізації нев'язки будується ітераційна процедура, що базується на методах оптимізації другого порядку, а саме методі Ньютона. В загальному випадку вона матиме вигляд

$$\frac{d\alpha}{dt} = -H^{-1}(I(\alpha)) \nabla_{\alpha} I_1(\alpha)$$

де $H(I(\alpha))$ - гесіан відповідної нев'язки $I(\alpha)$.

Якщо ж сигнал шукається у вигляді лінійної комбінації базисних функцій $\varphi^T(t) = (\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_n(t))$, то неперервна процедура зведеться до вигляду

$$\frac{d\alpha}{dt} = -H^{-1}(I(\alpha))(H(I(\alpha))\alpha - f(t))$$

де $\alpha^T = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ - вектор невідомих параметрів, $H((\psi(t, \alpha)))$, $f^T(t) = 2\varphi(t)\phi(t)$.

Після перетворень остаточно отримується система диференціальних рівнянь для знаходження векторів невідомих параметрів

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\alpha + H^{-1}(I(\alpha))f(t)$$

Разом з заданими початковими даними $\alpha(t_0) = \alpha^{(0)}$ це є задача Коші, яку можна розв'язувати за допомогою чисельних методів, наприклад методу Рунге-Кутта.

III. Висновки

Запропоновано динамічний підхід до задачі апроксимації сигналів, що надходять в реальному часі. Аналіз збіжності розглянутих методів показує ефективність їх використання до динамічних сигналів, адже запропоновані ітераційні процедури збігаються швидше за аналогічні схеми, побудовані на градієнтних методах першого порядку.

IV. Список літератури

- [1] Бублик Б.Н. Структурно-параметрическая оптимизация и устойчивость динамики пучков. / Бублик Б.Н., Гарашенко Ф.Г., Кириченко Н.Ф. - Киев: Наук.думка, 1985. -304с.
- [2] Гарашенко Ф.Г. Адаптивные модели аппроксимации сигналов в структурно-параметрических классах функций / Гарашенко Ф.Г., Швець О.Ф., Дегтярь О.С. // Проблемы управления и информатики. - 2011. - №1. - С. 142-145

ADAPTIVE APPROACHES ON SIGNAL APPROXIMATION BASED ON SECOND ORDER GRADIENT METHODS

Degtjar O.S.

The chair of complex systems modelling, faculty of cybernetics, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

The goal of the task is to define unknown parameters vectors for finding real-time signal approximation as the linear combination of basis functions in the class of certain structure. Such problems are known as structure-parametrical optimizations, where optimization criteria is the residual between signal and its approximation. For this purpose two types of residuals are investigated: directly at the current moment of time and mean square approximation on the continuous time span which is an integral of the mean square deviation between signal and approximation.

One of the approaches to build iterative procedure is to use gradient methods minimizing mentioned above residuals. System of differential equations is built based on second order gradient method. Together with initial data it forms Cauchy problem, which could be solved using one of the numerical method, e.g. Runge-Kutta.

Iterative procedure's convergence analysis shows algorithm's effectiveness comparing with the analogs based on first order gradient approaches.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

MODELING OF THE NEW THREE-DIMENSIONAL CHAOTIC SYSTEM WITH LABVIEW

Rusyn V.¹, Stoleriu L.²

¹Department of Radiotechnics and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, E-mail: rusyn_v@ukr.net

²Department of Modeling and Simulation, Faculty of Physics, Alexandru Ioan Cuza University, Iasi, Romania, E-mail: lstoler@uaic.ro

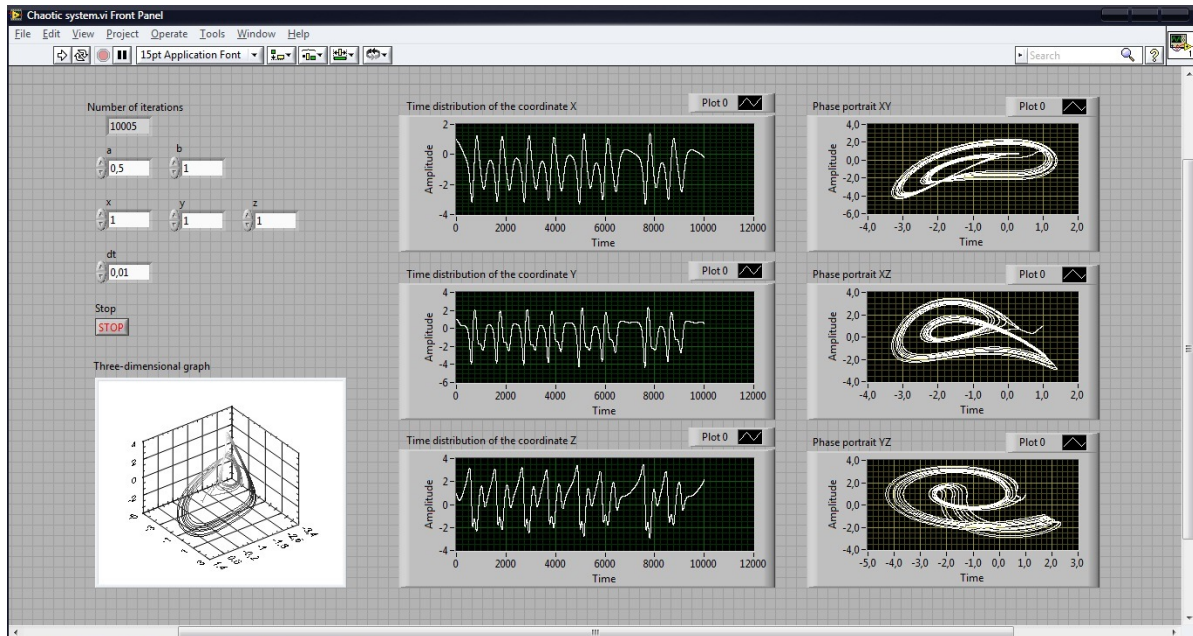


Fig. 1. The program interface for modeling a new three-dimensional chaotic system

Abstract. – In thesis given a program interface that allows to modeling a new three-dimensional quadratic continuous autonomous chaotic system with golden equilibria, which can generate single folded attractor. The new system has eight terms, two quadratic nonlinearities and two parameters a and b .

Keys words: modeling, chaos, attractor, program realization, LabView.

I. Introduction

In recent years, important issue is to create a programming software for simulation and functioning of a particular unit or entire system with intention of replacement the circuit solution, which is quite sensitive to various influences and small changes of parameters [1]. There are many different software environments that can solve this issue (e.g., example, LabView, Micro-Cap, et al.).

II. Program realization of a new three-dimensional chaotic system

A new three-dimensional chaotic system described by the following system of three differential equations:

$$\begin{cases} \dot{x} = y - x - a \cdot z, \\ \dot{y} = x \cdot z - x, \\ \dot{z} = -x \cdot y - y + b, \end{cases} \quad (1)$$

where x, y, z – initial conditions, a, b – system parameters [2].

Numerical simulation of the system described by the differential equation (1) was completed in the software environment LabView [3]. In Fig. 1 for values of the system parameters $a = 0.5$, $b = 1$ and initial conditions $x = y = z = 1$ are shown three-dimensional graph, time distribution of the coordinates X, Y, Z and phase portraits XY, XZ, YZ (top to bottom respectively).

III. Conclusions

The numerical simulation of a new three-dimensional quadratic continuous autonomous chaotic system with golden equilibria in LabView programming environment indicates the possibility of using the interface program as one of the basic functional units of transmitting and receiving parts of the communication systems to generate chaotic oscillations serve to mask the information carrier.

IV. References

- [1] Lu X. Integration of chaos theory and mathematical models in building simulation. Part II: Conceptual frameworks / Xiaoshu Lu, Derek Clements-Croome, Martti Viljanen // Automation in Construction 19. – 2010. – pp. 452-457.
- [2] Pehlivan I. A new 3D chaotic system with golden proportion equilibria : Analysis and electronic circuit realization / Ihsan Pehlivan, Yilmaz Uyaroglu // Computers and Electrical Engineering 38. – 2012. – pp. 1777-1784.
- [3] <http://www.ni.com>

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОДНОГО СТІЛЬНИКА МЕРЕЖІ GSM

Карпінська Г.К., Попович П.В.

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації, Національний технічний університет України "КПІ", Київ, Україна, E-mail: annakarp13@gmail.com

Анотація. – Досліджено моделі одного стільника мережі GSM. Розроблено рекомендації щодо застосування моделей для різних сценаріїв у мережі GSM.

Ключові слова: стільниковий зв'язок, хендвер, GSM, FIFO, декомпозиція, пуассонівські потоки.

I. Вступ

Під час проектування мережі стільникового рухомого зв'язку враховують багато параметрів - від навантаження на мережу до розміру стільника. Слід також враховувати вимоги до якості обслуговування (Quality of Service - QoS) щодо послуг, підтримуваних мережею. Використовують принцип, який полягає у розбитті мережі на блоки (стільники), тобто принцип декомпозиції. Цей принцип дозволяє розбити мережу стільники і здійснити аналіз та розрахунок необхідних параметрів для одного блоку. Тому постає питання вибору моделі, що описує процеси в одному стільнику системи рухомого зв'язку.

II. Аналіз моделей одного стільника мережі GSM

Нехай всі стільники мережі ідентичні за розміром, кількістю радіоканалів і вимогам до обслуговування викликів. Особливістю систем безпроводового рухомого зв'язку є мобільність абонента, яка спричиняє необхідність передавання обслуговування поточного з'єднання мобільного абонента з одного стільника в інший без припинення зв'язку. Таким чином, виникають виклики двох типів – так звані нові виклики, до виникнення яких призвела ініціація з'єднання абонентом, що перебуває на території даного стільника, і хендвер-виклики. Виділяють чотири види викликів: а) новий виклик, що виник всередині даного стільника і що завершився в ньому ж; б) новий виклик, що виник всередині досліджуваного стільника і який перейшов на обслуговування в сусідній стільник; в) хендвер-виклик, що надійшов у розглянутий стільник з сусіднього і завершився в ньому ж; г) хендвер-виклик, що надійшов у розглянутий стільник з сусіднього і який перейшов на обслуговування в сусідній стільник.

Зони покриття сусідніх базових станцій в системі стільникового рухомого зв'язку перекривають один одного, утворюючи так звану зону хендвера, в якій з'єднання може підтримуватися базовими станціями суміжних стільників.

За час перебування мобільного абонента в зоні хендвера відбувається пошук вільного радіоканалу на базовій станції сусіднього стільника. Під час потрапляння абонента в зону хендвера можливі три варіанти: а) передавання обслуговування поточного з'єднання на один з вільних радіоканалів базової станції сусіднього стільника; б) успішне завершення обслуговування поточного з'єднання; в) вимушений розрив поточного з'єднання - блокування хендвера. Можна виділити такі параметри якості обслуговування: ймовірність вимушеного розриву поточного з'єднання (ймовірність блокування хендвер-виклику), ймовірність відмови в обслуговуванні під час ініціації з'єднання (ймовірність блокування нового виклику). Для опису моделі необхідно зробити такі припущення:

– потоки нових і хендвер-викликів є пуассонівськими потоками (ПП) інтенсивності λ_0 (original calls, 1-заявка або заявка першого типу) і λ_H (handover calls, 2-заявка або заяв-

ка другого типу) відповідно. Таким чином, сумарний потік викликів, що створюють навантаження на базову станцію стільника, становить інтенсивність $\lambda = \lambda_0 + \lambda_H$ [2];

– будь-який виклик, який обслуговується базовою станцією з інтенсивністю μ_1 обслуговування всередині стільника і з інтенсивністю μ_2 завершує перехід в сусідній стільник. Таким чином, тривалість заняття радіоканалу є експоненціально розподіленою випадковою величиною з параметром $\mu = \mu_1 + \mu_2$ [2];

– кількість радіоканалів в стільнику прийнята C .

Отже, тривалості обслуговування як 1-заявок, так і 2-заявок є незалежними випадковими величинами, що мають експоненціальний розподіл з параметром μ для усіх чотирьох моделей.

Розглянуті ситуації ілюструють чотири моделі.

Повнодоступна модель з втратами (без зони хендвера). В зроблених припущеннях математичною моделлю процесу обслуговування викликів в стільнику мережі GSM може служити C -лінійна (по числу радіоканалів в стільнику) повнодоступна система масового обслуговування (СМО), на яку надходять два пуассонівських потоки заявок. Якщо в момент надходження заявки будь-якого типу в СМО є хоча б один вільний пристрій, заявка надходить на обслуговування і займає один прилад на весь час обслуговування. Якщо в момент надходження заявки будь-якого типу в СМО немає вільних пристроїв, заявка губиться (рис. 1).

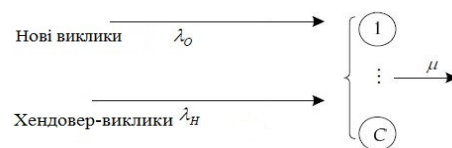


Рис. 1. Двопотокова повнодоступна СМО з втратами

Неповнодоступна модель із втратами. Введено таке припущення: застосовується стратегія доступу з резервуванням - на базовій станції стільника g радіоканалів призначені для обслуговування як нових, так хендвер-викликів, а решта $(C-g)$ радіоканалів зарезервовані тільки для обслуговування хендвер-викликів.

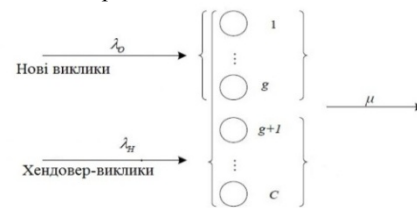


Рис. 2. Двопотокова неповнодоступна СМО з втратами

Математичною моделлю процесу обслуговування викликів в стільнику мережі GSM може служити C -лінійна неповнодоступна СМО, на яку надходять два пуассонівських потоки заявок. Якщо в момент надходження 1-заявки в СМО число вільних приладів більше, ніж $(C-g)$, $0 \leq g \leq C$, 1-заявка надходить на обслуговування і займає один пристрій на весь час обслуговування, в іншому випадку 1-заявка губиться. Якщо в момент надходження 2-заявки в СМО є хоча б один вільний пристрій, 2-заявка надходить на обслуговування і займає один пристрій на весь час обслуго-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ування, в іншому випадку 2-заявка губиться. Схематично модель системи показана на рис. 2 [2].

Неповнодоступна модель з нескінченною чергою і терміновими заявками. Введено таке припущення: передбачено наявність зони хендвера, в якій мобільний абонент може перебувати не більше випадкового часу, що має експоненціальний розподіл з параметром γ .

Математичною моделлю процесу обслуговування викликів в стільнику може служити C -лінійна СМО з накопичувачем нескінченної ємності, на яку надходять два потоки заявок (рис. 3). Якщо в момент надходження 1-заявки в СМО число вільних пристроїв більше, ніж $(C-g)$, $0 \leq g \leq C$, 1-заявка надходить на обслуговування та займає один пристрій на весь час обслуговування, в протилежному випадку 1-заявка губиться. Якщо в момент надходження 2-заявки в СМО є хоча б один вільний пристрій, 2-заявка надходить на обслуговування і займає на весь час обслуговування один пристрій. Якщо в СМО немає вільних пристроїв, то 2-заявка займає місце в накопичувачі і очікує звільнення пристрою. Дисципліна вибору заявок з накопичувача здійснюється за принципом FIFO (First In First Out, перший ввійшов перший вийшов). 2-заявка, яка очікує у черзі, може покинути СМО з інтенсивністю μ_1 , що відповідає закінченню розмови в зоні хендвера, а також з інтенсивністю γ , що відповідає блокуванню хендвер-виклику під час спроби передавання обслуговування з сусіднього стільника у даний стільник [2].

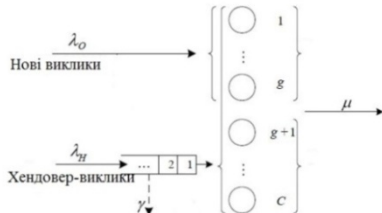


Рис. 3. Двопотокова неповнодоступна СМО з нескінченною чергою і терміновими заявками

Неповнодоступна модель з двома чергами і терміновими заявками. Модель являє собою модель з резервуванням каналів, двома кінцевими чергами і терміновими заявками.

Введемо таке припущення: передбачено наявність зони хендвера для нових викликів. Мобільний абонент, який ініціює виклик в зоні хендвера, може очікувати початку обслуговування випадковий час, що має експоненціальний розподіл з параметром μ_2 . Математичної моделлю тут слугує така ж система як і в попередньому випадку, але з двома накопичувачами ємності r_1 і r_2 , $r_1, r_2 < \infty$, на яку надходять два потоки заявок (рис. 4). Черга Q_0 призначена для 1-заявок, черга Q_H - для 2-заявок. Якщо в момент надходження 1-заявки в СМО число вільних пристроїв більше, ніж $(C-g)$, $0 \leq g \leq C$, 1-заявка надходить на обслуговування та займає один пристрій на весь час обслуговування, в протилежному випадку 1-заявка надходить в чергу Q_0 . Якщо вільних місць в черзі Q_0 немає, 1-заявка губиться. 1-заявка, яка очікує у черзі, може покинути СМО з інтенсивністю μ_2 , що відповідає призначенню для обслуговування даного виклику радіоканалу в сусідньому стільнику. 1-заявка, яка перебуває у черзі, надходить на обслуговування, якщо в момент відходу заявки з пристроїв число вільних пристроїв стає більшим, ніж $(C-g)$, і черга Q_0 2-заявок відсутня. Якщо в момент надходження 2-заявки в СМО є хоча б один вільний пристрій, 2-заявка надходить на обслуговування і займає на весь час обслуговування один пристрій. Якщо в

СМО немає вільних пристроїв, 2-заявка, що прийшла, займає місце в накопичувачі Q_H і очікує звільнення пристрою. Якщо ж вільних місць у черзі Q_H немає, 2-заявка губиться. 2-заявка, яка очікує у черзі, може покинути СМО з інтенсивністю μ_1 , що відповідає закінченню розмови в зоні хендвера, а також з інтенсивністю γ , що відповідає блокуванню хендвер-виклику під час спроби передавання обслуговування з сусіднього стільника у розглянутий стільник. Для кожної черги також використовується принцип FIFO [2].

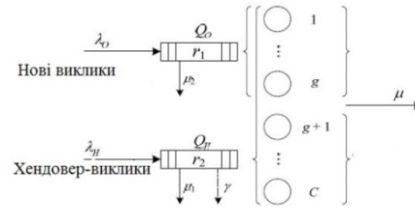


Рис. 4. Двопотокова неповнодоступна СМО з двома чергами і терміновими заявками

III. Висновки

Досліджувані моделі відрізняються своєю складністю реалізації та можливостями, які вони надають користувачам мережі. У першій, повнодоступній моделі із втратами, ймовірність блокування обох типів викликів однакова. Така система підходить для невеликої кількості користувачів, оскільки у випадку відсутності вільного пристрою виклик одразу відкидається, так як відсутня черга. Оцінюючи неповнодоступну модель з пріоритетом хендвер-викликів, можна сказати, що ймовірність блокувань хендвер-викликів менша, ніж ймовірність блокувань нових викликів в стільнику. Отже, така модель підходить для місцевості з великою кількістю хендвер-викликів, але з невеликою тривалістю. Щодо третьої неповнодоступної моделі з нескінченною чергою, то вона на відміну від попередньої може обслуговувати хендвер-виклики великої тривалості, оскільки присутня черга, однак є кілька обмежень, які описані вище. Але, звісно, ця модель є більш ресурсомісткою ніж попередня. Оцінюючи останню модель, то вона, однозначно, є найбільш ресурсомісткою, про що вказує два накопичувача для кожного типу виклику. Підходить така модель для мереж з великою кількістю викликів обох типів.

Описані моделі та рекомендації щодо їх використання дають змогу якомога краще зрозуміти принцип декомпозиції стосовно мережі GSM, а також розділити різні види викликів в залежності від їх джерела та місця призначення.

IV. Список літератури

- [1] Климаш М. Технології мереж мобільного зв'язку/ Климаш М. М., Пелішок В. О., Михайленіч П. М. – К.: «Освіта України», – 624 с.
- [2] Гайдамака Ю. Модели обслуживания вызовов в сети сотовой подвижной связи / Гайдамака Ю.В., Зарипова Э.Р., Самуйлов К.Е – М.: РУДН, 2008. – 72 с.

ANALYSIS OF MODELS OF CELL GSM NETWORK

Karpinska H., Popovych P.

Department of Audio Engineering and Information Registration, National technical university of Ukraine "KPI", Ukraine

The article is dedicated to the study of models of the same cell in the network GSM. Analysis of the models is made with the aid of studies of the reaction models for different types of calls, such as handover and new challenges in the network. Determined that the three possible states of a call when entering the network: service, deviation and determination in the queue (for the last two models). Naturally, the study did not take into account some of the factors that greatly simplify the analysis, without incurring a distortion of the results. It is clear that each model has certain distinctive options such as call blocking probability or capacity. Also, the models were tested for resource use. The analysis made in the studies of models, led to certain conclusions, which have considerable practical value.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Тарадаха П.В., Бондарев А.П., Заярнюк П.М., Недоступ Л.А.

Кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: t-pasha-red@mail.

Анотація. – Представлений програмний комплекс для моделювання та оптимізації виробничих технологічних процесів.

Ключові слова: технологічний процес, моделювання та оптимізація

I. Вступ

На сьогоднішній час проблема оптимізації складних технологічних процесів для забезпечення заданого рівня безвідмовності є актуальною. І це зважаючи на ґрунтовну базу методів і відповідних їм інструментів, таких як "RAM-Commander" чи "АСОНИКА". Колективом авторів пропонується своя методика вирішення вказаної проблеми для такої галузі як виготовлення радіоелектронної апаратури (РЕА) шляхом моделювання та оптимізації технологічних процесів (ТП), зокрема шляхом оптимізації контрольних процедур за технічними та економічними критеріями [1].

II. Основна частина

На основі наукових напрацювань авторами розроблений програмний комплекс "ОПТАН", який дає можливість приймати рішення щодо стратегії контролю, оцінювати ризики та витрати, до яких приведуть прийняті рішення на етапах виробництва та експлуатації, оперативно оцінювати вплив взаємозв'язків великої кількості параметрів технологічних операцій різної фізичної природи на витратність процесів виробництва та гарантійного обслуговування. Розроблені версії програмного комплексу надають користувачу (технологу) можливість спостерігати функціональні залежності витратності процесу від його параметрів та, спираючись на свої знання організаційних та технічних заходів щодо впливу на параметри процесу, свідомо обирати рішення щодо необхідності змін у організації процесу.

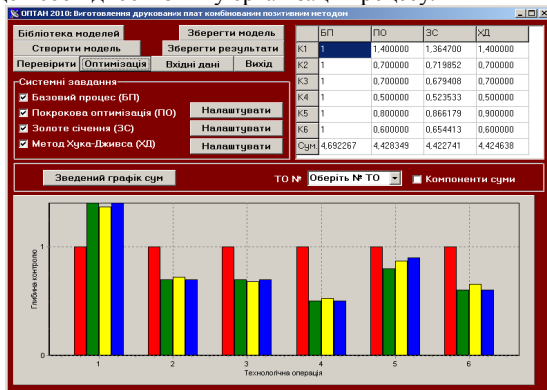


Рис. 1. Результати оптимізації технологічного процесу методами покрового перебору, "золотого січення" та "Хука-Дживса"

На рис.1 як приклад наведені результати оптимізації технологічного процесу виготовлення біполярних інтегральних мікросхем методом покрового перебору, "золотого січення", "Хука-Дживса" (рис.1) та Парето-методом (рис.2). Останній реалізує принципи багатопараметричної оптимізації та дає змогу користувачу (технологу) вибрати з множини Парето-набору альтернатив (комбінацій різних значень параметрів) такий варіант, який буде відповідати зада-

ним вимогам (конкретний рівень дефектності чи сумарних витрат, відмінних від оптимальних).

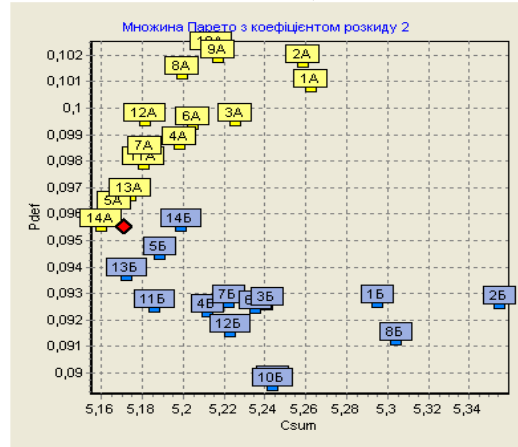


Рис. 2. Результати оптимізації технологічного процесу Парето-методом

III. Висновки

Представлений програмний комплекс ОПТАН рекомендується для вирішення задач оцінки ефективності існуючих варіантів контролю ТП, при розробці ТП, виборі раціональних варіантів контролю, обґрунтування вибору використовуваного контрольного та технологічного обладнання та ін. Комплекс пройшов тестування при дослідженні різних виробничих технологічних процесів виготовлення РЕА. Програму супроводжує детальна настанова з використанням. Подані документи на реєстрацію права інтелектуальної власності.

IV. Список літератури

- [1] Бобало Ю. Якість, надійність радіоелектронної апаратури: елементи теорії і методи забезпечення: Бобало Ю. Якість, надійність радіоелектронної апаратури: елементи теорії і методи забезпечення: монографія / Ю.Я. Бобало, Л.А. Недоступ, М.Д. Киселичник; за ред. Л.А. Недоступа. – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2013. - 196 с.

ENSURING OF RATIONAL VARIANTS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Taradakha P., Bondariev A., Zayarnyuk P., Nedostup L.

Department of Theoretical Radioengineering and Radiomeasurements, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine.

E-mail: t-pasha-red@mail.ru

Program complex OPTAN is presented. This complex makes it possible to make decisions about control strategies, assess the risks and costs, which will lead to decisions on the stages of manufacturing and maintenance, quickly assess the impact of interactions of a large number of parameters of different physical nature technological operations on the expensive of processes manufacturing and warranty. OPTAN is recommended for solving problems of evaluating the effectiveness of TP existing control options, in the design of TP, the choice of rational control options, justification of choice used by the control and processing equipment and others.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ОБРОБКА ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ СПОТВОРЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Луцук Я.В., Фодчук І.М.

Кафедра фізики твердого тіла, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці,
Україна, E-mail: clavikfire@gmail.com

Анотація. – В реальних умовах при фото- та відео-зйомці часто можливі випадки, коли отримується розмите або дефокусоване зображення, що негативно впливає на якість зображення. В даній доповіді досліджено сучасні можливості використання математичних та цифрових методів обробки та реконструкції спотворених зображень. Описані переваги та недоліки цих методів та визначені можливі області їх використання.

Ключові слова: спотворені зображення, вейвлет-аналіз, аналітичні та ітераційні методи реконструкції.

I. Вступ

Використання цифрової обробки та математичної реконструкції останнім часом стає все більш актуальним. Діагностика та покращення якості зображень дає можливість більш ефективно використовувати зображення, збільшити інформативність, яку несуть відповідні знімки, тощо. Тому метою даної роботи є дослідження сучасного стану проблеми застосування методів обробки та реконструкції зображень, а також визначення перспективних напрямів їх використання.

II. Методи реконструкції зображень

Методи реконструкції зображень застосовуються в радіолокації, оптиці, медицині і фізіології, в хімії, мікробіології, діагностиці плазми, аеродинаміці, геології, радіоастрономії.

Для кожного виду випромінювання характерні свої специфічні особливості, які проявляються в методах формування вихідних проєкцій і в його апаратній реалізації. Однак проєкційні дані, які отримуються в результаті попередніх спостережень і якими оперують при відновленні зображення, можуть бути описані дуже схожими математичними залежностями.

Для розв'язання даної проблеми використовують два підходи: аналітичний та ітераційний [1].

В основі аналітичного підходу лежить двовимірне відновлення Фур'є. До цього підходу належать методи зворотного проєктування, зворотної фільтрації згортки, метод вейвлет-фільтрації. Велике значення при реалізації методів зворотного проєктування та методу фільтрації згортки має взаємозв'язок перетворень Радона (ПР) і Фур'є (ПФ). Перевагою методів, заснованих на даному взаємозв'язку, є можливість аналітично оцінити детальність одержуваного зображення і порівняно невеликий обсяг обчислень, недоліками – нестійкість методу до перешкод та погані можливості обліку апріорних відомостей про одержуване зображення. Найбільш стійким до перешкод є метод з використанням вейвлет-перетворень, але обсяг обчислень стає значно більшим.

Серед аналітичних методів відновлення зображення найбільш простим є метод зворотного проєктування. Даний метод має високу швидкість, але точність відновлення при цьому низька. Це пов'язано з тим, що дані в цьому методі отримані дослідним шляхом.

Метод фільтрації згорткою виходить більш трудомістким, але точність відновлення і якість зображення поліпшуються в 15-20 разів. Істотний недолік методу полягає в його низькій завадостійкості. Метод вейвлет-фільтрації не заснований на взаємозв'язку ПР і ПФ. В цьому методі від-

новлення зображення здійснюється за рахунок зв'язку ПР і вейвлет-функцій. Так як вейвлет-перетворення є більш потужним математичним апаратом, то при використанні методу можна домогтися відновлення інформативного зображення і одночасно придушувати шуми. При використанні даного методу витрати на таку систему зростають [2].

При ітераційних методах об'єкт розглядається як матриця елементів. Набір проєкцій дає систему лінійних рівнянь, зазвичай невизначену. Для отримання єдиного рішення доводиться накладати додаткові умови.

Ефективність цих умов залежить від складності об'єкта та числа отриманих проєкцій. Для ітераційних методів відновлення характерно допущення про те, що вихідна сукупність густин задається. Вихідні щільності потім ітеративно змінюються таким чином, щоб забезпечувалася збіжність розрахованих псевдокорекцій і наявних даних про проєкції. Ітераційні методи мають ряд переваг перед аналітичними алгоритмами, наприклад, можливість створення алгоритмів із застосуванням апріорних відомих властивостей, з'являється можливість роботи в інтерактивному режимі, що дозволяє зробити компромісний вибір між якістю відновлення і часом обробки.

Ітераційні методи характеризуються повільною збіжністю, але їх модифікації дозволяють вирішити цю проблему. Спільним недоліком ітераційних алгоритмів є низька обчислювальна здатність [3].

III. Висновки

Згідно з аналізу алгоритмів відновлення зображень, вибір того чи іншого методу залежить від вимог до якості відновлення зображень, обсягу проєкційних даних, швидкодії обчислювальних систем і від компромісу, до якого приходять розробник. Визначено переваги та перспективні напрямки використання методів реконструкції та відновлення зображення.

IV. Список літератури

- [1] Гейтс Р., Мак-Доннелл М. Восстановление и реконструкция изображений. – М.: Мир, 1989 р. – 336 с.
- [2] Сизиков В.С. Обратные прикладные задачи и MatLab. – М.: Мир, 2011.
- [3] Василенко Г. И., Тараторин А. М. Восстановление изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.

TREATMENT AND REHABILITATION OF DISTORTED IMAGES

Lutsyk I.V., Fodchuk I.M.

Department of the Solid State Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

In the real world with photo and video shooting, there may often be some cases when the image is blurred, which negatively affects the image quality. The possibility of using modern mathematical and digital techniques of processing and reconstruction of distorted images is investigated in this report. Advantages and disadvantages and possible areas of use of these methods are also identified.

According to the analysis of algorithms for image restoration, the choice of method depends on the quality of image restoration, volume of projection data, performance of computing systems and also on a compromise facing the developer. Advantages and future uses of methods of image reconstruction and restoration are defined.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КВАРЦОВОГО РЕЗОНАТОРА БАГАТОЧАСТОТНОЇ П'ЄЗОРЕЗОНАНСНОЇ АВТОКОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Стецюк В. І.¹, Хоптинський Р. П.²

¹Кафедра радіотехніки та зв'язку, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна,
E-mail: vicste@rambler.ru

²Національна академія Державної прикордонної служби України, Хмельницький, Україна

Анотація. – В роботі представлена математична модель кварцового резонатора, як складової багаточастотної п'єзореzonансної автоколивальної системи. Розглянуті основні підходи до аналізу амплітуд механічних товщинно-зсувних та товщинно-крутильних коливань кварцових резонаторів обернутих Y-зрізів. Встановлено аналітичний зв'язок між зовнішніми механічними впливами на п'єзореzonансну систему та його фізичними параметрами і зсувами частоти кварцового резонатора.

Ключові слова: кварцовий резонатор, п'єзоелемент, коливання, зріз.

I. Вступ

Невід'ємною особливістю сучасного розвитку радіоелектронних пристроїв та систем телекомунікацій є широке використання п'єзореzonансних пристроїв (ПРП), які суттєво впливають на їх кінцеві технічні характеристики та працездатність в цілому. Разом із тим, п'єзореzonансні пристрої, мають ряд недоліків та обмежень, серед яких найбільш типовими є чутливість до зовнішніх дестабілізуючих факторів – температури та механічних впливів. Зрозуміло, що досягти фізичних максимумів щодо стабільності частоти п'єзореzonансних коливальних систем можна тільки шляхом усунення або мінімізації їх залежностей від зовнішніх факторів. Важливою задачею дослідження та вивчення поведінки п'єзореzonансних систем є їх моделювання. Існуючі моделі багаточастотних кварцових резонаторів (КР) [1] мають суттєві обмеження і, як правило, розглядають п'єзореzonансний пристрій (ПРП) як прецизійний лінійний елемент із сталими параметрами. Однак комплексні дослідження характеристик кварцових резонаторів слід проводити із врахуванням ансамблю дестабілізуючих факторів [2].

II. Математична модель

Як будь-яке пружне тіло, КР має набір власних частот механічних коливань. Спектр власних частот визначається розмірами і конструктивним виконанням п'єзопластини та кварцоутримувача, способом кріплення, пружними властивостями п'єзоматеріалу та типом деформацій в процесі коливання. Для опису механічних напруг в кристалі кварцу використовують тензор механічних напруг \bar{T} [3]:

$$\bar{T} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де компоненти t_{ij} тензора напруг дорівнюють i -й компоненті сили, яка діє на одиничну площадку, розташовану у відповідній точці кристалу перпендикулярно вісі X_j .

Під дією механічних напруг у кристалі виникають деформації, які внаслідок анізотропії пов'язані тензорним виразом:

$$r_{ij} = s_{ijpq} t_{pq}, \quad (2)$$

де s_{ijpq} – константи гнучкості або піддатливості кристалу.

Для найбільш розповсюджених обернутих резонаторів Y-зрізів (рис. 1) з коливаннями зсуву по товщині частота коливань може бути визначена із співвідношення:

$$f_r = \frac{n}{2h} \sqrt{\frac{c'_{66}}{\rho}}, \quad (3)$$

де $c'_{66} = c_{66} \cos^2 \phi + c_{44} \sin^2 \phi + 2c_{14} \sin \phi \cos \phi$ – діюча константа пружності; ϕ – кут обернення п'єзопластини; ρ – щільність; h – товщина п'єзоелементу (ПЕ); n – номер механічної гармоніки.

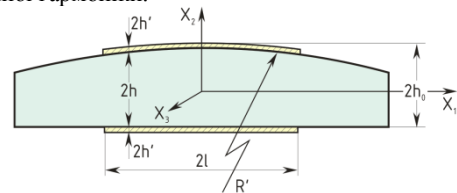


Рис. 1. Геометрична модель кварцового резонатора

Під дією зовнішніх механічних навантажень на ПЕ виникають деформації, які призводять до зміни його геометричних розмірів та щільності і, як наслідок, до зміни власної резонансної частоти (3). Однак чутливість п'єзоелемента КР до зовнішніх механічних впливів характеризується в основному чутливістю модулів пружності, а зміни геометричних розмірів та щільності внаслідок деформацій можна не враховувати. Дана чутливість кварцу може бути представлена як:

$$\Delta c_{\lambda\mu} = c_{\lambda\mu\nu} r_{\nu} \quad \text{або} \quad \Delta c_{\lambda\mu} = c_{\lambda\mu\nu} s_{\nu u} t_u, \quad (4)$$

де $c_{\lambda\mu\nu}$ – тензор констант пружності третього порядку; $s_{\nu u}$ – тензор констант гнучкості; r_{ν} , t_u – тензори механічних деформацій та напруг.

Тоді зсув частоти під дією механічного навантаження з урахуванням (3) і (4) може бути визначений як:

$$\Delta f^G = \frac{n}{2h_0} \sqrt{\frac{\Delta c'_{66}(t_u)}{\rho_0}}, \quad (5)$$

де $\Delta c'_{66}$ – зміна діючої константа пружності, яка визначає пружні властивості кристалу кварцу у напрямку прикладання механічного навантаження; ρ_0 – номінальна щільність; h_0 – номінальна товщина п'єзоелемента; n – номер механічної гармоніки.

Відповідно амплітуди механічних товщинно-зсувних та товщинно-крутильних коливань можуть бути представлені як:

$$u_{1nmp} = \sin \frac{n\pi \cdot x_2}{2h} u_{nmp} \cdot e^{j\omega_{nmp} t}, \quad (6)$$

де $u_{nmp} = A^{nmp} \cdot e^{-\alpha_n x_1^2 / 2} H_{m-1}(\sqrt{\alpha_n} x_1) \times e^{-\beta_n x_3^2 / 2} H_{p-1}(\sqrt{\beta_n} x_3)$;
 $\alpha_n^2 = \frac{n^2 \pi^2 c_1}{8R' h_0^3 M_{1n}}$; $\beta_n^2 = \frac{n^2 \pi^2 c_1}{8R' h_0^3 P_{1n}}$; $H_{m-1}(\bullet)$, $H_{p-1}(\bullet)$ – полі-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

номи Ерміта; c_1 , M_{1n} і P_{1n} – константи, які залежать від геометрії ПЕ, модулів пружності тощо; $n=1, 3, 5, \dots$ та $m, p=1, 2, 3, \dots$ – числа, які визначають кількість напівхвиль, які вкладаються вздовж напрямків X_2 , X_1 та X_3 відповідно.

Для однообернутих резонаторів АТ-зрізу константи c_1 , M_{1n} і P_{1n} визначаються у відповідності до наступних співвідношень:

$$M_{1n} = c_{11} + (c_{12} + c_{66})r' + 4 \frac{(r'\bar{c}_{66} - c_{66})(c_{22}r' + c_{12})c_{12} \operatorname{ctg} \frac{n\pi\chi}{2}}{c_{22}n\pi\chi}; \quad (7)$$

$$P_{1n} = c_{55},$$

$$\text{де } c_1 = \bar{c}_{66} \left(1 - \frac{8k_{26}^2}{n^2\pi^2} - 2R' \right); \quad \bar{c}_{66} = c_{66} + \frac{e_{66}^2}{\varepsilon_{22}}; \quad k_{26}^2 = \frac{e_{26}^2}{\bar{c}_{66}\varepsilon_{22}};$$

$$R = \frac{2\rho'h'}{\rho h}; \quad \chi = \sqrt{\frac{\bar{c}_{66}}{c_{22}}}; \quad r' = \frac{c_{12} + c_{66}}{\bar{c}_{66} - c_{22}}; \quad \rho', \rho \text{ і } h', h -$$

щільності, товщини електродів і п'єзопластини відповідно; c_{11} , c_{12} , c_{22} , c_{55} , c_{66} та e_{26} , e_{66} , ε_{22} – модулі пружності та п'єзоелектричні постійні кварцу.

При цьому, резонансні частоти коливань (6) визначаються як:

$$w_{nmp}^2 = \frac{n^2\pi^2c_1}{4h_0^2\rho} \left(1 + \frac{1}{n\pi} \sqrt{\frac{2h_0}{R'c_1}} (\sqrt{M_{1n}}(2m+1) + \sqrt{P_{1n}}(2p+1)) \right), \quad (8)$$

де h_0 – максимальна товщина ПЕ.

На рис. 2 і 3 представлені типові розподіли механічних коливань для резонаторів зсуву по товщині, які розраховані у відповідності до (6) і (7).

Зміни розподілених сил, які діють в об'ємі п'єзопластини повздовж радіуса r :

$$\Delta F_r(\psi) = d_{rr}(\psi) \cdot S_e \cdot \Delta T_r(\psi), \quad (9)$$

де $S_e = R \cdot h \cdot \Delta\psi_e$ – площа елементарної площадки торцевої поверхні ПЕ, h – товщина ПЕ.

Тоді загальний термодинамічний зсув частоти буде визначатись як:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{f_0}{2n} \cdot h \int_0^\pi K_f(\psi) \cdot d_{rr}(\psi) [T_0 - T_R(\psi)] d\psi, \quad (10)$$

де T_0 , $T_R(\psi)$ – температура в центрі та на краю ПЕ; $K_f(\psi)$ – коефіцієнт силочутливості Ратайського.

З урахуванням (10), для $n=m=p=1$ об'ємна щільність джерела тепла, яке виникає після включення КР із-за дисипативних втрат визначається як:

$$q_V(x_1, x_3) = \frac{P_{3\delta}}{V_N} \cdot \exp\left(-\alpha_n \frac{x_1^2}{2}\right) \exp\left(-\beta_n \frac{x_3^2}{2}\right) = \frac{q'_V(x_1, x_3)}{V_N}, \quad (11)$$

де $P_{3\delta} = 0,5 I_q^2 R_q$ – потужність збудження ПЕ;

$V_N = \int_V q'_V(x_1, x_2, x_3) dx_1 dx_2 dx_3$ – нормуючий об'єм.

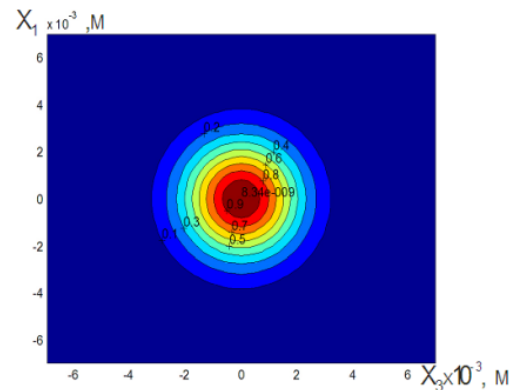
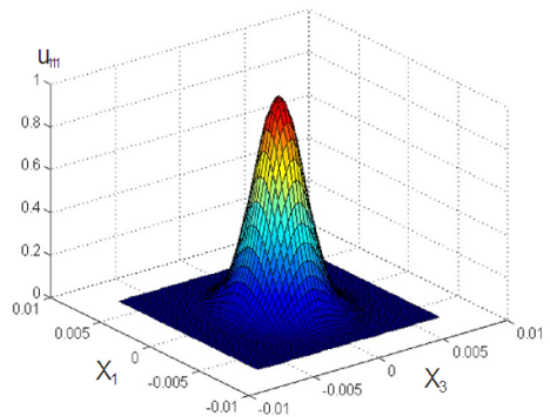


Рис. 2. Типовий розподіл амплітуд механічних коливань u_{111} для резонаторів АТ-зрізу

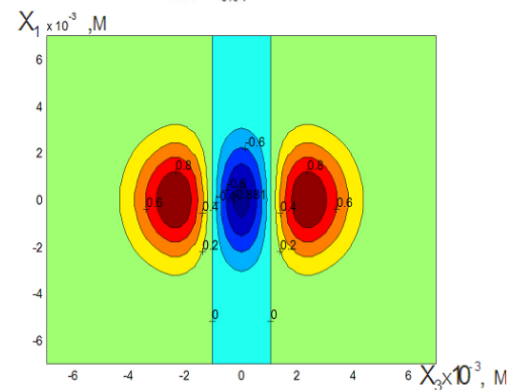
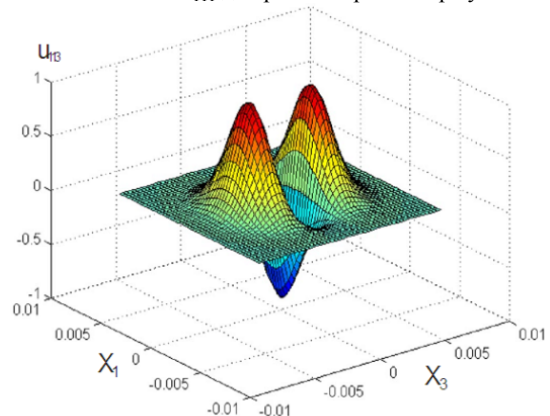


Рис. 3. Типовий розподіл амплітуд механічних коливань u_{113} для резонаторів АТ-зрізу

III. Висновки

Побудовано математичну модель кварцового резонатора багаточастотної п'єзореzonансної автоколивальної системи. Встановлено, що нестабільність частоти коливань багаточастотної коливальної системи суттєво залежить від зсувів частоти як наслідок виникнення термодинамічних напруг в об'ємі ПЕ на етапі самопрогріву КР та зсувів частоти як наслідок вібродинамічних напруг в об'ємі ПЕ в результаті зовнішніх механічних впливів. На прикладі резонаторів АТ-зрізів проведена оцінка об'ємної щільності внутрішнього джерела тепла, як дисипативної складової енергії збудження резонатора. Побудовані розподіли механічних коливань для основної моди, гармонічних та ангармонічних складових спектру кварцового резонатора, які є основою визначення термодинамічної складової нестабільності ПРП на етапі встановлення теплового балансу КР після включення.

IV. Список літератури

- [1] Колпаков Ф. Ф. Теорія і реалізаційні основи інваріантних п'єзореzonансних коливальних систем / Ф. Ф. Колпаков, С. К. Підченко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т. “Харк. авіац. ін-т.”, 2011. – 327 с.
- [2] Стецюк В. І. Проблеми вібраційної стабільності кварцових резонаторів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – № 1, 2008. – с. 166-167.
- [3] Підченко С. К. Математичне моделювання силочастотних характеристик кварцових резонаторів / С. К. Підченко, А. А. Таранчук, В. І. Стецюк // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків, НАУ ХАІ, 2011. – № 2(50). – 140 с.

MATHEMATICAL MODEL QUARTZ CRYSTAL MULTI-FREQUENCY PIEZORESONANCE OSCILLATING SYSTEM

Stetsyuk V. I.¹, Hoptinsky R. P.²

¹*Department of Radio Engineering and Communication, Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine.*

²*The National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine, Khmelnytsky, Ukraine.*

The paper presents a mathematical model of the quartz resonator, as part of a multi-frequency piezoresonance oscillating system. The main approaches to the analysis of the amplitudes of the mechanical thickness of the sliding-and thick-torsional vibrations of quartz resonators wrapped Y-cut. Established analytical relationship between external mechanical influences on piezoresonance system and its physical parameters and frequency shifts of the quartz resonator.

A mathematical model of the quartz resonator multifrequency piezoresonance oscillating system. It is found that the instability of the oscillation frequency of a multi-frequency oscillatory system essentially depends on the frequency shifts as a consequence of the emergence of thermodynamic stresses in the bulk of the piezoelectric element on stage samoprogreva quartz oscillator and frequency shifts as a consequence vibrodynamic stresses in the volume of the piezoelectric element as a result of external mechanical influences. On the example of AT-cut resonators, the evaluation of bulk density of the internal heat source, as the dissipative component of the excitation energy of the resonator. Built distribution of mechanical vibrations for the fundamental mode, harmonic and anharmonic components of the spectrum of the quartz resonator, which are the basis for determining the thermodynamic instability piezoresonance component devices when establishing the thermal balance of the quartz resonator is turned on.

ПЕРЕДУМОВИ ТА КОНЦЕПЦІЇ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА З КУРСУ «ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ»

Готра З.Ю., Фечан А.В., Кремер І.П.

Кафедра електронних приладів, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,

E-mail: iryna_kremer@yahoo.com

Анотація. – авторами проаналізовано та обґрунтовано можливість використання віртуального навчального середовища (ВНС) НУ «Львівська політехніка» для викладання дисциплін в галузі електроніки. Показано, що основним недоліком існуючої системи є відсутність віртуальних лабораторій з природничо-технічних дисциплін. Запропоновано використання програми Electronics Workbench (EWB), для створення віртуального лабораторного практикуму (ВЛП) з курсу «Фізичні основи електроніки».

Ключові слова: віртуальне навчальне середовище, дистанційне навчання, лабораторний практикум.

I. Вступ

Впровадженням в освітній простір комп'ютерних інформаційних технологій дозволило перейти на новий рівень існуючої системи освіти від традиційних книжок та навчально-методичних матеріалів до електронного підручника, комп'ютерних тренажерів, тестів різних типів, від звичайної аудиторії до мультимедійної та віртуальної. Існує багато прикладів веб-систем для організації дистанційного навчання серед яких Claroline, Blackboard, ATutor, Moodle, IBM LearningSpace та інші. Їх основним недоліком є відсутність спеціалізованих віртуальних лабораторій, що є важливим елементом підготовки спеціалістів технічних дисциплін, зокрема напряму 6.050802 «Електронні прилади та пристрої».

II. Основні результати

В умовах реформування вищої освіти в Україні впроваджуються нові форми навчання, серед яких – дистанційне навчання. Сутність даної форми навчання відображена у Положенні про дистанційне навчання: «Під дистанційним навчанням розуміється індивідуалізований процес набуття знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, який відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій» [1,2].

Віртуальне навчальне середовище Львівської політехніки (ВНС ЛП) створено на основі LMS Moodle. Moodle - безкоштовний програмний продукт з відкритими кодами, який поширюється за GNU GPL ліцензією, що містить засоби інформаційної підтримки процесу навчання та використовується як елемент традиційного освітнього процесу так і для організації дистанційного навчання. Розміщена на сайті навчальна дисципліна - (в термінології Болонського процесу модуль) є набором електронних матеріалів, підготовлених автором модуля, а також навчальних та контролюючих засобів, що функціонують з використанням стандартних компонентів і сервісів (таких як тест, автоматичний підрахунок результатів тестування тощо), реалізованих у ВНС ЛП.

ВНС ЛП, (www.vns.lp.edu.ua/moodle) є сукупністю системи дистанційного навчання, комп'ютерних та комунікаційних засобів, що дає змогу урізноманітнити форми набуття знань і умінь, необхідних для ефективної професійної та соціальної діяльності майбутнього фахівця. Ця система по-

вністю забезпечує вимоги інформаційної підтримки навчального процесу, дає змогу проводити різні види занять, забезпечувати контрольні заходи та проводити консультації. Однак існуюче ВНС в основному призначене для забезпечення лекційних курсів, а універсальність базового програмного продукту moodle не дає можливості реалізувати лабораторні і практичні віртуальні заняття в галузі природничих дисциплін. Для усунення цього недоліку нами запропоновано використовувати сторонні спеціалізовані програмні продукти. Зокрема, для створення ВЛП в галузі електроніки, на нашу думку, найкращим є електронний програмний продукт EWB, розроблений канадською компанією Interactive Image Technologies [3,4]. Його основною перевагою при створенні віртуальних лабораторій базових дисциплін є інтерфейс з елементами, що відповідають реальним вимірювальним та індикаторним пристроям. Наявність у програмі віртуальних контрольних-вимірювальних приладів дозволяє планувати та проводити широкий спектр експериментів: від навчальних дослідів до дослідження реальних пристроїв. а процес створення електронної схеми в цьому середовищі максимально наближений до реального. Тому робота в такому середовищі створює ілюзію присутності в реальній лабораторії. Такий підхід – ідеальний засіб для навчання, оскільки дає змогу зняти майже всі обмеження щодо елементної бази та контрольних-вимірювальних приладів, а також проблеми, пов'язані з можливістю некоректних дій експериментатора.

III. Висновки

Реалізація лабораторного практикуму з дисциплін природничо-наукового спрямування можлива лише при застосуванні спеціалізованих програмних пакетів які не входять до складу ВНС. Розроблено комп'ютерний лабораторний практикум для дослідження базових електронфізичних параметрів електронних пристроїв. Виявлено що актуальна версія програмного продукту Electronics Workbench не дозволяє коректно відтворити вплив температури на робочі характеристики електронних пристроїв.

IV. Список літератури

- [1] Положення про дистанційне навчання // Офіційний сайт Українського інституту інформаційних технологій в освіті: <http://udec.ntu-kpi.kiev.ua>.
- [2] Сокурєнко В. І., Огданський І. Ф., Папірник Р. Б., Солод Л. В. Особливості впровадження дистанційного навчання для технічних спеціальностей. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/vpabia/2009_2/statii/UDK%20378.pdf.
- [3] Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программы Electronics Workbench и ее применение. М.: Солон-Р, 2003. 726 с.
- [4] Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench : в 2-х томах/ под общей редакцией Д. И. Панфилова. М.: ДОДЭКА, 2000.

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОГО МІКРОСКОПУ НА ОСНОВІ ПЗС-МАТРИЦІ В ЯКОСТІ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ КОНТРОЛІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Редько О.О.

*Кафедра інформаційно-вимірювальних систем, Національний авіаційний університет, Київ, Україна,
E-mail: ralex_sh@mail.ru*

Анотація. – В завданнях метрології та економіки підприємств завжди постає питання, щодо зменшення вартості засобів вимірювання не втрачаючи точність визначення метрологічних характеристик об'єктів вимірювання. Для вирішення даної проблеми при атестації решет та сит на відповідність кількісного значення геометричних параметрів нормативній документації, пропонується використати доступний цифровий мікроскоп на основі ПЗС-матриці. В роботі описані основні джерела похибок оптикоелектронної системи, та шляхи їх компенсації.

Ключові слова: решета, сита, оптоелектронна вимірювальна система, градувальна характеристика.

I. Вступ

Для отримання більш якісного та більш дорогого, при продажі, зерна важливо правильно підібрати пробивні решета для зерноочисних машин. До основних характеристик полотен решітних відносять: відсутність задирок; площинність; точність розмірів отворів; достатня товщина решета; якісний метал. ДСТУ ISO 3310-2:2007 [1] встановлює основні вимоги до випробування решет (сит), що застосовуються у сільському господарстві, харчовій промисловості, фармацевтиці та ін.. Так як дані пристрої є важливим елементом при контролі якості та безпеки продуктів харчування і лікарських засобів, то, згідно із Законом «Про метрологію та метрологічну діяльність» вони підлягають метрологічній атестації, у відповідності до діючих методик атестації.

Граничні відхилення розмірів отворів решет (сит), регламентовані нормативною документацією [2], вносять вимоги до точності вимірювання робочими засобами вимірювальної техніки в одиниці мкм. Як правило у повірочних лабораторіях для вимірювання геометричних параметрів об'єктів вимірювання (ОВ) застосовуються оптиметри, в частості універсальні вимірювальні мікроскопи, які здатні вимірювати не лише довжини в повздовжньому та поперечному напрямках з найменшою ціною поділки 1 мкм, а й кути. Але для поставленої задачі необхідно шукати альтернативний засіб вимірювальної техніки, який мав би меншу собівартість, був адаптований лише для поставленого вимірювального завдання і забезпечував потрібну точність вимірювання. Для проведення атестації решет (сит), у відповідності із галуззю уповноваження, ДП «Сумистандартметрологія» було запропоновано використовувати цифровий мікроскоп на основі ПЗС-матриці Sigera QX 500.

II. Безконтактна система визначення геометричних параметрів об'єкту вимірювання

Оптиметри призначені для визначення геометричних розмірів контактним методом. Оптичні методи вимірювання, із застосуванням цифрових засобів, реалізують безконтактний метод вимірювання, що заснований на формуванні зображення вимірюваного об'єкта на поверхні ПЗС-матриці.

При вимірюванні геометричних параметрів оптичними методами необхідно виконати наступні дії: отримати зображення ОВ або її частини, що включає в себе вимірюваний геометричний параметр; провести обробку зображення таким чином, щоб виділити характерні точки об'єкта, за якими можна оцінити вимірюваний геометричний параметр; провести розрахунок

кількісного значення фізичної величини необхідного геометричного параметра по зображенню; провести корекцію результату з урахуванням різних видів спотворень оптичної частини оптоелектронної вимірювальної системи (ОЕВС).

Основними джерелами похибок в одноканальних ОЕВС вимірювання геометричних параметрів є спотворення оптичної частини ОЕВС, пов'язані з дифракцією світла, аберациєю об'єктива, дисторсією, а також дискретизацією зображення і шумами фотоприймальної матриці. Основна складова похибки, викликана спотворенням цієї оптичної частини системи, пов'язані з нечіткістю меж і спотворенням геометричної форми об'єкта вимірювання.

Спосіб вимірювання геометричних параметрів оптичним методом полягає у співставленні в одній фокусній площині ОВ та міри довжини. Відображення об'єкту та суб'єкту вимірювання характеризується одиницею розміру кадру – пікселем. Співвідносячи кількість пікселів між відображеними на екрані камери крайовими поділками міри довжини знаходимо масштаб виражений у мм/піксель. У відповідності до програмного забезпечення цифровий мікроскоп Sigera QX 500, забезпечує точність вимірювання з кроком 0,1 мкм. Але, у відповідності із свідченням про атестацію, та класом точності вимірювальної установки, оптичний прилад з ПЗС-матрицею має абсолютну похибку ± 5 мкм. Також не викликає довіри похибка атестованої полімерної калібрувальної міри довжини, яка здатна до деформації. Особливе значення має вибір раціонального освітлення ОВ. Від правильності обраної схеми залежить точність визначення граничних контурів.

III. Висновки

В доповіді наведені принципи застосування та модернізація запропонованої ОЕВС, її основні похибки, шляхи їх компенсації, визначення градувальної характеристики системи із довірчим інтервалом згідно з МИ 2175-91.

IV. Список літератури

- [1] ДСТУ ISO 3310-2:2007. Решета та сита контрольні. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 1. Решета контрольні з перфорованих металевих пластин (ISO 3310-2:1999, IDT) – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – IV, 10 с.
- [2] МА 01.007-03. Сита з сітки дратованої ткані з квадратними вічками. Методика атестації. – Харків: ХДНДІМ, 2003. – 10 с.

APPLICATION CCD MICROSCOPE AS A MEASURING INSTRUMENT of CONTROL GEOMETRICAL PARAMETERS

Redko O.O.

*Information-Measuring Systems Department
National Aviation University, Kyiv, Ukraine*

The report proposed optical electronic measuring system based on CCD for measuring geometric parameters punched screens. Basic error of the system and it compensation ways were analysed and characteristic of calibration with a confidence interval were calculated.

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ РЕДУКЦІЇ ДІАГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ, ПОБУДОВАНИХ З ЯДЕР ВОЛЬТЕРРА ОБ'ЄКТІВ КОНТРОЛЮ

Григоренко С.М., Павленко В.Д.

Кафедра комп'ютеризованих систем управління, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна, E-mail: pavlenko_vitalij@mail.ru

Анотація. – Досліджується ефективність методу модельної діагностики, заснованого на непараметричній ідентифікації об'єктів контролю (ОК) та побудові визначальних правил оптимальної класифікації в просторі діагностичних ознак за допомогою методів навчання розпізнаванню образів. Відмінність методу від відомих полягає у використанні, як джерела діагностичної інформації, непараметричних нелінійних динамічних моделей ОК у вигляді багатовимірних ядер Вольтерра (ЯВ), які ідентифікуються за результатами експериментальних досліджень ОК «вхід-вихід». Це дозволяє реалізувати універсальний підхід при побудові простору діагностичних ознак у системі розпізнавання станів ОК з урахуванням їх нелінійних та динамічних властивостей, підвищити достовірність діагностування.

Проведено дослідження ефективності застосування методів стискання діагностичної інформації (редукції діагностичних моделей), що міститься в ЯВ при використанні евристичних ознак, моментів, Фур'є-образів, коефіцієнтів вейвлет-перетворень і розкладання Карунена-Лосва ЯВ. Отримані, за допомогою комп'ютерного моделювання тестового ОК, результати демонструють переваги методу за показником достовірності розпізнавання станів нелінійних динамічних ОК.

Ключові слова: інформаційні технології, ядра Вольтерра, редукція діагностичних моделей, ефективність діагностування.

I. Вступ

Зростання складності ОК у галузі сучасних радіотехнічних засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки; збільшення джерел інформації; урахування динамічних і нелінійних властивостей об'єктів і систем; підвищення вимог до достовірності рішень, що приймаються, призводять до проблеми розробки нових ефективних методів математичного забезпечення систем видобування і обробки діагностичної інформації зі спостережень, які б дозволили забезпечити вказані вимоги та автоматизувати процес діагностування ОК. Задачі непрямого контролю і діагностики ОК різної фізичної природи відносяться до класу задач індуктивного моделювання, суть яких полягає в переході від емпіричної інформації до математичної моделі з метою здобуття нових знань і прийняття рішень в умовах істотної неоповності і апріорної невизначеності інформації [1]. При цьому ефективність автоматизованих систем діагностування (АСД) визначається достовірністю розпізнавання, розрізнявальною здатністю, швидкодією, завадостійкістю та вартістю.

Існують різні підходи до вирішення задач непрямого контролю та діагностики стану об'єктів, які відрізняються способами вибору інформативних ознак і алгоритмами відновлення вирішальних функцій. Ефективність застосування методів розпізнавання образів для діагностування в основному залежить від інформативності використовуваної сукупності параметрів.

Для універсального опису ОК невідомої структури доцільно використовувати нелінійні непараметричні динамічні моделі на основі інтегродифференціальних рівнянь Вольтерра – моделі Вольтерра [2], головною особливістю яких є одночасне і

компактне урахування нелінійних і динамічних властивостей ОК у вигляді багатовимірних вагових функцій – ядер Вольтерра (ЯВ).

В [3] запропоновано інформаційну технологію створення АСД, що інтегрує в собі одержання первинного опису ОК на основі ЯВ (ідентифікацію ОК), ефективне стиснення діагностичної інформації (редукцію діагностичних моделей) і побудову визначальних правил оптимальної класифікації (навчання розпізнаючої системи).

Метою даної роботи є дослідження ефективності запропонованих методів редукції діагностичних моделей, побудованих на основі результатів ідентифікації ОК у вигляді ядер Вольтерра.

II. Методи редукції простору ознак

Запропонована інформаційна технологія непрямого контролю і діагностики нелінійних динамічних ОК [3] заснована на непараметричній ідентифікації ОК з використанням ЯВ і полягає в послідовному вирішенні наступних завдань.

1. **Ідентифікація ОК.** *Мета:* отримання інформаційної моделі ОК у вигляді ЯВ. *Етапи реалізації:* подача тестових сигналів на входи ОК; вимірювання відгуків на них; визначення ЯВ на основі даних експерименту «вхід-вихід».

2. **Побудова діагностичної моделі ОК.** *Мета:* формування простору ознак. *Етапи реалізації:* стиснення ЯВ; оцінка діагностичної цінності ознак; вибір оптимальної системи ознак - редукція діагностичної моделі (стиснення діагностичної інформації).

3. **Побудова класифікатора станів ОК.** *Мета:* побудова сімейства вирішальних правил оптимальної класифікації в просторі інформативних ознак. *Етапи реалізації:* побудова вирішальних правил (навчання); оцінка достовірності класифікації (іспит); оптимізація діагностичної моделі.

4. **Діагностика ОК.** *Мета:* оцінка стану ОК. *Етапи реалізації:* ідентифікація ОК; побудова діагностичної моделі (оцінка діагностичних ознак); віднесення ОК до певного класу (розпізнавання станів).

Застосування методу модельної діагностики пов'язано з розв'язанням задачі параметризації багатовимірних функцій ЯВ. При побудові діагностичної моделі використовуються три рівня опису ОК.

Початковий рівень, на якому функції $w_k(\tau_1, \dots, \tau_k)$, що одержано в результаті ідентифікації ОК, розглядаються як єдине ціле.

Рівень вихідних ознак, на якому функція $w_k(\tau_1, \dots, \tau_k)$ є вектором $x_k = (x_{1k}, \dots, x_{nk})'$. Інформативні ознаки можуть бути отримані за допомогою попереднього перетворення $T_j: C[a, b] \rightarrow R^n$, ($j=1, \dots, n$): $x_{jk} = T_j(w_k(\tau_1, \dots, \tau_k))$; де $C[a, b]$ – простір дійсних неперервних функцій, заданих на відрізку $[a, b]$; a, b – точки k -вимірного простору R^k . В якості оператора T_j можуть застосовуватися ортогональні розвинення та інтегральні перетворення ЯВ у вектори коефіцієнтів базисних функцій. У найпростішому випадку оператор T_j є оператором дискретизації $x_{jk} = w_k(t_j, \dots, t_j)$, $t_j = j\Delta t$, де Δt – крок дискретизації.

Рівень перетворених ознак, які отримуються в результаті реалізації вибраного ортогонального перетворення $L: R^n \rightarrow R^m$ ($m \leq n$), що забезпечує скорочення розмірності

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

простору ознак. При цьому розв'язується задача мінімізації кількості вторинних ознак при максимальному збереженні інформації вихідного опису ОК. Оптимальним в цьому сенсі є розкладання Карунена-Лоєва.

Діагностична цінність ознак, отриманих на основі ЯВ, визначається на основі критерію максимальної імовірності правильного розпізнавання (ППР) P_{max} , що реалізується побудованою системою розпізнавання на підмножині X' із заданої множини ознак X ($X' \subset X$) в обраній системі ознак. Досліджено наступні системи ознак.

Часові характеристики (V_k) – вибірки відліків діагональних перетинів ЯВ $w_k(t, \dots, t)$ порядку $k=1, 2, 3$ із заданою дискретністю.

Частотні характеристики (AF_k) і (PF_k) – дискретні значення АЧХ і ФЧХ k -го порядку, відповідно.

Евристичні ознаки (E_k): максимум модуля діагонального перетину k -вимірного ЯВ; точка екстремуму t_{max} ; похідна функції $w_k(t, \dots, t)$ в точці $t=0$; інтеграл модуля функції перетину ЯВ; тривалість перехідного процесу t_{min} .

Моменти μ_r^k (M_k) порядку для перетинів ЯВ порядку k :

$$\mu_{ij\dots l}^k = \int_0^\infty \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \tau_1^i \tau_2^j \dots \tau_k^l w_k(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_k,$$

$$i, j, \dots, l = 0, 1, \dots; i+j+\dots+l=r.$$

Коефіцієнти розкладання Карунена-Лоєва (KL_k): c_1, c_2, \dots, c_m для перетинів ЯВ порядку $k = \overline{1, 3}$, що визначаються за формулою: $c_i = \Phi' x_i$, де $c_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im})'$ – вектор-стовпчик коефіцієнтів розкладання Карунена-Лоєва для i -го класу ($i=1, 2, \dots, M$); x – вектор вихідних ознак i -го класу розмірністю n ; $\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m)$ – матриця перетворення розмірністю $n \times m$ ($m < n$), стовпчиками якої обираються m нормованих власних векторів $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m$, відповідних найбільшим характеристичним числам кореляційної матриці

$$R = \sum_{i=1}^M p(\omega_i) E\{x_i x_i'\},$$

де $p(\omega_i)$ – апіорна імовірність появи i -го класу, а $E\{x_i x_i'\}$ – оператор математичного очікування, який обчислюється за всіма спостереженнями, що належать до i -го класу.

Коефіцієнти вейвлет-перетворень (W_k) перетинів ЯВ k -го порядку

$$C(a, b) = \int_0^\infty w_k(t, \dots, t) a^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt,$$

де $\psi(t)$ – функція перетворення (материнський вейвлет); a і b – відповідно параметри масштабу і зсуву вейвлету. Як базисний використовується вейвлет *coiflet*.

Оцінка діагностичної цінності (інформативності) систем ознак [4] проводилася за допомогою комп'ютерного моделювання системи розпізнавання станів тестового ОК з відомими аналітичними виразами ЯВ першого, другого і третього порядків. Засобами імітаційного моделювання ОК отримані навчальна і екзаменаційна вибірки для чотирьох класів ОК, що умовно належать даним класам за деякими параметрами α і β , які визначають відповідно динамічні та нелінійні властивості і які недоступні для прямих вимірювань. Ефективність обраної сукупності ознак з даної системи ознак оцінюється за результатами класифікації ОК з екзаменаційної вибірки за допомогою побудованих визначальних правил. Для кожного визначального правила обчислюється ППР, на основі яких обчислюється максимальне значення усередненої оцінки \bar{P}_{max} .

III. Висновки

Визначено найцінніші для діагностування евристичні ознаки V_2 ($\bar{P}_{max} = 0,987$), коефіцієнти вейвлет-перетворення W_2 ($\bar{P}_{max} = 0,983$) та моменти M_2 ($\bar{P}_{max} = 0,98$) ЯВ.

Встановлено, що завадостійкість евристичних ознак і коефіцієнтів вейвлет-перетворень ЯВ вище на 5–15%, ніж інших досліджених систем ознак

IV. Список літератури

- [1] Modeling, Diagnostics and Process Control: Implementation in the DiaSter System / J. Korbicz, J. M. Kościelny (Eds.) – Berlin: Springer, 2010. – 384 p.
- [2] Doyle F.J. Identification and Control Using Volterra Models / F.J. Doyle, R.K Pearson., B.A. Ogunnaike – Published Springer Technology & Industrial Arts. – 2001. – 314 p.
- [3] Григоренко С.Н. Информационная технология диагностирования состояний электродвигателей на основе моделей Вольтерра / С.Н. Григоренко, С.В. Павленко, В.Д. Павленко, А.А. Фомин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2014. - Т.4. - №11 (70). – С. 38-43.
- [4] Файнзильберг Л.С. Математические методы оценки полезности диагностических признаков / Л.С. Файнзильберг – Киев: Освита України, 2010. – 152 с. – ISBN 978-966-188-134-0.

EFFECTIVENESS METHODS REDUCTION DIAGNOSTIC MODELS BUILT FROM VOLTERRA KERNELS OBJECTS CONTROLLING

Grigorenko S.M., Pavlenko V.D.

Department of the computerized control systems Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine

The growing complexity of control objects (CO) in the field of modern electronic means of telecommunications, nano - and microelectronics; increase sources of information; taking into account the dynamic and nonlinear properties of objects and systems; the increasing demands for reliability solutions that are applied, lead to the problem of development of new effective methods of mathematical software systems, extraction and processing of diagnostic information from observations, which would ensure that the specified requirements and to automate the process of diagnosing OK. Tasks of indirect control and diagnostics of different OK the physical nature belong to the class of problems of inductive modeling, the essence of which lies in the transition from empirical input to the mathematical model with the aim of acquiring new knowledge and decision-making in conditions of substantial a priori incomplete and uncertain information [1]. The effectiveness of automated systems diagnostic is determined by the accuracy of recognition, distinctive, speed, robustness and cost.

Study of the efficiency method of model diagnostics [3] based on nonparametric identification of control objects (CO) and the construction of optimal decision rules classification in the space of diagnostic features using methods learning pattern recognition. The difference method from the known is to use in as a source of diagnostic information nonparametric nonlinear dynamic models CO, as a multidimensional Volterra kernels (VK) [2], which identified by the results of experimental study CO «input-output». This allows a universal approach when building space diagnostic features in the recognition system state CO taking into account their nonlinear and dynamic properties, to improve the accuracy of diagnosis.

Study of efficient compression techniques, diagnostic information (reduction of diagnostic models) that is contained in VK when using heuristic signs, moments, Fourier-images of the coefficients of the wavelet transform and decomposition of Karunen-Loew VK. Obtained through computer simulation test CO results demonstrate the advantages of the method in terms of reliability of recognition of states of nonlinear dynamical CO.

Defined the most valuable for diagnosing heuristic features of V_2 ($\bar{P}_{max} = 0,987$), coefficient wavelet transform W_2 ($\bar{P}_{max} = 0,983$) and the moments M_2 ($\bar{P}_{max} = 0,98$).

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

СЕКЦІЯ 4. БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НОВІ ПІДХОДИ ДО ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Хохлачова Ю.Є.

*Кафедра безпеки інформаційних технологій, Національний авіаційний університет, Київ, Україна,
E-mail: hohlachova@gmail.com*

Анотація. – Проаналізовано недоліки класичного підходу до інформаційної безпеки та процесу створення і використання процесу інформаційної безпеки. Для усунення недоліків пропонується новий підхід до інформаційної безпеки, який має ряд значних переваг та застосовується для визначення витрат на інформаційну безпеку комплексно для всієї складної інформаційно-комунікаційної технології, яка використовується взаємодіючими об'єктами. Цінність використаної інформації враховується за результатами її використання. Після розподілу витрат по об'єктам застосовується скорегований класичний підхід для створення і використання процесу інформаційної безпеки на кожному з взаємодіючих об'єктів.

Ключові слова: інформаційна безпека, телекомунікаційні мережі, інформаційно-комунікаційні технології.

I. Вступ

Телекомунікаційні мережі стали невід'ємною частиною інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), які перетворюються у фундамент економіки. У той же час, як будь-яке явище прогресу, розвиток ІКТ несе за собою нові проблеми, нові ризики, нові побічні негативні явища, зокрема проблему інформаційної безпеки.

II. Основна частина

На сьогодні стають зрозумілими деякі недоліки класичного підходу до інформаційної безпеки та процесу створення і використання процесу інформаційної безпеки (СІБ). По перше, процес створення СІБ починається надто пізно. У багатьох випадках спочатку створюється ІКТ без обґрунтованого врахування вимог до інформаційної безпеки, а потім, після отримання збитків внаслідок здійснених порушень, або загроз порушень інформаційної безпеки, приймається рішення про створення СІБ. В результаті створюються ІКТ, яким притаманні різні вразливості, слабкі місця. Зловмисники ці властивості виявляють і негайно використовують для проникнення. СІБ, у цих умовах, має нейтралізувати (залатати) усі ці вразливості. По друге, класичний підхід до інформаційної безпеки важко застосовувати до сучасних складних і нескладних інформаційних систем, які, до того ж, безперервно розвиваються. Складну систему доводиться поділяти або на ієрархічні рівні, або на більш прості системи і застосовувати класичну процедуру створення СІБ для кожної системи окремо. При цьому виникає загроза порушення основного теоретичного положення інформаційної безпеки складної системи, а саме безперервності захисту у часі (за етапами життєвого циклу), просторі (за елементами мережі) і множині загроз (та властивостей і слабких місць). Відомо, що рівень захищеності системи визначається найменш захищеною ланкою і не може бути вищим рівня захищеності цієї ланки.

Для усунення недоліків пропонується новий підхід до інформаційної безпеки, який має переваги в тому, що включає необхідність безпосередньої оцінки цінності інформаційних ресурсів, і заміняє цю оцінку процедурою, яка характеризується меншим ступенем невизначеності. Замість безпосереднього визначення цінності інформації вона враховується опосередковано через її роль у бізнес-процесах, у

створенні товарів, послуг, нової інформації, яка створена з її участю. Тобто цінність використаної інформації враховується, так би мовити, за результатами її використання.

III. Висновки

Новий підхід не заперечує і не відмінює класичний, а застосовується у випадках складних ІКТ та наявності багатьох взаємодіючих об'єктів. Новий підхід застосовується для визначення витрат на ІБ комплексно для всієї складної ІКТ, яка використовується взаємодіючими об'єктами. Після розподілу витрат по об'єктам застосовується класичний підхід, дещо скорегований, для створення СІБ на кожному з взаємодіючих об'єктів.

IV. Список літератури

- [1] Enhanced Operations Map (eTom) // ITU-T M.3050 . – 2006.
- [2] Principles for a telecommunications management network // ITU-T M.3010.
- [3] Джон Райли. NGOSS: Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора связи / Джон Райли, Мартин Кринер : пер. с англ. – М.: Бизнес Букс, 2007. – 192 с.
- [4] Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / А.Ю. Гребешков. – М.: ЭКО_ТРЕНД, 2008. – 288 с.

NEW APPROACHES TO INFORMATION SECURITY TELECOMMUNICATIONS NETWORKS

Hohlachova J.E.

Security of Information Technology, National Aviation University, Kyiv, Ukraine

The development of information and telecommunication systems in the modern world is becoming more important. Information technologies used in governance, business management, production processes, the needs of citizens have access to information that promotes information, telecommunication and information and telecommunications systems (ITS). Distribution of ITS infrastructure reduces the distance between the interacting entities to reduce the time for exchange of information and, consequently, to accelerate the decision making process in government, local government and in business management. In recent years, a very topical issue detailed analysis of security threats to information and telecommunication systems, the likelihood of their occurrence, the probability of preventing existing countermeasures threats. A huge number of complex information security systems have been developed by experts in the field of information security, a large number of tests performed.

Analyzed the shortcomings of the classical approach to information security and the process of creating and using process of information security. Corrective propose a new approach to information security, which has several significant advantages and is used to value you spending on information security system for the entire complex information and communication technologies used interacting objects. The value of used information taken into account by the results of its use. After the distribution of the costs of facilities used adjusted classical approach to creating and using process of information security at each of the interacting objects.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІД ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Розорінов Г.М., Платоненко А.В.

Кафедра систем захисту інформації, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна,

E-mail:platonenko.artem@gmail.com

Анотація. – Розглянуто проблему захисту інформаційних систем від навмисного потужного електромагнітного впливу. На основі отриманих даних показано, що характер порушень в роботі електронного устаткування безпосередньо залежить від параметрів і рівня стійкості устаткування до електромагнітного впливу. Дано систематизований перелік можливих наслідків для засобів інформатизації, використовуваних в основних сферах діяльності.

Ключові слова: безпека, генератор, потужний електромагнітний вплив, захист інформаційних систем.

I. Вступ

Ефективність і безпека роботи різноманітних науково-виробничих комплексів (НВК) багато в чому досягається завдяки застосуванню засобів інформатизації в різних сферах їх діяльності. Основну загрозу для інформаційних ресурсів до недавнього часу представляли хакерські атаки і впровадження комп'ютерних вірусів, які здійснюються програмним шляхом. Проте створення компактних генераторів потужних електромагнітних випромінювань, здатних негативно впливати на електронне устаткування, істотно змінило пріоритети в області безпеки інформації [1]. Сьогодні, в розряд першочергових, висувається проблема захисту від навмисного електромагнітного впливу [2].

II. Основна частина

Дослідження в області дії потужних електромагнітних випромінювань на електронну інфраструктуру і пошук захисту від них активно ведуться в різних країнах. Джерела електромагнітних імпульсів розробляються в ряді країн з метою досягнення якісно нового рівня радіолокації, радіозв'язку, технологій вирішення інших технічних завдань. Принцип їх роботи допускає генерацію і випромінювання в навколишній простір не лише одиничних електромагнітних сигналів, але і цілих пакетів. Параметри випромінювання таких пристроїв роблять їх дуже небезпечними при дії на мікроелектронні системи. Відносна простота виготовлення і доступність придбання таких генераторів, а також компактність цих приладів дозволяють розцінювати їх в якості потенційних засобів навмисного впливу, що дозволяють локально створювати ефекти, подібні до електромагнітних випромінювань ядерного вибуху.

Існує широка номенклатура генераторів, що формують електромагнітні імпульси, які призначені для перевірки стійкості електронного устаткування різних об'єктів до електромагнітного впливу. Характер порушень в роботі безпосередньо залежить від параметрів і рівня стійкості устаткування до цього впливу. Порушення в основному носять тимчасовий характер, проявляються під час впливу і зберігаються впродовж деякого періоду після цього впливу, причому виявити факт навмисного електромагнітного впливу, як в цей період, так і надалі – є не можливим.

Електронна інфраструктура НВК, ставши об'єктом електромагнітної атаки, може зазнати ряд деструктивних змін, що, у свою чергу, приведе до збоїв в роботі електронного устаткування і далі – до функціональних порушень видів діяльності, що ним забезпечується. Систематизований перелік можливих наслідків для засобів інформатизації, використаних в основних сферах діяльності, властивих об'єктам НВК, приведений в табл. 1.

Проблему захисту інформаційних систем від навмисного електромагнітного впливу намагаються розв'язати фахівці різних країн. Основним напрямом міжнародної діяльності є розробка цільових стандартів по забезпеченню стійкості цивільних об'єктів до впливу потужних електромагнітних випромінювань. В їхньому числі – методи оцінки стійкості до таких впливів на інформаційні системи телекомунікаційної апаратури і центрів обробки даних, практичні методи захисту комп'ютерних систем, тощо.

ТАБЛИЦЯ 1

Деструктивні ефекти в електронному устаткуванні при навмисному електромагнітному впливі (невв)

Вид системи	Вид ефекту в результаті дії
Засоби телекомунікації	Зависання і перезавантаження комп'ютерів, значне зниження інформаційного трафіку, збільшення кількості помилок.
Засоби зв'язку і навігації	Зменшення ефективної дальності зв'язку (від 2 до 10 разів), неправдиві свідчення або збої в засобах навігації.
Засоби безпеки	Збої в системах контролю і управління доступом, блокування охоронно-пожежної сигналізації, спотворення зображень з камер відео нагляду.

Міра uszkodження системи залежить від стійкості як кожного з компонентів пристроїв, так і від енергії потужної завади, в цілому, яка може бути поглинена схемою без виявлення дефекту або відмови.

III. Висновки

Зафіксовано електромагнітні атаки на системи безпеки і комп'ютерні мережі банків, автомобільні системи безпеки, військові системи радіозв'язку. З метою забезпечення безпеки об'єктів НВК, необхідно створювати для них системи захисту інформації від несанкціонованого доступу, знищення, модифікації та блокування інформації. Це передбачає планування і реалізацію комплексу технічних і організаційних заходів, що забезпечують захищеність об'єктів НВК.

IV. Список літератури

1. Кузнецов М., Кунгуров Д., Матвєєв М., Тарасов В. Вхідні ланцюги облаштувань РЗА. Проблеми захисту від потужних імпульсних перенапружень. Новини електротехніки. 2006. – 6с.
2. Іванов П. Trabtech – технологія для захисту електроустаткування від імпульсних перенавантажень. Компоненти і технології. 2003. – 7 с.

PROTECTING OF INFORMATIVE SYSTEMS IS FROM POWERFUL ELECTROMAGNETIC RADIATIONS

Rozorynov G. N., Platonenko A. V.

Department of the System of Information Security,
State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

The problem of defence of the informative systems is considered from intentional powerful electromagnetic influence. It is shown on the basis of the obtained data, that character of violations in-process electronic equipment directly depends on parameters and level of firmness of equipment to electromagnetic influence. The systematized list of possible consequences is given for the facilities of informatization, used in the basic spheres of activity.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

КОМБІНУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІСНУЮЧИХ КВАНТОВИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ В ЦІЛІСНИЙ КОМПЛЕКС ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

¹Болонна Є.І., ¹Шпатар П.М., ²Семенюк Н.Ю.

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: Liza_000@mail.ru

²Державний вищий навчальний заклад «Чернівецький політехнічний коледж», Чернівці, Україна

Анотація. – Розроблена комплексна квантово-криптографічна система передачі інформації з використанням фотонів ортогонального базису. У даній гібридній системі використовується прогнозування у часовій і фазовій областях для забезпечення синхронізації передачі інформації.

Ключові слова: квантова криптографія, квантові стани, однофотонність.

I. Вступ

Незважаючи на інтенсивний розвиток науки і техніки, повноцінний квантовий комп'ютер досі не створений. Мрії про швидкі обчислення і абсолютно надійні ключі вилилися в ідею квантової криптографії і квантово-криптографічних систем. Хоча квантового комп'ютера на сьогодні поки не існує (в надійному і прийнятному для користувача вигляді), квантова криптографія знайшла своє застосування і без нього. Введемо деякі нові поняття для квантової системи. Традиційно передавача називають Алісою, приймача інформації Бобом, а зловмисника Євою. У даній системі ми вводимо поняття синхронізуючих та інформаційних фотонів. Інформаційний фотон носій інформації, який передає основну (корисну) інформацію. Синхронізуючий фотон це фотон, який необхідний для синхронізації дій Аліси і Боба і є точкою відліку при передачі ключової послідовності. Потрібно підкреслити необхідність і корисність даного кроку: якщо Єва потрапить в канал передачі інформації, то не знаючи попередньої домовленості учасників передачі, вона жодним чином не відрізняє інформаційний фотон від синхронізуючого.

II. Принципи квантової криптографії

Ми розробили квантово-криптографічну систему, яка генерує тільки ортогональний базис. Як показано на рис.1, система має три напівпровідникових діодних лазера, два з яких необхідні для генерації інформаційних фотонів, і ще один для генерації фотонів синхронізації. Звичайно, лазер повинні бути термостабілізовані. З персонального комп'ютера для початку і завершення генерації випромінювання на лазері подаються керуючі сигнали. Лазер 1 і лазер 2 з'єднані між собою Y-подібним перехідником [1] для того, щоб відсіяти необхідність використання більшої кількості приладів для одного базису. Після розгалужувача встановлений атенуатор, який послаблює пучок, випромінений лазером, і забезпечує необхідний ступінь однофотонності. Після атенуатора ми отримали «живий матеріал», з яким можна працювати і задавати потрібні параметри. Фазовий модулятор задає фазу для пучка, а поляроїд П1 задає поляризацію. Через такі ж операції проходить і пучок, згенерований лазером 3 для синхронізації. Потім випромінювання потрапляє на спеціальний пристрій оптичний розгалужувач Х-типу. Фотон потрапляє на систему хвильових пластинок, які змінюють фазу фотона так, як того вимагає домовленість між Алісою і Бобом перед передачею даних. Тобто система хвильових пластинок дасть нам такий поворот фази, про який знатимуть лише учасники інформаційного обміну. Фазові детектори знімають фазу частинки, а поляризаційні призми

- поляризацію. Далі промінь потрапляє на лавинні фотодіоди, які й реєструють прихід частинки. Перед початком передачі ключовою послідовності учасники інформаційного обміну Аліса і Боб проводять попередню домовленість. У даній системі Алісі та Бобу необхідно домовитися про фазу фотона, який генерує Аліса, і заданні часових інтервалів між парами синхронізаційний фотон - інформаційний фотон. Може виникнути питання, навіщо потрібно задавати послідовність фази фотонів, які будуть генерувати Аліса. У даній гібридній системі ми використовуємо прогнозування в часовій і фазовій областях. На приймальній стороні, як видно з рис.1, є система хвильових пластинок. Вона необхідна для забезпечення повороту фази фотона на певний кут. Аліса і Боб знають технологічні характеристики системи і таким чином можуть спрогнозувати, яку фазу ми отримаємо на виході. Якщо Єва перехопить такий фотон і застосує атаку типу вимір - пересилання, то ця спроба підробки ключа провалиться, оскільки вона не знає, на який кут має змінитися фаза завдяки системі хвильових пластинок. Також, в системі велику роль відіграє час і часові затримки, про які Єва, до речі, не знає нічого. І якщо вона і перехопить хоч шматочок ключовий послідовності, то точно не зможе сказати, де інформаційні біти, а де синхронізаційні. Перший синхронізаційний фотон дає початок сеансу зв'язку для генерації секретної послідовності. Час запуску фотонів, затримки і час спокою був обговорений Алісою і Бобом перед початком сеансу зв'язку. Після попередньої домовленості, сторони інформаційного обміну починають передачу ключової послідовності. Спочатку вмикається напівпровідниковий лазер 3 для генерації синхроімпульсу. Він проходить відповідні стани приготування (послаблення випромінювання на атенуаторі, створення нових значень фази і поляризації) і потрапляє в квантовий канал передачі даних. Основною інтригою гібридної криптосистеми є оптичний світлорозгалужувач.

Оптичний розгалужувач – пасивний оптичний багатополюсник [1]. В системі використовується розгалужувач Х-типу (рис. 2). Як видно з рисунку, в розгалужувачі вхідними є порти 1 і 3, а вихідними – 2 і 4. Нашою основною задачею було спрогнозувати як поведе себе промінь при попаданні на різні вхідні порти розгалужувача. Тобто, по можливості зробити ряд розрахунків і тоді Боб, знаючи красві умови Аліси, зміг би спрогнозувати через який порт розгалужувача вийде світловий потік. Розповсюдження світла в розгалужувачі визначається розподілом потужності між вихідними портами пристрою. Порт, через який проходить більша частина потужності називається основним, а інший порт, на який приходить менша частина потужності, називається заглушеним. В основному в волоконній оптиці застосовуються звичайні розгалужувачі 2X2 з характеристиками 50/50, тобто світло рівномірно ділиться між виходами 2 і 4. Але в даному випадку такий розгалужувач для даної системи не несе ніякої користі, оскільки нам необхідно спрогнозувати на який саме порт потрапить фотон.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

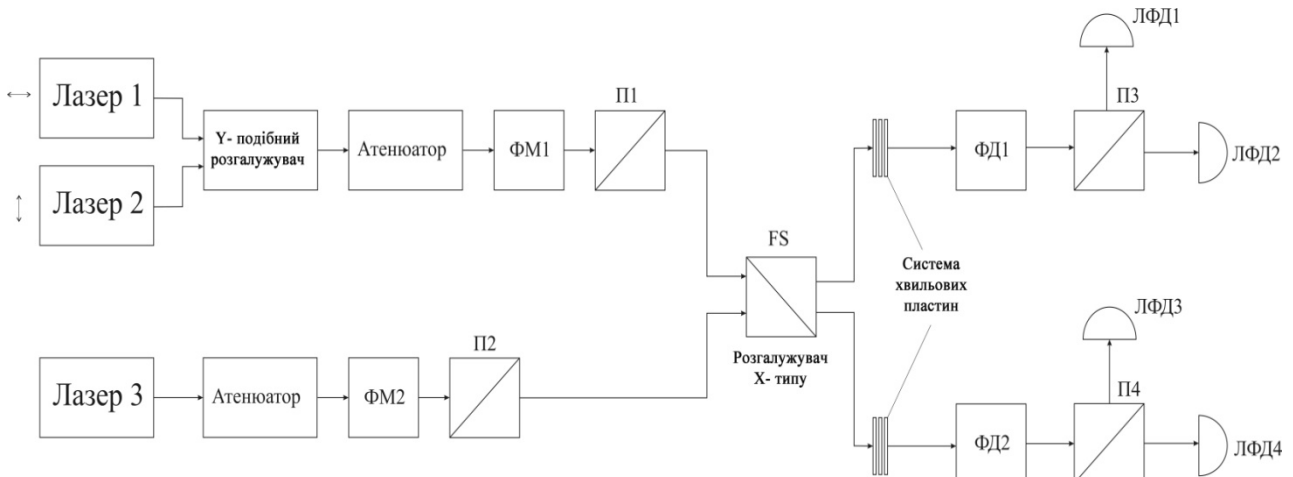


Рис. 1. Структурна схема комбінованої системи: ФМ- фазовий модулятор; П – поляризатор; ФД – фазовий детектор; ЛФД – лавинний фотодіод

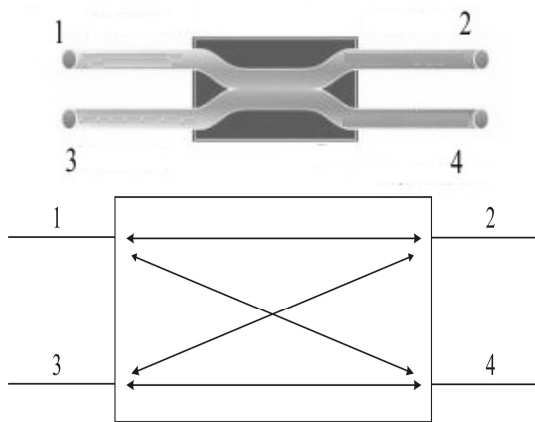


Рис. 2. Схематичне зображення розгалужувача Х типу

Зараз ринок волоконної оптики дозволяє зробити неможливі речі дійсними, тому для побудови такого розгалужувача необхідна спеціальна технологічна конструкція. Також можна застосувати і різноманітні конфігурації оптичних розгалужувачів, наприклад розділення вхідного світла 45/55, 25/70, 20/80 і т.д.

Після світлорозгалужувача фотон потрапляє на приймальну частину Боба і завершує місію. Синхронізуючий фотон є сигналом, який говорить про те, що через деякий час необхідно випускати інформаційний фотон.

Оскільки для секретності передачі необхідна наявність не більше одного фотона в кожному лазерному імпульсі, то до фотодетекторів приймальної частини ставляться високі

вимоги. Вони повинні володіти високою квантовою ефективністю реєстрації, малими шумами і достатньо високою швидкістю підрахунку. На сьогоднішній день найкращими одно фотонними детекторами є лавинні фотодіоди.

III. Висновки

Гібридна квантово-криптографічна система з можливостями прогнозування жорстко закріплює параметри фотона і дозволяє ними керувати, забезпечуючи тим самим підвищення секретності ключової послідовності. Звичайно, квантові криптографічні системи зв'язку не є панацеєю від витoku інформації, але надають достатній рівень захисту для використання в мережах зв'язку.

IV. Список літератури

- [1] Оптические разветвители — использование в ВОЛС/ [Электронный ресурс]. 2011— Режим доступа: <http://fibertool.ru/articles/pon/optical-splitters.html>

COMBINING THE CHARACTERISTICS OF A QUANTUM CRYPTOGRAPHIC SYSTEMS IN THE INTEGRITY COMPLEX DATA

Bolonna E.I., Shpatar P.M.

Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The article is dedicated to modern methods of data transfer in quantum systems. The authors offer hybrid transmission system of quantum algorithm. System eliminates availability drawbacks of other quantum systems. In this hybrid system is used prediction and temporal phase domain for transmission information.

UPGRADE OF ANTI-FRAUD SYSTEM

Usevich I.O.¹, Eliashiv O.M.²

¹School of Electrical Engineering, Aalto University, Espoo Finland, E-mail: ihor.usevych@aalto.fi

²Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, E-mail: melyart11@gmail.com

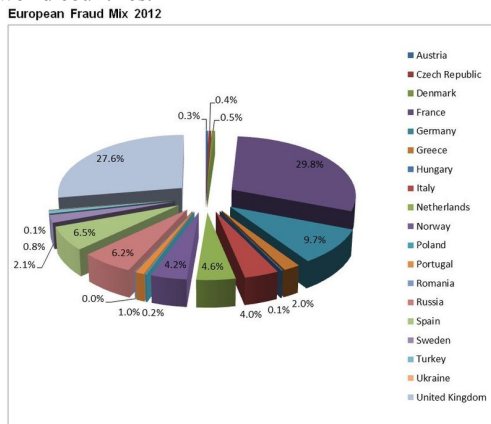
Abstract. – This abstract reveals the modern problem such as online fraud and proposes some partial methods of anti-fraud system upgrade. Adding points is result of checking my anti-fraud system, isn't perfect, so we propose anti-fraud upgrade that include new checking rules to anti-fraud system.

Key words: anti-fraud system, merchant, payment.

I. Introduction

Nowadays an increasing relevance of services via the Internet, causes a large number of online stores [1]. Also, a huge number of online services propose to move your real store to online. For example, so powerful site like shopify.com can help you to create your online store in a few clicks on same name CMS (Content Management System) and connect processing payment system (Merchant).

An increasing number of online stores lead to increasing fraudulent operations. This type of fraud leads in unauthorized and distant using of confidential and payment data of victim, to make online transaction by third party. The last ones harm on-line business, which leads in loosing goods and finances, falling profits and rating. On the Fig.1 research graph of FICO Company is shown, it shows percentage of fraudulent transactions in some world countries.



Source: FICO™ Banking Analytics Blog. Data provided by Euromonitor International.

Fig. 1 Research data of FICO

The purpose of this work is drawing attention to online fraud as a problem, and proposing partial solutions.

II. System algorithm

Processing centers (Merchant Payment Processing) use anti-fraud systems to protect themselves. Among the largest and the most experienced European processing centers are World Pay RBS and SagePay.

To proceed transaction customer and his confidential data follows the way described below.

According to Fig. 2. There are 5 main procedures:

1. Customer entering his billing and shipping addresses. Data saving in store database.
2. Customer redirecting to merchant to make payment.
3. Transaction authorizing in customer's bank.
4. If transaction approved by the bank, anti-fraud system starting to check it.

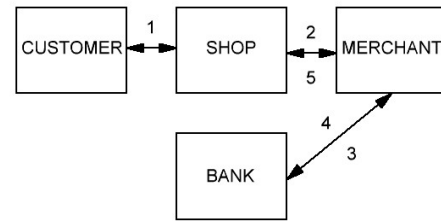


Fig. 2. Scheme of payment

5. Customer gets the answer Approved or Declined

We are interesting in procedure number five. Let's look into the issue more thoroughly.

So, in transaction process, merchant gets information, not only typing by customer, but using data like IP, checking proxy-server in-use, is billing country belongs to IP-country and other.

System itself is a totality of checkpoints, that results into the amount of points. System calculates them and makes a decision on carrying out the payment. Nowadays, this system isn't perfect at all, as evidenced by results in the beginning. I propose some steps for system upgrading.

In general cases:

a) To add name and surname checking payment data concurrent by the first letter of words, on the same checking level with billing address. This significantly lower possibility of on-line fraud for stores, which sells not electronic goods, because first letter of name and surname must be concurrent with the first letters of goods receiver.

b) To add checking of concurrence of the billing-country of card and the country of card that was used for transaction. This can be realized by using bin-base.

c) Create a virtual group of transaction, that will include those requiring additional checking on a basis of the sum of points calculated during transactions procedure

In doubtful cases:

a) To add request for transaction code. This is an unique code, generated by the bank and assigned for any separate transaction. (It can be found by calling to the bank, or in online banking.

b) To add customer verification using web-camera. The bottom line is very simple, customer must, using web-camera show his credit card, which used for transaction. This method replace photo verification, because photo can be falsified with using photo editors.

III. Conclusion

Fast analyzing of anti-fraud system show that it isn't perfect. Changes, that we are propose, increase anti-fraud protection level for state companies. Availability of additional functions increasing level quality of system and does not affect the time of functioning.

IV. References

- [1] S. Zhirihin. Sovremennye metody protivodejstviya kartochnomu moshennichestvu i ih vlijanie na biznes-processy internet-magazina, 2013.

ЕЛЕМЕНТИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ

Дудикевич В.Б., Микитин Г.В., Крет Т.Б.

Кафедра захисту інформації, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: vdu-
dykev@gmail.com, cosmos-zirka@ukr.net, kret.tb@gmail.com

Анотація. – Розглянуто підхід до забезпечення захищеності інтелектуальних систем керування (ІСК) на основі застосування експертних систем (ЕС) на етапах проектування, побудови та експлуатації. Запропоновано використовувати методологію безпеки інформаційних технологій (ІТ) для забезпечення захисту інформації в ІСК. Проаналізовано вимоги до функціональної безпеки програмного забезпечення ІСК.

Ключові слова: захист інформації, інформаційні технології, експертна система, інтелектуальна система керування програмне забезпечення, функціональна безпека.

I. Вступ

Безпека ІСК, які ґрунтуються на механізмах системного оброблення знань (штучні нейронні мережі, нечітка логіка, експертні системи, еволюційні методи і генетичні алгоритми) залежить від сукупності організаційних, інженерних і програмно-апаратних засобів. Невід’ємною частиною етапів розроблення, налаштування та експлуатації ІСК є – врахування комплексу загроз і вразливостей, що обумовлюють імовірні атаки на системи керування та застосування вимог до функціональної безпеки, зокрема програмного забезпечення [1].

II. Комплексна система безпеки інформаційних технологій для задач управління

ІСК має ознаки, як автоматизованих систем управління (АСУ), так і систем автоматичного керування (САК), що залежить від умов застосування. Тісний взаємозв’язок між АСУ та САК, а також застосування ЕС, СППР, ІАС при розробленні ІСК, дозволяє застосувати методологію безпеки інформаційних технологій до ІСК (рис. 1) [2]. Для підвищення захисту інформації в ІСК їх слід розглядати в контексті ІТ, де ймовірність впливу загроз на захищену ІТ буде можлива у випадку подолання всіх рівнів захисту. Методологія захисту ІТ ґрунтується на системній, нормативній та комплексній моделях захисту даних.

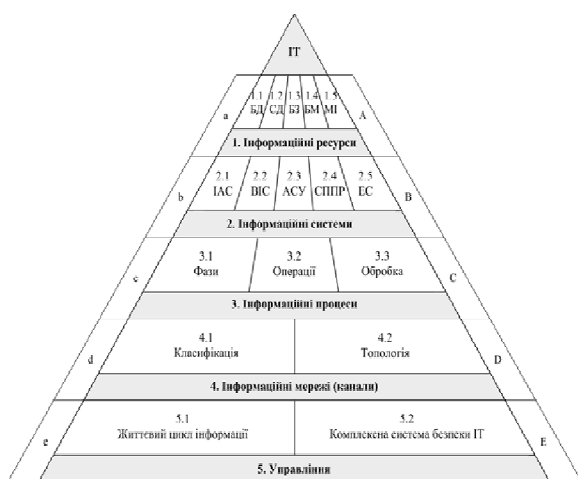


Рис. 1. Методологія безпеки ІТ

Структура методології безпеки ІТ створена на основі концепції “об’єкт – загроза – захист” на рівні: інформацій-

них ресурсів (ІР), інформаційних систем (ІС), інформаційних процесів (ІП), інформаційних мереж (ІМ(К)), управління (У). Комплексний захист інформації в ІТ передбачає заходи і засоби, які реалізують способи, методи, механізми для виявлення, блокування та нейтралізації несанкціонованих дій та доступу до інформації, а також її витоку технічними каналами.

ІСК є одним з видів АСУ та може бути реалізована для певних задач на основі експертної системи. Це передбачає застосування механізмів ФБ, зокрема програмного забезпечення ІСК.

III. Експертна система, як технологія побудови ІСК та вимоги до функціональної безпеки

Для реалізації задач діагностики, прогнозування, контролю та управління експертна система є однією з технологій створення ІСК (рис. 2).

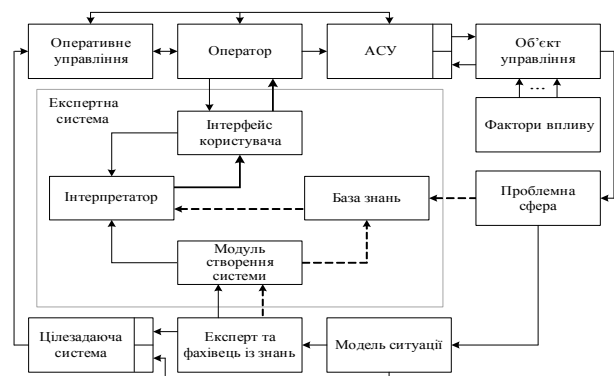


Рис. 2. Структура ЕС, як технології реалізації ІСК

До факторів впливу на функціональну безпеку (ФБ) програмного забезпечення комп’ютерних систем, зокрема ІСК, відносять [3]:

1. Дефекти програмного забезпечення

1.1. Порушення у реалізації функцій ПЗ

Критерії оцінки:

- Відсутність дефектів у реалізації функцій ПЗ;
- Повнота реалізації функцій ПЗ;

1.2. Порушення у реалізації структури ПЗ

Критерії оцінки:

- Коректна реалізація модульної структури;
- Коректна реалізація принципів об’єктно-орієнтованого програмування;
- Відповідність програмного коду встановленим правилам програмування;
- Коректна реалізація структури потоків керування і потоків даних програмного коду;

1.3. Порушення у застосуванні раніше розробленого та комерційного ПЗ

Критерії оцінки:

- Розроблення ПЗ згідно з вимогами до критичних програмних продуктів;
- Доступність програмної документації;
- Позитивність історії застосування ПЗ;
- Виконання оцінки можливості застосування ПЗ у нових умовах;

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

- Проведення верифікації ПЗ;
- 1.4. Порушення у застосуванні системного ПЗ
Критерії оцінки:
 - Ідентифікація функцій, які відповідають вимогам до ПЗ;
 - Усунення впливу додаткових функцій;
- 1.5. Порушення у структурі життєвого циклу ПЗ
Критерії оцінки:
 - Реалізація поетапного розроблення і верифікації ПЗ;
 - Реалізація допоміжних і підтримуючих процесів життєвого циклу ПЗ;
- 1.6. Порушення у розробленні програмної документації
Критерії оцінки:
 - Повнота програмної документації;
 - Доступність програмної документації для розуміння;
- 1.7. Порушення у застосуванні інструментальних засобів
Критерії оцінки:
 - Апробованість комерційних інструментальних засобів;
 - Проведення верифікації інструментальних засобів власного розроблення;
- 1.8. Порушення у проведенні верифікації ПЗ
Критерії оцінки:
 - Повнота виконаного аналізу програмної документації;
 - Повнота виконаного тестування ПЗ;
 - Незалежність верифікації від розробників ПЗ;
 - Усунення всіх виявлених недоліків;
 - Повнота документації з верифікації;
 - Доступність документації з верифікації для розуміння;
- 2. Збої і відмови технічних засобів
- 2.1. Порушення у реалізації програмних засобів контролю і діагностування
Критерії оцінки:
 - Реалізація необхідної повноти, глибини і оперативності контролю та діагностування ПТК;
 - Реалізація алгоритмів самодіагностування ПЗ;
 - Відсутність впливу програм контролю і діагностування на виконання основних функцій ПЗ;
 - Реалізація реєстрації, зберігання і відображення даних про результати контролю й діагностування;
- 2.2. Порушення у реалізації процедур відновлення після збоїв і відмов технічних засобів
Критерії оцінки:
 - Реалізація алгоритмів відновлення працездатності ПЗ і ПТК;
- 3. *Перекручування та вихід за припустимі межі значень вхідної і вихідної інформації*
Критерії оцінки:
 - Захищеність даних від перекручувань і втрат;
 - Контроль вірогідності даних;
 - Оброблення виключень;
 - Реалізація алгоритмів оброблення вхідної інформації;
- 4. *Помилки персоналу*
- 4.1. Порушення у реалізації операторського інтерфейсу
Критерії оцінки:
 - Зрозумілість операторові функцій ПЗ;
 - Пристосованість ПЗ до використання оператором;
 - Повнота користувальницької документації;
- 4.2. Порушення у реалізації процедур захисту від помилок персоналу
Критерії оцінки:
 - Оброблення ситуацій, пов'язаних з помилками персоналу;
- 4.3. Порушення у конфігурації ПЗ і технічних засобів
Критерії оцінки:
 - Реалізація процесу конфігураційного керування;
- 5. *Навмисні порушення інформаційної безпеки*

- 5.1. Порушення у реалізації засобів захисту від несанкціонованого доступу
Критерії оцінки:
 - Реєстрація доступу до даних;
 - Контроль доступу до даних;
 - Реалізація алгоритмів захисту даних;
 - 5.2. Порушення у реалізації засобів захисту від вірусів
Критерії оцінки:
 - Реалізація процедур захисту від вірусів.
- Методи забезпечення ФБ програмного забезпечення ІСК:*
- 1.1. Методи розроблення;
 - 1.2. Методи верифікації;
 - 1.3. Методи, пов'язані з реалізацією процесів життєвого циклу ПЗ;
 - 2.1. Контроль і діагностування;
 - 2.2. Відновлення і ре конфігурація;
 - 3.1. Контроль вірогідності даних;
 - 3.2. Оброблення вхідної інформації;
 - 4.1. Реалізація ергономічного інтерфейсу;
 - 4.2. Оброблення ситуацій, пов'язаних з помилками персоналу;
 - 5.1. Організаційні методи захисту;
 - 5.2. Методи фізичного захисту;
 - 5.3. Застосування програмних паролів доступу;
 - 5.4. Застосування антивірусних програм;
 - 5.5. Застосування алгоритмів шифрування інформації.

IV. Висновки

Представлено методологію безпеки ІТ для задач управління. Розглянуто архітектуру експертної системи у контексті технології побудови ІСК та проаналізовано вимоги до функціональної безпеки програмного забезпечення ІСК на рівні структури “фактори впливу – критерії оцінки – технології захисту”.

V. Список літератури

- [1] Дудикевич В. Б. Аналіз безпеки багаторівневих інтелектуальних систем керування / В. Б. Дудикевич, Т. Б. Крет // Тези доповідей VI міжнародної НПК «Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії». – Харків, 17-18 квітня 2014 р. – Т. 2. – С. 249.
- [2] Методологія захисту інформаційних технологій / [Дудикевич В. Б., Сікора Л. С., Микитин Г. В., Рудник О. Я.] // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”, Автоматика, вимірювання та керування. – 2012. – № 741. – С. 64–70.
- [3] Вимоги до функціональної безпеки програмного забезпечення програмно-технічних комплексів критичного призначення: СОУ-Н НКАУ 0058:2009. – [Чинний від 2009-06-30]. – К.: НКАУ, 2009. – 57 с. – (Настанова національного космічного агентства України).

ELEMENTS OF INFORMATION SECURITY IN INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS

Dudykevych V.B., Mykytyn H.V., Kret T.B.
Information Security Department, Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine

The approach to ensuring the protection of intelligent control systems (ICS) based on the application of expert systems (ES) at the stages of design, construction and operation. Improving information security in the ICS should be considered in the context of IT. It is proposed to use the methodology information security of information technologies (IT) to ensure information security in the ICS.

ICS is one of the types of automated control systems, which allows to apply the same methods of protection. The factors influencing functional safety are: the software defects; the faults and failures of technical equipment; distortion and output within the valid range of values of input and output information; human errors; willful violations of information security.

ДО ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Дудикевич В.Б., Пашук О.В., Микитин Г.В.

Кафедра захисту інформації, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,
E-mail: vdudykev@gmail.com, pashuk.ostap@gmail.com, cosmos-zirka@ukr.net

Анотація. – Проаналізовано комплексну проблему створення інформаційних технологій (ІТ) у галузі альтернативної енергетики відновлювальних джерел, зокрема вітрових, на рівні “функціонування – безпека”. У цьому контексті розроблено структуру комп’ютерної системи контролю параметрів вітрових потоків та методику розрахунку прогнозованого виробітку енергії, як підтримки для побудови вітроенергетичних станцій (ВЕС). Розглянуто засади функціональної та інформаційної безпеки комп’ютерної системи контролю параметрів.

Ключові слова: альтернативна енергетика, ІТ, ВЕС, комп’ютерна система, контроль, параметри повітряного потоку, функціональна та інформаційна безпека.

I. Вступ

Альтернативні джерела енергії – засіб збереження природних енергетичних ресурсів (нафти, природного газу, вугілля тощо) та покращення екологічної ситуації. Розвиток вітроенергетики, яка вважається однією з найперспективніших галузей альтернативної енергетики, відбувається особливо динамічно, оскільки використання такого виду енергії чинить найменший вплив на навколишнє середовище та може використовуватись в місцях, де інші види енергії недоступні або їх використання є неможливим. З розвитком альтернативної енергетики актуальним стає питання вибору ефективних площадок для встановлення ВЕС. Ефективність виробітку енергії і правильність розташування вітротурбінних генераторів (ВТГ) вимагає тривалого попереднього збору та обробки інформації безпосередньо на заданій площадці [1]. Водночас актуальним є питання забезпечення функціонування та інформаційної безпеки систем контролю, розвиток яких дасть підстави для створення енергозберігаючих технологій та їх безперервної роботи [2].

II. Інформаційна технологія контролю параметрів повітряного потоку: апаратно-програмне забезпечення та загрози безпеці

Запропонована ІТ призначена для визначення швидкості та напрямку вітрових потоків в системі реального часу, передачі та обробки даних для подальшого аналізу та визначення прогнозованого виробітку енергії і, на цій основі, оцінки доцільності будівництва ВЕС та вибору типу ВТГ, ефективних для встановлення на заданій площадці. Метод реєстрації даних передбачає розміщення сенсора-анемометра та флюгера на висоті 27 м, що зумовлено розташуванням нижньої точки колеса ВТГ на даній висоті та передачі отриманих даних на сервер. Комп’ютерна система реєстрації параметрів вітру складається з: анемометра та флюгера Девіс (*Davis Instruments Corp.*) (метеопост); блоку управління та передачі даних; сенсорів температури та сенсорів системи охорони (рис. 1).

Блок управління реалізований на RISK мікропроцесорі AtMEGA16U та модулі передачі даних по технології GPRS (SIM900). Блок-схема алгоритму реєстрації даних представлена на рис.2. Передача даних на сервер здійснюється за методом GET HTTP. Живлення системи автономне, реалізоване на імпульсному перетворювачі напруги 6-48V – 5V, що дозволяє використовувати акумуляторну батарею (АКБ)

12V 18A та забезпечує роботоздатність системи протягом 25 діб. Також встановлено додатковий літій-іонний акумулятор 3,7V 1500mA для забезпечення аварійного живлення протягом трьох діб та передбачено моніторинг стану АКБ. Обладнання встановлюється на вищій телескопічного типу висотою 27м.

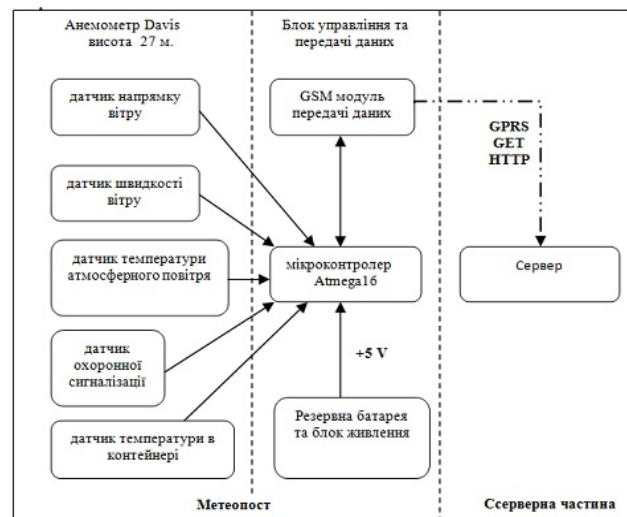


Рис. 1. Структурна схема комп’ютерної системи контролю параметрів повітряного потоку

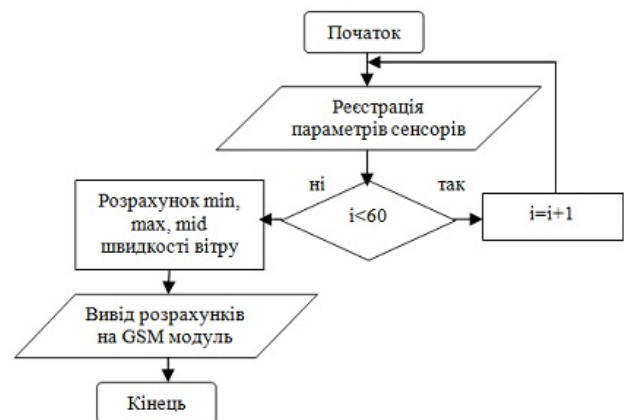


Рис. 2. Алгоритм-програма реалізації процедури реєстрації даних

Серверна частина ІТ реалізована з використанням: відкритого програмного забезпечення (*Open-source software*) ОС UNIX, бази даних MySQL, HTTP-сервер Apache, PHP, Perl та апаратного забезпечення HP ProLiant ML110 G7. Дані з метеопоста реєструються в базу даних та відображаються у вигляді автоматизованої побудови графіків і рози вітрів, що у свою чергу дає можливість візуального спостереження за роботою анемометрів. Подальший збір та аналіз цих даних є підставою для розрахунку оптимальної потужності ВТГ та розташування їх по площадці ВЕС в залежності від рози вітрів.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

Процес функціонування створеної ІТ передбачає такі елементи загроз на рівні структури “метеопост – комп’ютерна система контролю повітряних потоків – канал передавання даних”:

- відключення (виведення з ладу) підсистем забезпечення функціонування системи (електроживлення, ліній зв’язку і т. і.);
- фізичне руйнування системи або виведення з ладу найважливіших її компонентів;
- відмови програмного та апаратного забезпечення;
- порушення роботи (випадкове або навмисне) системи або її частин;
- електромагнітне випромінювання;
- відключення або виведення з ладу підсистем забезпечення інформаційної безпеки автоматизованої системи;
- незаконне отримання паролів та інших реквізитів розмежування доступу з подальшим маскуванням під законного користувача;
- злам шифрів криптографічного захисту інформації;
- відмови в обслуговуванні;
- порушення доступу до системи або її функціональних елементів;
- алгоритмічні помилки при проектуванні системи;
- неможливість або небажання обслуговуючого персоналу та/або користувачів виконувати свої обов’язки (цивільні безлади, аварії на транспорті, терористичний акт, страйк і т. і.).

III. Засади функціональної та інформаційної безпеки інформаційної технології

Відповідно до розглянутих загроз структурі “метеопост – комп’ютерна система – життєвий цикл інформації – канал зв’язку” розвивається методологія їх функціональної та інформаційної безпеки. Функціональна безпека (ФБ) (*software functional safety*) ІТ – придатність програмного забезпечення досягати прийнятного рівня ризику для здоров’я людей, майна або довкілля у даному контексті застосування [3]. Функціональна безпека ІТ передбачає захист даних на рівні “невизначеність – відмова – аварія”, а інформаційна безпека на рівні “витік – модифікація – втрата”. Розглянемо елементи забезпечення функціональної та інформаційної безпеки для комп’ютерної системи контролю параметрів повітряного потоку:

- законодавчі та нормативні засади;
- методологічні засади;
- наукові засади: технічні (апаратний, фізичний рівень); програмні.

Програмні засоби забезпечення безпеки:

- здійснення за допомогою спеціалізованих давачів автоматизованої процедури виявлення та протидії атакам;
- стикування із зовнішніми корпоративними та комерційними інфраструктурами відкритих ключів, побудованими за стандартами відкритих систем;

- контроль та обмеження доступу;
- захист від несанкціонованого доступу;
- резервне копіювання даних;

Апаратні засоби забезпечення безпеки:

- установка джерел безперебійного живлення;
- використання власних аварійних електрогенераторів або резервних ліній електроживлення;
- захист від стихійних лих;

- використання обладнання з малим рівнем випромінювання;

Апаратно-програмна безпека забезпечується :

- на рівні відбору даних – метеопост;
- на рівні реєстрації та обробки даних – комп’ютерна система та життєвого циклу інформації;
- на рівні передавання даних – канал (мережа) зв’язку;

Системний підхід до безпеки запропонованої ІТ відповідно до структури “метеопост – комп’ютерна система – канал зв’язку” дозволить забезпечити функціональну та інформаційну безпеку на рівні “надійність – конфіденційність – цілісність” згідно з концепцією “об’єкт – загроза – захист”.

IV. Висновки

Створено інформаційну технологію контролю параметрів повітряного потоку, яка спрямована на оцінювання даних та прийняття рішень щодо встановленню ВЕС на вибраній площадці. Розглянуто засади функціональної та інформаційної безпеки комп’ютерної системи контролю параметрів вітрових потоків. Проаналізовано елементи функціональної та інформаційної безпеки структури “метеопост – комп’ютерна система – канал GPRS”, які забезпечують конфіденційність, достовірність та цілісність інформації на кожному з рівнів та в цілому.

V. Список літератури

- [1] Посудін Ю. І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища [Текст]: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Ю. І. Посудін. – Київ: [б. в.], 2013. – 354 с.
- [2] Методологія захисту інформаційних технологій / [Дудикевич В. Б., Сікора Л. С., Микитин Г. В., Рудник О. Я.] // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”, Автоматика, вимірювання та керування. – 2012. – № 741. – С. 64–70.
- [3] Галузева система управління якістю. Гарантоздатність програмно-технічних комплексів критичного призначення: СОУ-Н НКАУ 0060:2010. – [Чинний від 2010-04-01]. – К.: НКАУ, 2010. – 60 с. – (Галузевий стандарт України).

INFORMATION SECURITY PROBLEMS IN SYSTEM MONITORING OF WIND FLOW

Dudykevych V.B., Pashuk O.V., Mykytyn H.V.¹

¹Information Security Department, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine.

At present, the development of alternative energy was a question of choice of effective platforms for installing wind power stations. System monitoring of wind flows, which was used to determine the speed and direction of wind flow in real-time transmission and processing of data for further analysis and determination of wind potential and assess the feasibility of building wind power plants and select the turbines type (Wind Turbine Generator, WTG), effective for installation in a given area. This paper describes the elements of threats to computer system controls air flows and propose of realization information security system - protection against unauthorized removal or damage, equipment faults, software defects. The goal of this system is real time monitoring of wind flows, data transfer is carried out every minute using GSM network that enables real-time calculation of the predicted output energy and it also enables to track efficiently the possible failures of the equipment and to detect tampering. Assessment of performance of wind farms suggests the presence of wind potential at the site of the proposed wind farm before the installation. Thus, applied a systematic approach in creating software functional safety and information security in suggested information technology.

МЕТОД МАРШРУТИЗАЦІЇ У БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Войтович О. П., Пшеченко Д. С.

Кафедра захисту інформації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, E-mail: o_voityovych@mail.ru

Анотація. – Запропоновано покращений метод маршрутизації пакетів у бездротових сенсорних мережах на основі використання як остаточного рівня енергії та показника безпеки, так і міток оптимальних маршрутів.

Ключові слова: бездротові сенсорні мережі, маршрутизація повідомлень, рівень остаточної енергії, показник довіри.

I. Вступ

Бездротові сенсорні мережі (БСМ) розвиваються швидкими темпами і в недалекому майбутньому займуть домінуюче місце серед систем збирання й передавання інформації, в тому числі в системах захисту інформації (системи оборони і забезпечення безпеки, охоронні системи, пожежна сигналізація, моніторинг фізіологічного стану людини, контроль персоналу). БСМ - це множина сенсорів, які здатні зчитувати (приймати) певну інформацію, перетворювати її в електромагнітні сигнали, передавати їх в ефір, приймати сигнали від сусідніх сенсорів і повторно передавати їх в ефір. Таким чином у зоні дії БСМ забезпечується поширення інформації і передавання її у потрібному напрямку оптимальним шляхом. Розширення зон використання БСМ вимагає роботи над їх удосконаленням. Зокрема необхідно постійно збільшувати рівень захищеності: сенсорів від фізичного виведення із ладу, сигналів від спотворення і знищення, інформації від розшифрування і викрадення [1-3].

II. Метод маршрутизації у БСМ

Аналіз джерел [1-3] показав достатньо велику кількість методів виявлення атак на БСМ. Кожний метод має свої переваги та недоліки. Особливо цікавим є метод на основі моделі захищеної кластерної БСМ [4], яка враховує базові показники сенсорної мережі (зокрема кількість прийнятих, відправлених та відхиленних пакетів) для визначення достовірності вузла. Проте запропонований метод має ряд недоліків, зокрема порівняно великий час на попередні розрахунки показників безпеки та рівня остаточної енергії вузла.

Запропоновано покращення існуючих методів за рахунок поєднання їхніх переваг та доопрацювання алгоритму визначення рівня довіри і достовірності вузла: при обранні маршруту між декількома вузлами враховується їх остаточний заряд, показник довіри і мітки успішних маршрутів. Обирається той вузол, у якого ці показники будуть оптимальними. Використання міток оптимального маршруту дозволить частково скоротити час на попередні розрахунки і покращить захист БСМ.

Алгоритм роботи мережі з урахуванням додаткового показника довіри та вибором за мітками оптимального маршруту такий.

Визначається вузол з найбільшою міткою. Якщо немає таких вузлів, для всіх сусідніх вузлів визначається рівень заряду і рівень довіри:

- 1) Розрахунок остаточної енергії вузлів Ренерг.
- 2) Визначення кількості переданих, прийнятих та відхиленних пакетів вузлами за час t .
- 3) Встановлення додаткового показника довіри Рдов за кількістю пакетів (прийнятих, відправлених та відхиленних) за час t з урахуванням рівня остаточної енергії Ренерг.
- 4) Розрахунок довіри з урахуванням Рдов.

5) Вибір оптимального вузла.

6) Збільшення мітки оптимального маршруту.

Моделювання маршрутизації пакетів у БСМ показало уповільнення передачі пакетів через додатковий розрахунок показника довіри та перевірки таблиці міток, проте при подальшій роботі час на прийняття рішення щодо маршрути зменшується.

III. Висновки

Отже, запропоновано покращений метод визначення рівня довіри до вузла з урахуванням зміни кількості пакетів в часі та з урахуванням зміни остаточної енергії за цей час, а також додаткового показника довіри та міток оптимального маршруту визначених за кількістю переданих, прийнятих або відхиленних пакетів. Запропонований метод дозволить покращити безпеку передачі даних у системах захисту інформації на основі сенсорних мереж.

IV. Список літератури

- [1] Чиж В. Класифікація атак на бездротові сенсорні мережі і шляхи їх візуалізації / Чиж В., Карпінський М., Балабан С. // Вісник ТНТУ. — 2012. — Том 66. — № 2. — С.191-197.
- [2] Бершадский А. М., Курилов Л. С., Финогеев А. Г. Обзор методов маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2012. №1. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-marshrutizatsii-v-besprovodnyh-sensornyh-setyah>.
- [3] Кузьмін О., Мицько О., Грицак В. Класифікація протоколів маршрутизації у безпроводних сенсорних мережах. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/7898/1/39.pdf>
- [4] Е. С. Абрамов, Е. С. Басан. Разработка модели защищенной кластерной беспроводной сенсорной сети // Известия ЮФУ. Технические науки. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://izv-ti.tti.sfedu.ru/wp-content/uploads/2013/12/5.pdf>

WIRELESS SENSOR NETWORKS ROUTING METHOD

Voityovych O.P., Pshechenko D.S.

Information protection Department Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.

A superior method for routing packets in wireless sensor networks through the use of a final energy level, safety parameters and the best route label is proposed.

Analysis of sources [1-3] is showed a sufficiently large number of methods for detecting attacks on WSN. The method of model-based secure clustering WSN [4] is particular interest. It takes into account the sensor network baseline (including the number of received, sent and ignored packets) to determine the authenticity of the sensors. However, the proposed method has several disadvantages, e.g. bigger time on preliminary calculations of safety parameters and the sensor final energy level.

Improvement of existing methods by combining their strengths and refinement algorithm for determining the level of sensor trust by choosing a route between multiple sensors considered their final energy level, trusted and successful label directions is proposed. The sensor with optimal values is elected. Using optimal route tags will partly reduce the time for preliminary calculations and increase the protection of WSN.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕСТУ НА ПРОНИКНЕННЯ У БІЗНЕС СФЕРІ

Щіпний О.О.¹, Гладун Н.Г.¹, Магалу Д.В.²,

¹ ТОВ “Укрінгруп”, Івано-Франківськ, Україна, E-mail: n.hladun@ukringroup.org.ua

² Івано-Франківське Вище Професійне Училище “Сервісного Обслуговування Техніки”, Івано-Франківськ, Україна, E-mail: dani1991@meta.ua

Анотація. – В роботі проаналізовано та представлено результати проходження тесту на проникнення на базі OSSTMM методу серед 5 резидентів. Встановлено залежності витоків інформації, щодо сфери роботи компанії. Виділені основні причини проникнення в систему та запропоновані ключові напрямки подолання атак.

Ключові слова: OSSTMM, pentest.

I. Вступ

Із розвитком технологій все більш поширенішими стають випадки кіберзлочинності. Першою причиною розвитку кіберзлочинності є прибутковність – вона неймовірно прибуткова. Величезні суми грошей з'являються в кишенях злочинців у результаті окремих великих афер, не говорячи вже про невеликі суми, які йдуть просто потоком. Друга причина росту кіберзлочинності – те, що успіх справи не пов'язаний з більшим ризиком. Втрати світової економіки від злочинів, скоєних за допомогою інтернету, досягли суми в 388 млрд доларів на рік. Про це йдеться в опублікованій у Лондоні доповіді Комісії з внутрішніх справ Палати громад парламенту Великобританії. Під приціл кіберзлочинців попадають як і великі корпорації, так і малі компанії із практично незахищеними системами обміну даних. Основним методом оцінювання захищеності систем є тест на проникнення (англ. penetration test, pentest). Цей метод ґрунтований на моделюванні дій зовнішніх зловмисників з проникненням у неї (які не мають авторизованих засобів доступу до системи) і внутрішніх зловмисників (які мають певний рівень санкціонованого доступу). Цей процес включає активний аналіз системи з виявлення будь-якої потенційної вразливості, що може виникати внаслідок неправильної конфігурації системи, відомих і невідомих дефектів апаратних засобів та програмного забезпечення, чи оперативне відставання в процедурних чи технічних контрзаходах.

II. Проведення та аналіз тесту на проникнення за методологією OSSTMM

Метою тесту на проникнення є виявлення слабких місць в захисті ІС і, якщо це можливо, і відповідає бажанню замовника, здійснити показове проникнення в систему.

Основна задача тесту на проникнення: повністю імітувати дії зловмисника, здійснити атаку на веб-сервер, сервер застосувань або баз даних, персонал, корпоративну мережу. Тестування на проникнення може проводитися як у складі аудиту на відповідність стандартам, так і у вигляді самостійної роботи.

Тестування йде про варіації знаходження речей у програмному забезпеченні та його оточенні, які можуть бути змінені, варіюючи їх, і, бачачи, як програмне забезпечення відповідає на них [1].

Етапи тестування проводились за ключовим режимом Black Box (відомий лише діапазон зовнішніх IP-адрес) Даний підхід максимально наближений до дій хакера, дані про тестовий об'єкт збираються за допомогою відкритих джерел, соціальної інженерії і т.д. Основною методологією являється OSSTMM (Open Source Security Methodology Manual) яка являє собою рецензовану методологію прове-

дення тестів безпеки. OSSTMM випадки тестів діляться на п'ять каналів, які в сукупності тестують: управління інформацією та даними, рівні безпекової обізнаності персоналу, рівні управління шахрайством та соціальною інженерією, комп'ютерні та телекомунікаційні мережі, бездротові пристрої, мобільні пристрої, контроль безпеки фізичного доступу.

Кількість резидентів складає 5 компаній. Власники всіх компаній згодні на проведення даного тесту задля запобігання проникнення в систему у реальних обставинах.

Градація резидентів різноманітних сфер приведена на рис.1.

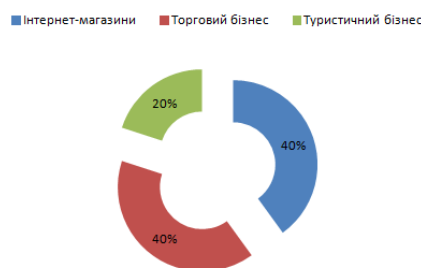


Рис.1. Градація резидентів

Термін проведення аналізу та тестування складає 3 тижні. У ході тестування були знайдені ефективні напрямки проникнення в систему (табл.1). Слід зазначити, що при тестуванні брали участь веб-платформи, поштові сервіси, внутрішні мережі, персонал та фізичне приміщення резидентів [2].

ТАБЛИЦЯ 1
Ефективні напрямки проникнення в систему

Напрямок	Ймовірність проникнення	Резиденти
Почтові сервіси компанії	30%	1
Використання застарілого обладнання	20%	1
Використання не оновленого ПЗ	33%	2
Використання особистих паролів працівників у системі	40%	3
Неналежне адміністрування системи	25%	4
Використання соціальних мереж персоналом	40%	5
Некоректне налаштування мережі	33%	2

Найбільш ефективним напрямком проникнення в систему виявилось використання соціальних мереж персоналом резидентів. Дана обставина зумовлена психологічним розрахунком зловмисників, який націлений на людський фактор більше ніж на програмну систему захисту. Серед дій потенційного зловмисника слід зазначити поширення фік-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

тивних посилань на розважальні файли, які насамперед можуть містити небезпечні програми та скрипти.

Менш ефективним напрямком проникнення є використання особистих паролів працівників у системі компанії. При використанні соціальної інженерії зловмисник насамперед отримує дані про особу, яка працює у резидента. При систематизації даних та проведення детального вивчення можуть бути отримані персональні дані такі як : дата народження , особисті річниці, деталі життя. Кожен пункт може напяму містити логін чи пароль в системі.

При тестуванні була використана модель дій зображена на рис 2.

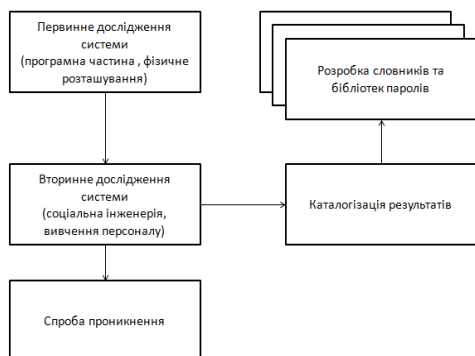


Рис.2. Модель дій при тестуванні

Графік залежності стану виконання від терміну для 5-ти резидентів зображений на рис.3. Градація стану виконання щодо дій приведена в таблиці 3.

ТАБЛИЦЯ 3

Градація стану виконання		
Стан виконання	Етапи	Дія
1-25	5	Первинне дослідження
25-50	3	Вторинне дослідження
50-75	2	Каталогізація та розробка словників
75-100	3	Спроби проникнення

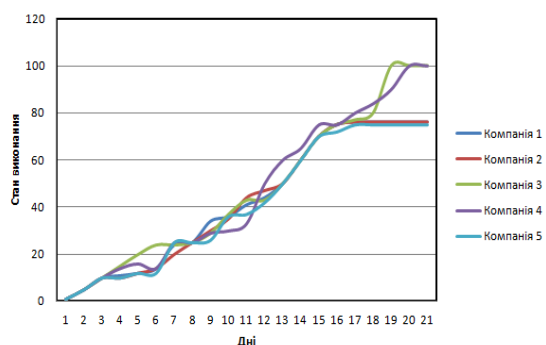


Рис.3. Графік залежності стану виконання від терміну

Виходячи із зображеного графіка можна припустити, що ефективними для проходження являються стан вторинного дослідження і каталогізація. Для забезпечення вищого рівня безпеки запропоновано профілактичні методи та напрямки подолання атак, які приведені у таблиці 4.

Тест на проникнення повинен проводитися на будь-якій комп'ютерній системі, яка буде розгорнута у ворожому середовищі, зокрема, на будь-якому інтернет-сайті, перш ніж він буде діяти. Це забезпечує рівень практичної гарантії того, що зловмисник не зможе проникнути в систему.

Рекомендується щорічно проводити тест на проникнення з метою виявлення нових вразливостей і для підтвердження реалізації рекомендацій, виданих в попередніх тес-

тах. Тест на проникнення може бути початковим етапом аудиту інформаційної безпеки компанії, на підставі якого можливі розробка політики інформаційної безпеки та впровадження систем захисту IT-ресурсів компанії.

ТАБЛИЦЯ 4

Методи та напрямки подолання атак

Назва	Опис
Заборона соц. мереж на робочому місці	Дає змогу уникнути проведенню вторинного дослідження
Постійне оновлення ПЗ	Дає змогу уникнути проведенню первинного дослідження
Амортизаційне урахування на оновлення технічної частини	Уникнення проникнення в мережу компанії
Використання неприязних паролів	Оновлення паролів користувачів раз в 4 місяці, формування на основі псевдовипадкових генераторів
Поповнення тех. персоналу	Уникнення неналежного адміністрування мережі та системи
Глобальні поштові сервіси	Перехід корпоративного поштового сервісу на глобальний (gmail.com,...)

Крім того, тест на проникнення проводиться в рамках аудиту інформаційної системи на відповідність стандарту захисту інформації PCI DSS в індустрії платіжних карт [3].

III. Висновки

Проведено тест на проникнення серед 5 резидентів та складено характеристики витoku інформації, щодо сфери роботи компаній. Виділенні основні напрямки проникнення в систему та запропоновані ключові методи подолання атак.

Реалізовані стани виконання та графічне зображення залежностей стану виконання від терміну дають змогу відмітити основні шляхи вдосконалення безпеки резидентів.

Отримані результати підтверджують необхідність проходження тесту на проникнення як мінімум раз на рік.

IV. Список літератури

- [1] Deborah Russell. Computer Security Basics / Deborah Russell, G. T. Gangemi.—New-York: RepKover,1991. —448p.
- [2] William Stallings. Computer Security: Principles and Practice / William Stallings, Lawrie.—L: NW,2012. —816p.
- [3] Hunt Edward /US Government Computer Penetration Programs and the Implications for Cyberwar/ IEEE Annals of the History of Computing.,2012,-№ 34

EFFICIENCY OF USING PENETRATION TEST IN BUSINESS

Shchipnyy O.O.¹, Hladun N.G.¹, Mahalu D.V.²

¹ LLC "Ukringroup", Ivano-Frankivsk, Ukraine

² Ivano-Frankivsk Higher Vocational School SOT, Ivano-Frankivsk, Ukraine

With advances in technology are increasingly prevalent cases of cybercrime. The first cause of cybercrime is profitability. The main method of evaluating security systems are tested for penetration (Eng. Penetration test, pentest). This method is based on modeling by external attackers to penetrate into it (who do not have authorized access to system tools) and internal intruders (who have some level of authorized access).

In the research include implemented state of action and the graphic representation of the state of dependency on the term enabling which is noted the main ways of improving the safety of residents.

These results confirm the need for penetration testing at least once a year.

АДМІНІСТРАТИВНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ПРАВОПОРУШЕННЯ У СФЕРІ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ: ОКРЕМІ ПРОБЛЕМИ ПИТАННЯ

Бердега В.Ф.¹, Драюк В.М.²

¹Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

²Чернівецька філія МАУП

Анотація. – Стаття присвячена дослідженню поняття та ознак адміністративно-караних правопорушень у сфері комп'ютерних технологій, визначенню напрямків розвитку інституту протидії комп'ютерним правопорушенням у контексті вдосконалення чинного законодавства України.

Ключові слова: комп'ютерні правопорушення та проступки, комп'ютерні делікти та деліктологія.

I. Вступ

Сьогодні констатуємо значну комп'ютеризацію суспільства, зростання ролі та масштабів використання комп'ютерних систем практично у всіх сферах нашої життєдіяльності та, звичайно ж, популярність глобальних комп'ютерних мереж Інтернету. У той же час, паралельно зростає й суспільна небезпечність комп'ютерних злочинів, пов'язаних, перш за все, із викраденням, перекрученням або знищенням комп'ютерної інформації, неправомірним використанням комп'ютерів, умисним порушенням роботи комп'ютерів тощо. Зокрема, тільки у 2006 р. у мережі Інтернет було скоєно біля трьох мільйонів правопорушень. Зараз світова статистика вказує на те, що кіберзлочин скоюється у середньому кожні дванадцять секунд [1].

На думку американських експертів, збиток від одного комп'ютерного злочину в середньому складає від 450 тис. до 1 млрд. дол. США, тоді як одне фізичне пограбування банку обходиться у 3,2 тис. дол. [2, 100].

Останнім часом комп'ютерна злочинність спричиняє набагато більші збитки, ніж торгівля наркотичними речовинами. Як зазначалось на конференції Information Week 500, прибуток від злочинної діяльності у вказаній сфері складає 105 млрд. дол. США на рік, і цей показник невпинно зростає [3].

Окрім цього, спам (розсилка комерційної чи іншої реклами, інших видів повідомлень всупереч бажання власника компютера), віруси (у 2004 р. фахівці зареєстрували їх рекордну кількість – 112438 [4]) та шпигунські програми теж наносять компаніям та приватним користувачам значні фінансові збитки.

Аналогічна ситуація спостерігається і на Україні. За даними Департаменту інформаційних технологій МВС України у 2001 р. виявлено 10 комп'ютерних злочинів, у 2002 р. – 30, у 2003 р. – 66, у 2004 р. – 52, у 2005 р. – 60 [2, 102], а у 2007 р. - уже 678 злочинних діянь, скоєних з використанням засобів комп'ютерної техніки [5].

Тривожним залишається і той факт, що останніми роками у комп'ютерну злочинність втягуються зовсім молоді люди віком 13-16 років. Для прикладу, у 2007 році правоохоронці припинили функціонування міжнародного злочинного угруповання, що спеціалізувалося на зламів Інтернет-сайтів та спричинило збитки у кілька мільйонів доларів. Лідером одного з підрозділів вказаної ОЗГ виявився 17-річний підліток, а більшість його рядових виконавців були ще молодшими [6]. А В. Голубев, який узагальнював практику застосування законодавства, спрямованого на проти-

дію комп'ютерній злочинності, прийшов до висновку, що б відсотків осіб, які скоїли дані злочини, були школярами, стільки ж – студентами [7].

Виходячи з цього, виникає потреба у виробленні чіткої державної концепції протидії протиправним проявам у комп'ютерній сфері, яка мала б передбачати комплекс дій правового, організаційного та технічного характеру. Зокрема, вкрай потрібні чіткі рекомендаційні розробки для працівників силових структур, які б допомагали виявляти, попереджувати та розслідувати комп'ютерні злочини. А правові заходи, на нашу думку, мали б передбачати: законодавче визначення понять: “комп'ютерний злочин”, “комп'ютерне правопорушення”, “комп'ютерний просту-пок”; розробку законів та нормативних актів, які б встановлювали відповідальність за комп'ютерні право-порушення; удосконалення адміністративної, кримінальної, цивільної відповідальності у галузі надійного забезпечення функціонування комп'ютерних мереж і комп'ютерної інформації; захист авторських прав програмістів; кон-троль за розробками комп'ютерних систем (військового, політичного, соціального, економічного характеру) тощо.

II. Основна частина

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій. Окремим аспектам розвитку теорії вдосконалення інституту протидії адміністративно-караних правопорушень у сфері комп'ютерних технологій присвячували свої публікації: І. Бачило, В.Брижко, К. Беляков, О. Дзьобань, В. Копилов, В. Лопатін, О. Марущак, М. Рассолов, В.Фурашев, Л. Коваленко, В. Опришко, М. Рассолов, А. Селіванов, О. Скакун, О.Стоєцький, О. Соснін, М. Швець, Ю.Шемшученко та інші [8]. Проте, ні на йоту не применшуючи значення наукового доробку цих учених, доводиться констатувати, що проблеми протидії право-порушенням у сучасній комп'ютерній сфері потребують нових підходів до їх визначення.

Тож метою цієї статті є визначення характеру та змісту найважливіших проблем протидії комп'ютерних правопорушень, а також надання окремих науково обґрунтованих рекомендацій щодо шляхів їх розв'язання в юридичній площині.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комп'ютерне правопорушення (проступок) – суспільно-шкідлива, протиправна, винна дія чи бездіяльність, що скоюється із використанням сучасних інформаційних технологій та засобів комп'ютерної техніки без мети спричинення збитків майновим або суспільним інтересам фізичних та юридичних осіб, якщо за це не передбачена кримінальна відповідальність згідно із законодавством України.

Виходячи з цього, об'єктом зазначених правопорушень виступають інформаційні відносини у суспільстві, що охороняються законом, а предметом – електронно-обчислювальні машини (комп'ютери), системи та комп'ютерні мережі, а також комп'ютерна інформація, що обробляється за їх допомогою [9].

IV-а міжнародна науково-практична конференція

*Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

Суб'єктами названих правопорушень бувають, як правило, посадові та службові особи, які мають доступ до відомої інформації; посадові особи підприємств, установ, організацій; суб'єкти первинного фінансового моніторингу; працівники торгівлі, громадського харчування, сфери послуг; підприємці; зрештою, просто громадяни, які не займаються підприємницькою діяльністю, але є власниками сучасних комп'ютерних систем тощо.

У залежності від виду правопорушення особи, винні у вчиненні комп'ютерних правопорушень, несуть кримінальну, адміністративну, цивільно-правову, дисциплінарну або матеріальну відповідальність.

Адміністративна відповідальність за комп'ютерні та інформаційні правопорушення міститься у різних главах Кодексу України про адміністративні правопорушення і передбачає відповідальність за правопорушення у галузі зв'язку: порушення умов і правил, що регламентують діяльність у галузі зв'язку, передбачену ліцензіями; за порушення законодавства про захист прав споживачів: за відмову працівників торгівлі, громадського харчування та сфери послуг і громадян, які займаються підприємницькою діяльністю у цих галузях, надавати громадянам-споживачам необхідну та достовірну інформацію щодо товарів, робіт, послуг (це набуває особливої актуальності з розвитком системи електронної торгівлі через мережу Інтернет); порушення правил користування місцевим телефонним зв'язком; порушення порядку та умов надання послуг зв'язку в мережах загального користування; використання засобів зв'язку з метою, що суперечить інтересам держави, з метою порушення громадського порядку та посягання на честь і гідність громадян; використання технічних засобів та обладнання, що застосовуються в мережах зв'язку загального користування, без сертифіката відповідності або без погодження з Адміністрацією зв'язку України; за недобросовісну конкуренцію; за неправомірний збір, розголошення та використання комерційної таємниці (статті 145, 148, 148-1, 148-2, 148-3, 148-4, 156, 164-3, 166-10, 184-2, 184-3, 186-3, 188-5, 188-11, 188-18, 188-32, 188-35, 188-36 КУпАП) тощо [10].

У той же час залишаються не вирішеними питання щодо встановлення адміністративної відповідальності за деякі нові види комп'ютерних правопорушень, що зумовлено, насамперед, появою нових технологій реалізації протиправних дій, відповідальність за які вже передбачено КУпАП. Зокрема, не передбачена відповідальності за організацію та проведення азартних ігор через глобальну комп'ютерну мережу Інтернет, хоча останнім часом саме такий спосіб створення різноманітних тоталізаторів, лотерей виявився дуже розповсюдженим.

Рахуємо також за доцільне до Кодексу України про адміністративні правопорушення внести зміни, що стосуються притягнення до адміністративної відповідальності осіб, які скоїли правопорушення у сфері використання електронно-обчислювальних машин (комп'ютерів), систем та комп'ютерних мереж, що не спричинили настання суспільно небезпечних наслідків, а також тих осіб (суб'єктів підприємницької діяльності у сфері технічного та криптографічного захисту інформації), які порушують встановлені правила зазначеної діяльності.

III. Висновки

Сучасна масова комп'ютеризація нашого життя, входження України у глобальні міжнародні комп'ютерні системи і особливо в Інтернет стали передумовою появи правопорушень, пов'язаних з використанням електронно-обчислювальних машин. І це створює додаткові ризики організованих хакерських атак, які можуть серйозно пошкодити урядові, банківські, енергетичні, транспортні та інші інформаційно-комунікаційні мережі. Окрім кількісного зростання цих злочинів та проступків, відбуваються й їх якісні перетворення, пов'язані з освоєнням новітніх досягнень комп'ютерних технологій. При цьому рівень латентності цих посягань надзвичайно високий – до 80-85 відсотків, а збитки оброховуються сотнями тисяч та навіть мільйонами доларів США.

І тому правове реагування на проблеми посилення протидії комп'ютерним злочинам та проступкам є надзвичайно важливим. Стимулом цього є також взяті Україною зобов'язання щодо інтеграції у світове співтовариство, у тому числі до Європейського Союзу.

IV. Список літератури

- [1] Ямбулатова Н. За год в Інтернете зафіксовано три мільйона киберпреступлень // <http://www.crime-research.ru/news/09.09.2007/3806/>
- [2] Зимовець В. В., Чувирін Д. Е. Кіберзлочинність в Україні: перспективи протидії // Боротьба з організованою злочинністю і корупцією (теорія і практика). – 2006. – №13. – С.99-112.
- [3] Ямбулатова Н. Киберпреступність приносить більший дохід, чем торгівля наркотиками // <http://www.crime-research.ru/news/20.09.2007/3849/>
- [4] Вирусы и компьютерная преступность скоро выйдут за пределы компьютеров // <http://www.crime-research.ru/news/15.11.2007/4002/>
- [5] Левашова Ю. Правоохранительные органы Украины обнародовали статистику преступлений в сфере компьютерных технологий // <http://www.crime-research.ru/news/03.01.2008/4132/>
- [6] Ямбулатова Н. Раскрыта международная сеть арабских хакеров // <http://www.crime-research.ru/news/01.01.2008/4126/>
- [7] Голубев В. Компьютерная преступность - проблемы и решения // [Http://www.crime-research.ru/articles/golubev_sept/4](http://www.crime-research.ru/articles/golubev_sept/4).
- [8] Біленчук П.Д., Зубань М.А. Комп'ютерні злочини: соціально-правові і кримінологічно-криміналістичні аспекти: Навчальний посібник. - К.: УАВС, 1994;
- [9] Куліш А. М., Тютюнник В. В. Комп'ютерна злочинність: норма-тивно-правове врегулювання // Центр дослідження комп'ютер-ної преступности // <http://www.crimeresearch.ru/library/Oleg03.html>
- [10] Кодекс про адміністративні правопорушення : Закон України // Відомості Верховної Ради Української РСР . – 1984. – додаток до № 50. – Ст. 1122.

ADMINISTRATIVE RESPONSIBILITY OF OFFENCE IN THE FIELD OF COMPUTER TECHNOLOGIES: SOME PROBLEM ISSUES

Berdega V.F.¹, Draïuk V.M.²

¹Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²The Interregional Academy of Personnel Management, Chernivtsi, Ukraine

The article is sanctified to research of concept and signs of administratively-punishable offences in the field of computer technologies, to determination of directions of development of institute of counteraction to computer offences in the context of perfection of current legislation of Ukraine.

THE USAGE OF ARTISTIC EFFECTS AND PHOTOSHOP/MATHCAD SOFTWARE ENVIRONMENTS IN PRIMARY GRAPHIC CONTAINERS TO ASSESS THE INCREASE OF STEGO CHANNEL BANDWIDTH

G.G.Vlasiuk¹, V.M. Spivak², A.A. Muzhailo³

The Department of Acoustic Engineering and Information Registration, National Technical University of Ukraine, "KPI", Kiev, Ukraine, Head of Departmentm, professor, E-mail: ¹avig@ua.fm, ²viktor_m53@mail.ru, ³forter@i.ua

Abstract. – *The purpose of steganography is covert communication-to hide the existence of a message from a third party. The purpose of our paper is to study the influence of the noise components presence in primary containers and the assessment of bandwidth increase due to the adding the artificial noise component in the original image. The relevance of these experiments is that, so steganography nowadays widely used for the protection of intellectual property, mostly where as a containers are the image files. Currently, however, the use of bandwidth is severely limited and is about 10%*

This paper shows that hiding the information in media requires the following elements: media medium, which will contain hidden data; secret message: can be plain text, encrypted text, or any type of data; stego function and its inverse. Additionally can be used a stego key or password for securing or message extraction. Stego function processing the media and media messages to hide, together with stego key for media with a hidden message.

Keywords: *Steganography, stego analysis, informational security, hidden information, stego channel bandwidth*

I. Introduction

The modern advances in computer and telecommunication networks contributed to a significant increase of the volume of information transfer, and the problem of hidden messages (HM) protection took the first place. Nowadays computers and computer systems (CS) are rarely used independently. They are often linked to local, corporate and global network. In a CS database already generated a large amounts of data that are more or less valuable. Its destruction, distortion or unauthorized use can lead to large economic losses.

The importance of a problem of information security from various threats can be seen in the data published by Computer Security Institute (San Francisco, California, USA), according to which computer systems security breach occurs for the following reasons: unauthorized access – 2%; rooting viruses - 3%; technical failure of equipment network – 20%; purposeful actions of staff – 20%; human error (insufficient skill level) – 55% [1].

II. Main part

One of the most difficult problems hindering the information society is the need to ensure the national security goals (social, economic, environmental and military-strategic) in conditions of widespread use of computer technology to process valuable, confidential and sensitive information in public and private enterprises in the organs and institutions of public administration, as well as bank and exchange infrastructures. One of the important ways to exclude unauthorized access to confidential and sensitive information is the development of methods and means of steganography [2].

The purpose of our paper is to study the influence of the noise components presence in primary containers and the assessment of bandwidth increase due to the adding the artificial noise component in the original image. The relevance of these experiments is that, so steganography nowadays widely used for

the protection of intellectual property, mostly where as a containers are the image files. Currently, however, the use of bandwidth is severely limited and is only 10-12%.

According to this, the subject of the proposed research is the process of transferring the HM in graphic containers, i.e. any images. The object of the research is the bandwidth of the hidden messages channel, so-called stego channel, actually its increase due to the adding of artificial noise.

This paper shows that hiding the information in media requires the following elements: media medium (M), which will contain hidden data; secret message (SM): can be plain text, encrypted text, or any type of data; stego function (Fe) and its inverse (Fe⁻¹). Additionally can be used a stego key (K) or password for securing or message extraction. Stego function processing the media and media messages to hide, together with stego key for media with a hidden message (M + SM) [3].

We believe, at this stage of steganography development is expedient to solve the following tasks: research the methods of artificial noise in graphics software environment for image acquisition stage; assessment of changes in the volume of image according to the selected method; obtaining a difference between input file and modified file in graphical and numerical form; converting the resulting difference to be able to use the software; process of embedding hidden information into the software environment.

The practical value of the research is a slight increase in bandwidth transmission of hidden messages using software environments as Photoshop and Mathcad, which are publicly available and transparent to use, which leads to improving steganography method of data protection. It is shown that an effective method of increasing the bandwidth of hidden messages channel – a change in size of the correction file in Photoshop, resulting from the addition to the input image several layers, in which the image is processed. Change in file size when saving it in another format without the use of effects explains the difference or lack of compression algorithms of different formats. Received difference is format allows you to increase the amount of hidden messages in several times in relation to the most common method of least significant bits.

It is also shown that it is advisable to use the pseudo-random number generator (PRNG), which can show a significant improvement in visual detection during stego analysis if the addresses of pixels that will be changed to set in pseudo-random manner. However, the PRNG settings should be known for the recipient, because they act as a key for decryption at the transmitting side [4]. All these reasons distinguish method to hide messages in graphic images from most commonly a used least-significant bits method, which shows the future development of this area in the field of steganography.

Further development of the proposed tools can be to investigate the different patterns of transmission, such as using the original image as a key on the receiving side or downloading through the pseudo-random number generator.

III. Conclusions

The usage of artistic effects (watercolor, sharpening, etc.) is appropriate because they do not cause suspicions of stego analyst. The Action Script program written during the research executes all activities planned by providing a visual representation of the process of embedding hidden messages. As a container, program uses three color channels of each pixel, adding only 4 bits for each channel that slightly changing their appearance, making hidden information more discreet. The size of hidden messages that can be embedded in the corrected image can exceed the size of the original image several times.

IV. References

- [1] What's the Current State of Computer Network Security?, Federal Bureau of Investigation press release, July 25, 2005
- [2] Al-Jbara H. 2012. Increased Capacity of Image Based Steganography Using Artificial Neural Network. AIP Conf. Proc. 1482, 20--25.
- [3] Atawneh, S., Almomani, A., and Sumari, P. 2013. Steganography in Digital Images: Common Approaches and Tools. IETE Technical Review, Vol. 30, Issue 4, 344--358.
- [4] Fridrich, J., Goljan, M.: Practical steganalysis of digital images-state of the art. In Delp III, E.J., Wong, P.W., eds.: Security and Watermarking of Multimedia Contents IV. Volume 4675 of Proc. SPIE. (2013) 1-13

СЕКЦІЯ 5. НАНО- ТА МІКРОЕЛЕКТРОНІКА

ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР ПОЛИЭТИЛЕН–ДИОКСИД ВАНАДИЯ

Анискина А.А., Колбунов В.Р., Тонкошкур А.С.

Кафедра радиоэлектроники, Днепрпетровский национальный университет им. О. Гончара, Днепрпетровск, Украина, E-mail: aniskina.aleksandra@gmail.com

Анотація. – В роботі досліджувалися зразки композитів поліетилен-діоксид ванадію, отримані за технологією виготовлення самовідновлювальних запобіжників типу PolySwitch. Об'ємна частка діоксиду ванадію в зразках змінювалася в межах 0.25-0.6. Мікроструктура композиту містить три компоненти: кристалики діоксиду ванадію з розміром 10-30 мкм, частинки поліетилену і пори. Показано, що електропровідність композитів носить перколяційний характер. Вольт-амперні характеристики композитів з ростом вмісту наповнювача змінюють форму від близької до варисторних до S-подібної.

Ключові слова: діоксид ванадію, вольт-амперна характеристика, PolySwitch.

I. Введение

В последнее время достигнуты определенные успехи в исследовании и технологии изготовления композитов с проводящими наполнителями [1], в частности самовосстанавливающихся предохранителей (структур PolySwitch) на основе системы графит в полиэтиленовой матрице. Тем не менее, их применение может быть расширено, если в качестве наполнителя использовать материалы с фазовым переходом металл-полупроводник. Такие структуры, кроме защиты от токовых перегрузок и высоких температур, в перспективе могут реализовать функцию отключения при низких температурах, что важно для электронных устройств, не предназначенных для эксплуатации при пониженных температурах.

В настоящей работе приведены результаты исследования микроструктуры и вольт-амперных характеристик полимерных композитов и влияния на них содержания VO_2 .

II. Экспериментальные результаты и их обсуждение

В образцах исследованных композитов объемное содержание полупроводникового наполнителя (VO_2) варьировалась от 25 до 60 объемных процентов.

Измерялись статические вольт-амперные характеристики (ВАХ). Образец помещался в экранирующую камеру. Регистрация данных производилась после установления термодинамического равновесия исследуемого образца с окружающей средой.

По данным микроструктурного анализа поверхности образца композита полиэтилен-диоксид ванадия видно, что она содержит три компонента: кристаллики диоксида ванадия, частицы полиэтилена и поры. Размер кристалликов диоксида ванадия составляет ~10–30 мкм; частицы полиэтилен имеют заметно меньший размер (~1–5 мкм). Частицы полиэтилена распределены достаточно равномерно. Такой равномерности удалось достичь благодаря технологии получения образцов композитов.

При высоких объемных долях полупроводникового наполнителя удельная электрическая проводимость композита медленно возрастает до величин, характерных для электропроводности диоксида ванадия. Это соответствует области за порогом протекания. Резкое увеличение электропроводности обнаруживается в области объемных долей проводя-

щего наполнителя от 20 до 30 объемных процентов. Таким образом, порог протекания в исследуемой неоднородной системе соответствует теоретическим представлениям, известным для перколяционной электропроводности [2].

Характерной особенностью вольт-амперных характеристик исследуемых образцов композита является их нелинейность. С ростом прикладываемого напряжения тепловая мощность, выделяемая в образце, увеличивается, и он нагревается. При температуре фазового перехода полупроводник-металл в фазе диоксида ванадия его сопротивление скачкообразно уменьшается, что ведет к существенному перераспределению электрического поля в такой структуре.

Композит полиэтилен – диоксид ванадия является типичной перколяционной системой с порогом протекания ~ 0,3. При объемном содержании VO_2 менее 30% характер проводимости композита определяется туннельным электропереносом через прослойки полиэтиленовой матрицы и его ВАХ имеет варисторный вид. При объемном содержании VO_2 более 30% имеет место протекание по фазе диоксида ванадия, что обуславливает S-образный вид ВАХ.

III. Выводы

Проведена апробация способа синтеза композитов полиэтилен- VO_2 , сходного с технологией изготовления самовосстанавливающихся предохранителей типа PolySwitch. Показана применимость представленной теории протекания к интерпретации их электропроводности.

Показано, что с ростом содержания наполнителя поликристаллических частиц VO_2 вольт-амперные характеристики композитов изменяют форму от близкой к варисторной до S-образной.

IV. Список литературы

- [1] Патент US5747147 МКИ В32В9/00 Conductive polymer composition and device: Wartenberg Mark F (US); Lahlouh John G (US); Toth James (US); Raychem Corp (US) – № 19970130; Оpubл. 05.05.98.
- [2] S. Kirkpatrick, Percolation and conduction. I. Transport theory of percolation processes. Rev. Mod. Phys., 1973, № 45, p. 574-610.

INFLUENCE OF COMPOSITION THE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF THE COMPOSITE POLYETHYLENE- VO_2

Aniskina A.A., Kolbunov V.R., Tonkoshkur A.S.

Department of the Radioelectronics, Oles Gonchar Dnepropetrovsk National University, Dnepropetrovsk, Ukraine

The samples of composites polyethylene- VO_2 , obtained by the technology of self-healing fuses of PolySwitch type, were investigated. Volume concentration of vanadium dioxide in the samples varied from 0.25 to 0.6. It is shown that the conductivity of the composites have percolation character. The microstructure of the composite has three components: vanadium dioxide crystals with a size of 10-30 μm , polyethylene particles and pores. Voltage - current characteristics of the composites change from near-varistor to S-shaped when filler concentration is increased.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОСПРИИМЧИВОСТИ К МАГНИТНЫМ ПОЛЯМ ОБРАЗЦОВ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОПАЛОВЫХ МАТРИЦ

Хлопов Б.В., Шпак А.В., Ковалюк Я.В.
ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга», Российская Федерация,
105066, Москва, ул. Новая Басманная, 20, hlopov@yandex.ru

Аннотация. - исследованы свойства образцов метаматериалов на основе опаловых матриц, с заполнением их нанополостей кластерами различных магнитных и немагнитных металлов или магнитных кристаллитов. Разработан метод оценки восприимчивости к магнитным полям разработанных композитных материалов при воздействии на них внешними электромагнитными полями. Приведены экспериментальные результаты воздействия на метаматериалы как на нанокompозиты, представляющие собой наноструктурированную дискретную среду, внешними электромагнитными полями с получением значительного электрического «отклика». Приведены экспериментальные характеристики пространственного мультиплицирования магнитных полей в области размещения композитных матриц при воздействии на них внешними электромагнитными полями.

Ключевые слова: метаматериалы, нанокompозиты, опаловые матрицы, электромагнитные поля, кластер металла.

I. Введение

Метаматериалы как нанокompозиты представляют собой наноструктурированную дискретную среду, периодическую изменяющуюся по электромагнитным свойствам составляющих её элементов. К наиболее перспективным трехмерным материалам подобного типа можно отнести решетчатые упаковки микросфер кремнезема со структурой опала (опаловые матрицы), с заполнением их нанополостей кластерами различных магнитных и немагнитных металлов или магнитных кристаллитов [1–5]. В настоящей работе рассмотрены физические свойства образцов опаловых матриц, чьи межсферические нанополости были частично заполнены кристаллитами следующих составов: титаната железа FeTi_2O_5 (образец № 401); феррита состава $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (№ 405); металлов и их сплавов – Ni_3Fe (№ 396); Ni_3Fe +куб. фазы Co, Ni (№ 398); куб. фазы Co и Ni (№ 39); Fe (№ 395); FeNi_3 (№ 414); Ni_2Fe_3 + рентгеноаморфные фазы металлов (№ 413); куб. фазы Co+Pd (№ 226); куб. фазы Ni+FePd₃ + рентгеноаморфная фаза металлов (№ 267), (или Ni+Fe+Pd).

В работе представлены результаты разработки технологического испытательного оборудования и стендов для исследования свойств указанных нанокompозитов и влияния на них непрерывного и импульсного электромагнитных полей.

II. Результаты экспериментальных исследований магнитных свойств образцов нанокompозитов при воздействии внешним импульсным электромагнитным полем

Для исследования магнитных свойств образцов, изготовленных из нанокompозитных материалов, был разработан стенд рис. 1, обеспечивающий проверку магнитной восприимчивости.

Исследование магнитных свойств образцов заключается в воздействии на образцы внешним импульсом магнитного поля напряженностью 700 кА/м, созданным электромагнитным полем полеобразующей системы с прямой и косоугольной катушкой [6].

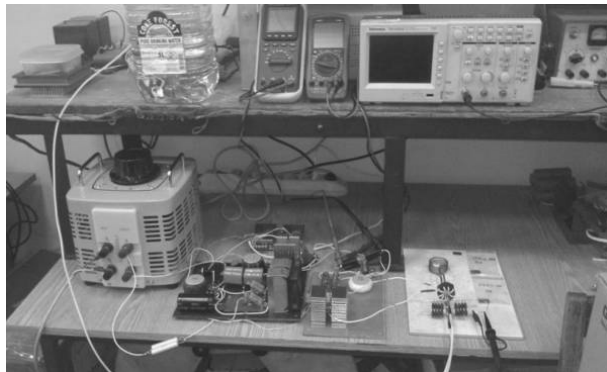


Рис. 1. Стенд проверки магнитной восприимчивости образцов метаматериалов на основе опаловых матриц

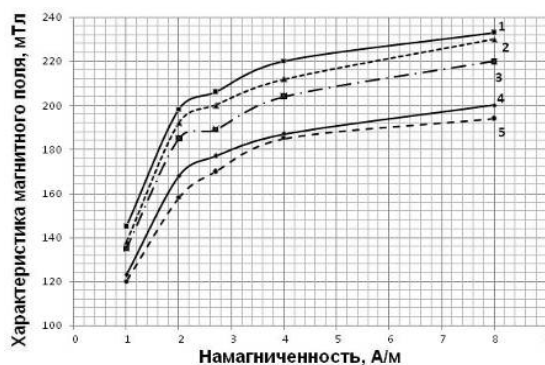


Рис. 2. Сравнительные характеристики магнитной восприимчивости следующих образцов композитных наноматериалов, содержащих кластеры: 1 – Ni+Pd+Fe; 2 – Fe; 3 – Ni+Fe; 4 – FeNi_3 ; 5 – FeTi_2O_5

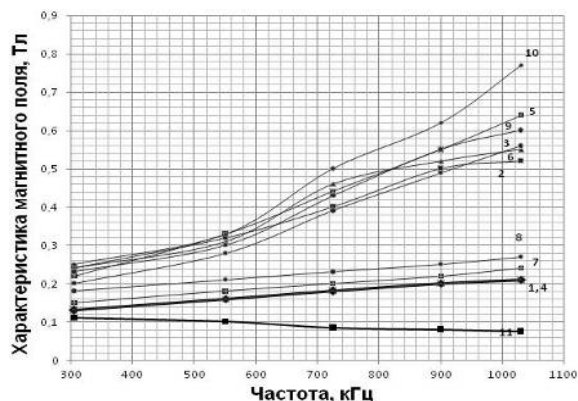


Рис. 3. Сравнительные характеристики магнитной восприимчивости от изменения частоты при использовании следующих образцов наноматериалов, содержащих кластеры: 1 – FeTi_2O_5 ; 2 – Ni+Fe; 3 – Ni+Fe+Co; 4 – Ni+Co; 5 – Fe; 6 – FeNi_3 ; 7 – Ni_2Fe_3 + доп. рентгеноаморфные фазы металлов; 8 – $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$; 9 – Co+Pd; 10 – Ni+Fe+Pd; 11 – Cu

Частотные зависимости значений напряженности электромагнитного поля в метаматериалах предопределяет воз-

возможность использования их в устройствах управления электромагнитными полями.

Наибольший интерес представляют кривые магнитной восприимчивости образцов, которые могут иметь нанокompозиты опаловых матриц, поскольку величина намагниченности определяет поле магнитного резонанса.

Кривые намагниченности при нормальной температуре показаны на рис. 2-3. Частотные зависимости диэлектрических и магнитных характеристик образца опаловой матрицы, чьи нанополости частично заполнены кристаллитами различных веществ, приведены на рис. 4.

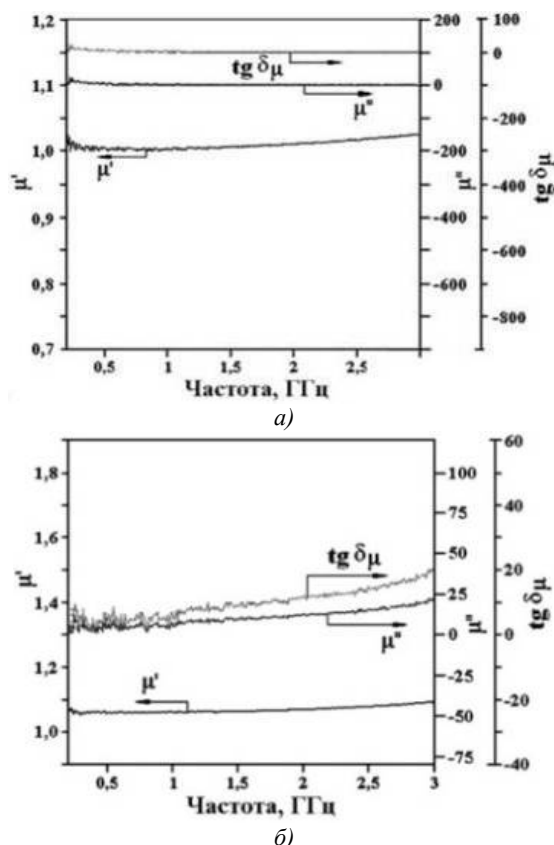


Рис. 4. Частотные зависимости действительной (μ') и мнимой (μ'') компонент магнитной проницаемости и тангенса потерь для образцов опаловых матриц, межсферические нанополости которой содержат кластеры: а) Ni_3Fe (№ 396); б) Fe (№ 395)

III. Заключение

1. Экспериментально подтверждено в опаловых матриц, в которых нанополости частично заполнены указанными металлами, наблюдается микроволновая проводимость.

2. При воздействии внешних электромагнитных полей, наблюдается значительный электрический “отклик”, возникает эффект мультиплицирования для компонент магнитного поля.

3. Воздействие на образцы нанокompозитов внешним электромагнитным полем, в ограниченном пространстве рабочей камеры полеобразующей системы, приводит к эффективному увеличению значения магнитного поля в локальной области пространственного объема.

4. За счет электрического поля, образующегося при наличии в образцах микроволновой проводимости, имеет место дополнительный эффект мультипликации в виде увели-

чения компоненты магнитного поля в пространственном объеме рабочей камеры.

5. Разработанные методики использованы при испытаниях радиоэлектронных устройств.

IV. Список литературы

- [1] Sarychev A.K., Shalaev V.M. *Electrodynamics of metamaterials*. World Scientific and Imperial College Press, 2007. 200 p.
- [2] Хлопов Б. В. Многовекторные магнитные системы // XIII Международная научно-практическая конференция «Современные информационные и электронные технологии». – Одесса, 4-8 июня 2012. – С. 137.
- [3] Ринкевич А.Б., Устинов В.В., Самойлович М.И., Белянин А.Ф., Клещева С.М., Кузнецов Е.А. Нанокompозиты на основе опаловых матриц с 3D-структурой, образованной магнитными наночастицами // *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. 2008. № 4. С. 55–63.
- [4] Хлопов Б.В., Самойлович М.И., Митягин А.Ю. Исследование пространственного мультиплицирования импульсного магнитного поля образцами метаматериалов // *Телекоммуникации и транспорт*. 2013. № 1. С. 48–51.
- [5] Хлопов Б.В., Самойлович М.И., Бовтун В. Исследование эффекта мультипликации электромагнитных полей в устройствах бесконтактного стирания информации с электронных носителей с использованием нанокompозитов на основе опаловых матриц // *Нано и микросистемная техника*. – 2013. – №7. – С. 6-13.
- [6] Хлопов Б.В., Лобанов Б.С., Пикуль А.И. Методы повышения эффективности защиты информации, хранящейся на жестких магнитных дисках // *Телекоммуникации и транспорт*. 2009. № 4. С. 8–13.

STUDIES OF SENSITIVITY TO MAGNETIC FIELDS SAMPLES NANOCOMPPOSITE MATERIALS ON THE BASIS OF OPAL MATRICES

Hlopov B.V., Shpak A.V., Kovaljuk Ya.D.

FGUP «CNIRTI im. akademika A.I. Berga», Rossijskaya Federacija, 105066, Moskva, ul. Novaja Basmannaja, 20, hlopovu@yandex.ru

Sample properties of metamaterials based on opal matrices with filling their nanoporosity clusters of different magnetic and non-magnetic metals or magnetic crystallites are investigated. Method of assessing susceptibility to magnetic fields developed composite materials when exposed to external electromagnetic fields had been developed. Designed and manufactured process equipment, consisting of field forming system, power generator, power supply, cooling system throttle and attorneys and certified measuring instruments is showed.

Experimental results impact on metamaterials as nanocomposites, representing discrete nanostructured environment, external electromagnetic fields with substantial electric “response”, in turn, leading, in particular, to the effect multiplicative to applied electromagnetic fields in field forming system technological testing equipment at frequencies below 1010 kHz. It was experimentally confirmed that in the frequency range up to 1010 kHz, change the parameter values of the magnetic field in field forming system technology testing equipment. Experimental characteristics of spatial multiplicative magnetic fields in the layout area of composite materials when exposed to external electromagnetic fields. Received and confirmed experimentally that exposure to samples of nanocomposites external electromagnetic field, in the limited space of the working chamber field forming system, leads to an effective increase in the value of the magnetic field in the local region of the spatial volume of up to 120 kA/m.

ПОВЕДІНКА КМОН ТРАНЗИСТОРІВ ПРИ ПОНИЖЕНИХ НАПРУГАХ ЖИВЛЕННЯ

Бойко С.І., Голота В.І., Когут І.Т.

Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна, E-mail: sergiy1300@gmail.com

Анотація. – В даній статті проаналізовано поведінку КМОН транзистора при понижених напругах живлення.

Ключові слова: КМОН-транзистор, напруга живлення, енергозбереження.

I. Вступ

Пониження напруги живлення є одним з найбільш ефективних способів зниження енергії що споживається електронними схемами. Підвищення енергозберігання є важливим як для мобільних пристроїв, що працюють від акумуляторів, так і для високопродуктивних комп'ютерних систем на кристалі для яких тепло що виділяється є обмежуючим фактором. Пониження напруги живлення також спричиняє пониження швидкодії, проте для багатьох пристроїв воно є неважливим.

II. Поведінка КМОН транзисторів при понижених напругах живлення

Зазвичай вважається, що при напрузі на затворі меншій порогової струм через транзистор не протікає, однак на практиці існує невеликий підпороговий струм який описується формулою (1) згідно з [1]

$$I_{on-sub} = \frac{W}{L_{eff}} \mu_{eff} C_{ox} (m-1) v_T^2 \times \exp\left(\frac{V_{gs} - V_{th}}{m v_T}\right) [1 - \exp\left(-\frac{V_{ds}}{v_T}\right)], \quad (1)$$

де $v_T = kT/q$ – термічний потенціал, T – це температура, k – стала Больцмана, q – заряд електрона, L_{eff} – ефективна довжина каналу, μ_{eff} – ефективна рухливість, C_{ox} – ємність діелектрика, W – ширина каналу і m – крутизна сток-затворної характеристики у підпороговій області. При цьому струм I_{on-sub} відповідає струму стоку коли $V_{ds} = V_{gs} = V_{dd}$. Варто відзначити те, що порогова напруга V_{th} залежить від ефективної довжини каналу в результаті чого струм стає надзвичайно чутливим до коливання L_{eff} .

На Рис.1. показано залежність струму стоку від затворної напруги. Як видно з нього, ця залежність є експоненційною.

Така залежність значно впливає на характеристики схеми, оскільки затримки та споживана потужність також залежить від величини порогу. Більш того, співвідношення між струмами що протікають в двох різних транзисторах також експоненційно залежить від різниці їх порогових напруг. Так при 100 мВ розбіжності порогових напруг, струми в звичайному режимі відрізняються в 1,17 рази, а в підпороговому більше ніж в 10 раз. Така значна чутливість до коливання порогової напруги є основною проблемою при роботі електронних схем при понижених напругах живлення.

Промодельовано вплив змін порогової напруги, ефективної довжини каналу, товщини під затворного окислу та

нерівномірності розподілу легуючої домішки, на величину підпорогового струму.

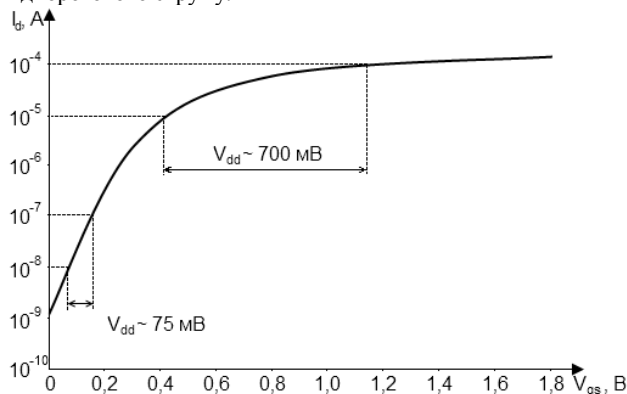


Рис.1 Залежність струму стоку від напруги на затворі.

III. Висновки

Проаналізовано особливості режимів роботи КМОН транзистора при понижених напругах живлення. Встановлено, що підпорогові струми найбільш чутливі до змін товщини підзатворного діелектрика.

IV. Список літератури

- [1] S. Hanson Ultralow-voltage, minimum-energy CMOS. / S. Hanson, B. Zhai, K. Bernstein and others // IBM Journal of Research and Development. – 2006. – 50(4/5) – p. 469-490.

CMOS FET BEHAVIOR AT LOW SUPPLY VOLTAGE

Bojko S.I., Holota V.I., Kohut I.T.

Department of computer engineering and electronics, Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

This article provides results of CMOS analysis at low supply voltages. Aggressive supply voltage scaling has emerged as the most effective way to reduce energy use. Energy efficiency is important both for mobile battery-powered devices and high-performance microprocessors.

As V_{dd} is reduced to minimize energy per operation, FETs make transition from superthreshold operation to near- V_{th} operation in weak inversion with very small overdrives, and finally into sub- V_{th} operation. Sub- V_{th} current depends exponentially on V_{th} and V_{dd} ; this sensitivities are captured in equation (1).

This exponential current sensitivity to V_{th} and V_{dd} greatly affects circuit behavior. This causes exponential behavior of circuit delay and power. More significantly, current matching between two transistors is exponentially dependent on any difference in V_{th} . This behavior presents the most significant challenge to sub- V_{th} and near- V_{th} circuit functionality.

Analysis of sub- V_{th} behavior showed that sub- V_{th} current most sensitive to variation of oxide thickness.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ПОЛИЭТИЛЕН-VO₂

Липовецкая Ю.В., Колбунов В.Р., Тонкошкур А.С.

Кафедра радиоэлектроники, Днепрпетровский национальный университет им. О. Гончара, Днепрпетровск, Украина, E-mail: lypovetskayulia@mail.ru

Аннотация. – Наведено результати дослідження діелектричних характеристик в діапазоні радіочастот і інтервалі температур 30-90 °С полімерного композиту поліетилен-VO₂ з різною об'ємною часткою наповнювача. Виявлено дві дисперсійні області: високочастотну, яка обумовлена максвелловським поділом зарядів на границях поліетиленова матриця - наповнювач з кристалітів VO₂, і низькочастотну, яка зв'язувана з наявністю перехідного шару на цій границі. З ростом температури відносна діелектрична проникність матеріалу виявляє тенденцію до зменшення за абсолютною величиною.

Ключевые слова: полимерный композит, диоксид ванадия, диелектрическая проникність.

I. Введение

Синтез и исследование свойств полимерных композитных материалов на основе полимерной матрицы и проводящего наполнителя является одним из трендов современного электронного материаловедения. Такие материалы находят применение как самовосстанавливающиеся предохранители и позисторы [1, 2].

В настоящей работе приведены результаты исследования диелектрических характеристик в диапазоне радиочастот (50 кГц-10 МГц) и интервале температур 30-90 °С композитов полиэтилен-диоксид ванадия с разной объемной долей наполнителя.

II. Экспериментальные результаты и их обсуждение

Исходными компонентами композита были мелкодисперсный кристаллический диоксид ванадия (VO₂) и полиэтилен высокого давления. Процесс синтеза композитов полиэтилен-VO₂ проводился по технологической схеме, сходной с технологией изготовления самовосстанавливающихся предохранителей типа PolySwitch [1]. Объемная доля наполнителя p_v варьировалась от 25 до 60 объемных процентов.

Частотные зависимости диелектрической проникности $\epsilon'(f)$ композитов с разным процентным содержанием диоксида ванадия наличие диелектрической дисперсии. При низких объемных долях VO₂ ($p_v < 50\%$) наблюдается уменьшение диелектрической проникности ϵ' с ростом частоты f при фиксированной температуре. При высоких p_v эта зависимость носит более резкий характер. Полученные закономерности наблюдаются во всем исследованном температурном диапазоне.

На диелектрических спектрах исследованных композитов следует отметить появление минимума в частотной зависимости коэффициента диелектрических потерь ϵ'' . Наличие минимума свидетельствует о проявлении двух релаксационных процессов в рассматриваемой частотной области.

Снижение значений ϵ' до значений порядка нескольких единиц свидетельствует о максвелл-вагнеровской природе высокочастотной дисперсионной области.

Наиболее вероятной причиной низкочастотной дисперсионной области представляется наличие в исследованном композите переходных слоев и поляризационных процессов

с ними связанных, что наблюдается и в других аналогичных композитах с проводящими наполнителями [2]. Это предположение подтверждается аномально высокими значениями низкочастотной относительной диелектрической проникности исследованных структур.

Наблюдаемое уменьшение абсолютных значений относительной диелектрической проникности при увеличении температуры в диапазоне до температур фазового перехода VO₂ (< 68°C) соответствует представлениям о тепловом расширении полиэтиленовой матрицы [2].

Дисперсионные зависимости $\epsilon'(f)$ и $\epsilon''(f)$ до фазового перехода металл-полупроводник в VO₂ имеют размытый характер, т.е. соответствуют релаксационному процессу с более широким разбросом времен релаксации. Таким образом, ФППП приводит к росту однородности частиц наполнителя VO₂ по электрическим свойствам (электропроводности).

III. Выводы

Диелектрические характеристики композитов полиэтилен-двооксид ванадия с объемной долей наполнителя от 25 до 60 % в диапазоне радиочастот и интервале температур 30-90 °С обнаруживают две дисперсионные области. Во-первых, высокочастотную область, которая обусловлена максвелловским разделением зарядов на границах полиэтиленовая матрица – проводящий наполнитель из кристаллитов VO₂. Во-вторых, низкочастотную область, которую связывают с наличием переходного слоя на этой границе.

IV. Список литературы

- [1] Патент US5747147 МКИ В32В9/00 Conductive polymer composition and device: Wartenberg Mark F (US); Lahlouh John G (US); Toth James (US); Raychem Corp (US) – № 19970130; Опубликовано 05.05.98.
- [2] Degtyar'ov A.V., Tonkoshkur A.S., Lyashkov A.Yu., Electrical Properties of Posistor Composite Materials Based on Polyethylene-Graphite // Multidiscipline Modeling in Materials and Structures. VSP. – 2006. – V. 2, N 4. – P. 435-441.

INFLUENCE OF COMPOSITION AND TEMPERATURE ON THE DIELECTRIC PROPERTIES OF THE COMPOSITE POLYETHYLENE-VO₂

Lipovetskaja Yu.V., Kolbunov V.R., Tonkoshkur A.S.

Department of the Radioelectronics, Oles Gonchar Dnepropetrovsk National University, Dnepropetrovsk, Ukraine

Results of investigation of the dielectric characteristics in the range of radio frequency (50 kHz – 10 MHz) and temperature range of 30-90°C of polyethylene composites of vanadium dioxide with different volume fractions of filler are shown. Found two dispersion areas: high-frequency due to the Maxwell charge separation on the boundaries of the polyethylene matrix - conductive filler of the crystallites VO₂, and a low frequency, associated with the presence of the transition layer at this boundary. The relative permittivity of the composite has a tendency to a decrease in absolute value with increasing temperature.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

РАДІОТЕХНІЧНІ МОДЕЛІ БАР'ЄРНИХ МІКРО- ТА НАНОСТРУКТУР

Водолазька М.В., Нелін Є.А.

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури, Київський національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, Україна, E-mail: vmv2241@gmail.com

Анотація. — Запропоновано моделі імпедансних δ -неоднорідностей та вхідних імпедансних характеристик для квантово-механічних, електромагнітних та акустичних мікро- і наноструктур. Аналіз виконано на прикладі двобар'єрної структури. Отримано аналітичні вирази для вхідного імпедансу та власних значень. Досліджено особливості вхідних імпедансних характеристик. Встановлено та проаналізовано імпедансні умови резонансного проходження хвиль, зокрема резонансного тунелювання.

Ключові слова: імпеданс, імпедансна δ -неоднорідність, двобар'єрна структура, резонансне тунелювання.

I. Вступ

Бар'єрні структури використовують у багатьох науково-технічних областях, вони становлять основу наноелектроніки. Особливе значення в таких структурах має резонансне проходження (РП) хвиль, зокрема резонансне тунелювання електронів (РТЕ).

Для прикладної мікро- та наноелектроніки актуальна розробка моделей структур, що забезпечують безпосередній перехід до проектування пристроїв обробки сигналів на основі математичного апарату радіотехніки.

Традиційно бар'єрні задачі вирішують зшиванням рішень на границях з умов неперервності хвильової функції та її похідної [1]. В імпедансному підході [2, 3] граничні умови враховано автоматично, що суттєво спрощує модель.

Значний перепад хвильових властивостей, а також розміри неоднорідностей мікро- та наноструктур дозволяють скористатись δ -наближенням.

Вхідний імпеданс характеризує реакцію структури на хвильове збурювання. На відміну від S-параметрів вхідний імпеданс не залежить від імпедансу середовища на вході структури, що дозволяє одержати нові результати, зокрема, додаткові умови РП хвиль.

У доповіді запропоновано моделі імпедансних δ -неоднорідностей та вхідних імпедансних характеристик бар'єрних мікро- та наноструктур. Аналіз виконано на прикладі ДБС. Для спрощення перетворень імпеданс нормовано до імпедансу зовнішнього середовища.

II. Імпедансні δ -неоднорідності

Розглянемо такі середовища: 1 — квантово-механічне, хвильовий імпеданс дорівнює $Z = \sqrt{(E-V)m' / Em}$, де E — енергія електрона; V — потенціальна енергія; m — ефективна маса електрона, штрих відповідає зовнішньому середовищу; 2 — електромагнітне або акустичне, $Z = \text{const}$. Параметри δ -неоднорідностей у середовищах 1 і 2 позначимо нижніми індексами «1» і «2», а індекси параметрів δ -бар'єра і δ -ями — буквами «б» і «я».

Ширина δ -неоднорідності $a \rightarrow 0$. Для δ_1 -неоднорідностей маємо $|V| = \alpha / a \rightarrow \infty$, де α — константа, що характеризує ефективність неоднорідності. З урахуванням цього, $Z_6 = iZ_\alpha$ і $Z_\alpha = \sqrt{\alpha m' / am} \rightarrow \infty$. У випадку δ_2 -неоднорідностей $Z_6 = \alpha / a \rightarrow \infty$ і $Z_\alpha = Z_6^{-1} \rightarrow 0$.

Вхідний імпеданс δ_1 -неоднорідності дорівнює [4]

$$z_i = 1 + 2i\eta, (1)$$

де $z_1 = \pm b\sqrt{m' / 2E} / \hbar$ (знак «-» для δ_1 -ями). У випадку δ_2 -неоднорідності $z_2 = -bk / 2$, де k — хвильове число; для δ_2 -ями — $z_{\text{я}} = z_{\text{б}}^{-1}$.

III. Двобар'єрна структура

Знайдемо вхідний імпеданс ДБС Z_i (Рис. 1).

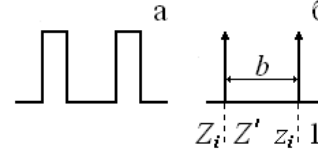


Рис. 1. ДБС (а) та її δ -модель (б). b — відстань між δ -бар'єрами, 1 — імпеданс зовнішнього середовища, Z' — вхідний імпеданс на правій межі лівого δ -бар'єра

Імпеданс Z' дорівнює

$$Z' = \frac{z_i - iB}{1 - iz_i B}, (2)$$

де $B = tg\varphi$, $\varphi = k'b$.

Аналогічно (1) для імпедансу Z_i маємо

$$Z_i = Z' + 2i\eta. (3)$$

Підставимо в (3) вирази (2) і (1):

$$Z_i = \frac{1 + B^2 + 4i\eta[\eta B(2\eta B + 3) + 1]}{(2\eta B + 1)^2 + B^2}. (4)$$

Імпедансна умова РП ДБС (РТЕ для δ_1 -бар'єрів) визначається узгодженням вхідного імпедансу ДБС з імпедансом зовнішнього середовища:

$$\text{Re } Z_i = 1, \text{ Im } Z_i = 0, (5)$$

де $\text{Re } Z_i$ і $\text{Im } Z_i$ — активна і реактивна складові Z_i .

Умовам (5) відповідає

$$B = -\eta^{-1}, (6)$$

що для δ_1 -бар'єрів збігається з відомою формулою [1].

Вираз (4) «відкриває» додаткові умови РП ДБС. Друге з співвідношень (5) виконується не лише при (6), але і, якщо

$$B = -(2\eta)^{-1}. (7)$$

Позначимо випадки (6) і (7) як I і II. У випадку II $\text{Re } Z_{\text{in}} = 1 + 4\eta^2$. Таким чином, РП ДБС буде і, якщо імпеданс зовнішнього середовища з однієї з сторін ДБС дорівнює $\text{Re } Z_{\text{in}}$.

На Рис. 2 приведено залежності активної і реактивної складових вхідного імпедансу ДБС у середовищі 2 згідно (4). Зазначимо, що знаки реактивної складової у формулах (1) — (4) відповідають знаку «+» фази прямої хвилі (це забезпечує експоненційне її загасання у реактивному середовищі). Оскільки в радіотехніці вказаний знак «-», при аналізі характеру реактивності реактивної складової необхідно змінити її знак.

Точки I і II відповідають випадкам I і II. Зміщення уверх реактивної складової обумовлене індуктивним доданком в (3). Залежності ілюструють значну трансформацію вхідного імпедансу. В результаті зміщення реактивної складової уверх резонансні значення I і II знаходяться справа від максимуму активної складової.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

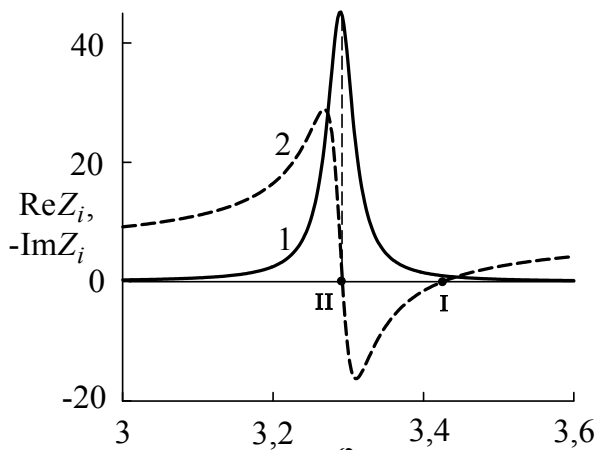


Рис. 2. Залежності активної (1) і реактивної (2) складових вхідного імпедансу ДБС. $k = k'$, $\alpha = 2b$

Рис. 3 ілюструє РП розглянутої ДБС. РП обумовлене компенсацією неоднорідностей хвильових збурювань на зовнішніх межах ДБС полем резонансної стоячої хвилі, сформованої в ДБС [3]. Це поле «узгоджує» вхідний імпеданс ДБС з імпедансом зовнішнього середовища. У випадку I узгодження без трансформації імпедансу зовнішнього середовища, а у випадку II — з трансформацією.

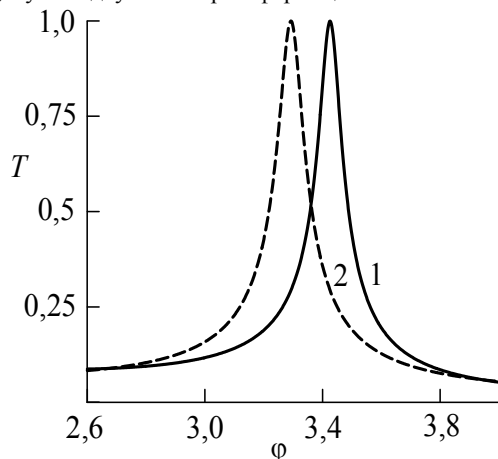


Рис. 3. Характеристики коефіцієнта проходження ДБС для випадків I і II (відповідно 1 і 2)

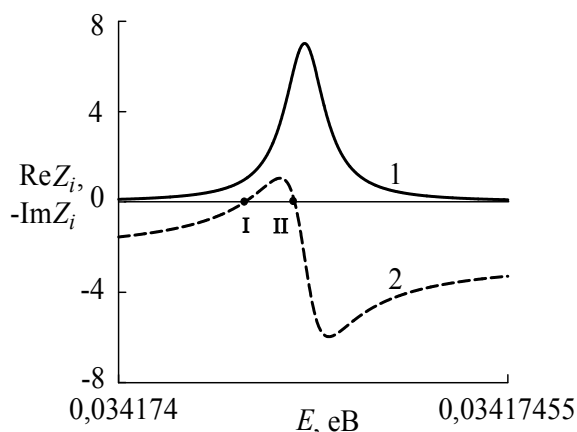


Рис. 4. Залежності активної (1) і реактивної (2) складових вхідного імпедансу ДБС. $V=0,24\text{eV}$, $a=b=2,5\text{nm}$, $m = m' = m_0$, де m_0 — маса електрона

На Рис. 4 приведено імпедансні характеристики ДБС зі скінченними бар'єрами у середовищі 1. Внаслідок ємнісно-

го доданка в (3) реактивна складова зміщена вниз і власні значення I і II знаходяться зліва від максимуму активної складової. Удалечині від власних значень реактивна складова має ємнісний характер, причому $\text{Im}Z_i \gg \text{Re}Z_i$.

IV. Висновки

Запропоновані моделі мікро- та наноструктур дозволяють проаналізувати хвильові властивості таких структур, встановити імпедансні умови РП. Встановлено умови РП для ДБС, розміщеної між середовищами з різними імпедансами. Засновані на імпедансі, ці моделі забезпечують безпосередній перехід до розробки пристроїв обробки сигналів на основі математичного апарату радіотехніки.

V. Список літератури

- [1] Markos P., Soukoulis C. M. Wave propagation from electrons to photonic crystals and left-handed materials. — Princeton and Oxford: Princeton University Press, 2008. — 352 p.
- [2] Khondker A. N. Transmission line analogy of resonance tunneling phenomena: The generalized impedance concept / A. N. Khondker, M. Rezwan Khan, A. F. M. Anwar // J. Appl. Phys. — 1988. — Vol. 63, No. 10. — P. 5191–5193.
- [3] Нелін Е. А. Імпедансна модель для «бар'єрних» задач квантової механіки / Е. А. Нелін // УФН. — 2007. — Т. 177, №3. — С. 307–313.
- [4] Нелін Є. А. Квантово-механічні структури з дельта-функціональним потенціалом / Є. А. Нелін, М. В. Водолазька // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2013, № 4(90). — С. 137–144.

RADIOENGINEERING MODELS OF BARRIER MICRO- AND NANOSTRUCTURES

Vodolazka M.V., Nelin E.A.

Department of radioequipment design and production, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

The barrier micro- and nanostructures are widely used in many scientific and technical areas. For applied micro- and nanoelectronics it is actual development of structures's models that allow synthesis, analysis and design of signal processing devices based on the mathematical apparatus of radio circuits.

Traditionally barrier problems are solved by sewing together of solutions on boundaries from the conditions of continuity of wave function and her derivative. In impedance approach boundary's conditions are taken into account automatically, that simplifies a model substantially.

Considerable overfall of wave properties, and also sizes of micro- and nanostructures heterogeneities allow to avail of δ -approach.

An input impedance characterizes the reaction of structure on wave indignation. Unlike of S-parameters an input impedance does not depend on the input environment impedance of structure, that allows to get new results, in particular, additional conditions of resonant passage of waves.

Models of impedance δ -inhomogeneities and input impedance characteristics for wave micro- and nanostructures are proposed. An analysis is executed on an example of double barrier structure (DBS). In the paper the features of input impedance characteristics of DBS are investigated and conditions of resonant passage of waves are set.

Impedance δ -inhomogeneities are introduced in such media: quantum-mechanical, electromagnetic and acoustic. Expressions for impedances of δ -inhomogeneities in these media are got.

DBSs are widely used in different technical areas. A model of DBS in the form of two impedance δ -barriers is considered. Analytical expressions for the input impedance characteristics are received. Impedance conditions of resonant passage of waves through DBS in known case I and new case II are obtained.

Dependences of input impedance active and reactive components and transfer coefficient of electromagnetic or acoustic DBS in cases I and II are given. Dependences illustrate considerable transformation of input impedance. As a result of displacement of reactive component upwards resonant values of cases I and II are on the right from maximum of active component.

Resonant passage of waves is conditioned by compensation of heterogeneities of wave indignations on the exterior boundaries of DBS by the field of the resonant standing wave formed in DBS. This field «matches» input impedance of DBS with the environment impedance. In case I matching is without transformation of environment impedance, and in case II – with

transformation. Dependences of input impedance of quantum-mechanical DBS are given. As a result of capacity component a reactive component of input impedance is displaced downward and eigenvalues of cases I and II are on the left from maximum of active component. In the distance from eigenvalues a reactive component has capacity character.

Proposed models of impedance δ -inhomogeneities and input impedance characteristics allow to analyse wave properties of micro- and nanostructures, set the conditions of resonant passage of waves. By analysing the input impedance characteristics conditions of resonant passage of waves for DBS, located between media with different wave impedances, were determined.

АУКСЕТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОНОКРИСТАЛІВ SnSe

Раранський М.Д., Балазюк В.Н., Гунько М.М., Мельник М.І., Рябой О.С.

Кафедра фізики твердого тіла, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: ftt2010@bigmir.net

Анотація. – Імпульсним УЗ методом виміряно швидкості поширення пружних хвиль у шести нееквівалентних напрямках в монокристалах SnSe при кімнатній температурі. Розраховано всі незалежні компоненти тензора пружних модулів C_{ij} , та пружних податливостей S_{ij} . Побудовано характеристичні поверхні фазових швидкостей та модулів Юнга і їх перерізи головними кристалографічними площинами. Створено програму для знаходження ауксетичних областей в кристалах будь-якої сингонії. Встановлено, що селенід олова належить до неаксіально-ауксетичних монокристалів. Оцінено характер хімічного зв'язку атомів в головних кристалографічних напрямках в монокристалах SnSe.

Ключові слова: ауксетик, модулі пружності, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона.

I. Вступ

Одним із фундаментальних завдань сучасного напівпровідникового матеріалознавства є отримання високодосконалих монокристалів, визначення структурної досконалості та фізико-механічних властивостей з метою виявлення можливостей їх практичного застосування. Монокристали селеніду олова відносяться до класу бінарних напівпровідникових сполук $A^{IV}B^{VI}$, мають орторомбічну ґратку, просторова група симетрії D_{2h}^{16} , періоди кристалічної ґратки $a = 4,46 \text{ \AA}$, $b = 4,19 \text{ \AA}$, $c = 11,57 \text{ \AA}$. Оптичні, електричні та магнітні властивості селеніду олова вивчені досконало. У той же час вивчення анізотропії пружних властивостей, характеру хімічного зв'язку та стабільності кристалічних ґраток, які є фундаментальними характеристиками твердих тіл, практично не проводилось.

Метою даної роботи є дослідження пружних і ауксетичних характеристик монокристалів SnSe. Отримані в роботі пружні характеристики досліджуваних кристалів можуть бути безпосередньо використані при інженерних розрахунках для оцінки величини механічних і термічних напруг, які виникають в досліджуваних кристалах при різних зовнішніх впливах (градієнтах температур, тисків, деформацій), а також при конструюванні напівпровідникових приладів на основі цих матеріалів.

II. Експеримент

Для експериментальних досліджень використані монокристали SnSe, вирощені методом Чохральського. Ступінь структурної досконалості монокристалів досліджувався методом Берга–Баррета. Вимірювання швидкостей поширення пружних хвиль в кристалах проводилось за методикою суміщення відбитих ехо-імпульсів на частоті 10 МГц. Похибка у визначенні швидкостей поширення УЗ-хвиль не перевищувала 0,5%. Орієнтація поверхонь зразків здійснювалась за допомогою дифрактометра ДРОН-3М з точністю ± 5 кутових хвилин. Густина зразків визначалась гідростатичним зважуванням.

III. Результати експерименту та їх обговорення

У даній роботі за допомогою прецизійної УЗ установки [1] виміряні швидкості поширення УЗ хвиль в шести нееквівалентних напрямках [100], [010], [001] і [110], [101], [011] у монокристалах SnSe. Із виміряних швидкостей поширення УЗ хвиль розраховані усі незалежні компоненти тензора пружних модулів.

ТАБЛИЦЯ 1
Модулі пружності C_{ij} монокристала SnSe

$C_{ij}, 10^{10} \text{ Па}$					
C_{ij}	наші	[2]	C_{ij}	наші	[2]
C_{11}	7,38	8,453	C_{66}	1,636	1,93
C_{22}	7,745	8,865	C_{12}	1,638	1,932
C_{33}	4,164	5,199	C_{13}	1,76	2,242
C_{44}	4,096	4,95	C_{23}	1,963	2,372
C_{55}	1,762	2,263			

Порівнюючи отримані значення C_{ij} із теоретично розрахованими [2], легко побачити, що вони завищені на 12-20%. Числові значення модулів пружності дозволяють, виходячи зі співвідношень Коші [3], оцінити характер хіміч-

ного зв'язку. Для монокристалів орторомбічної сингонії вони мають вигляд:

$$g_{11} = C_{23} - C_{44} = -2,133 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

$$g_{22} = C_{13} - C_{55} = -0,002 \cdot 10^{10} \text{ Па} \quad (1)$$

$$g_{33} = C_{12} - C_{66} = 0,002 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

Беручи до уваги знаки і абсолютні значення g_{kk} , можна стверджувати, що у напрямку [100] має місце чітко виражений ковалентний зв'язок, а у напрямках [010] та [001] ковалентний зв'язок виражений слабо.

Для ілюстрації анізотропії пружних властивостей кристалів найбільш ефективною є побудова характеристичної поверхні модуля Юнга (рис. 1).

Аналізуючи характеристичну поверхню модуля Юнга та її перерізи можна зробити висновок, що максимальна жорсткість зв'язку у монокристалів селеніду олова спостерігається у напрямках типу $\langle 011 \rangle$ а мінімальна – у напрямку [001].

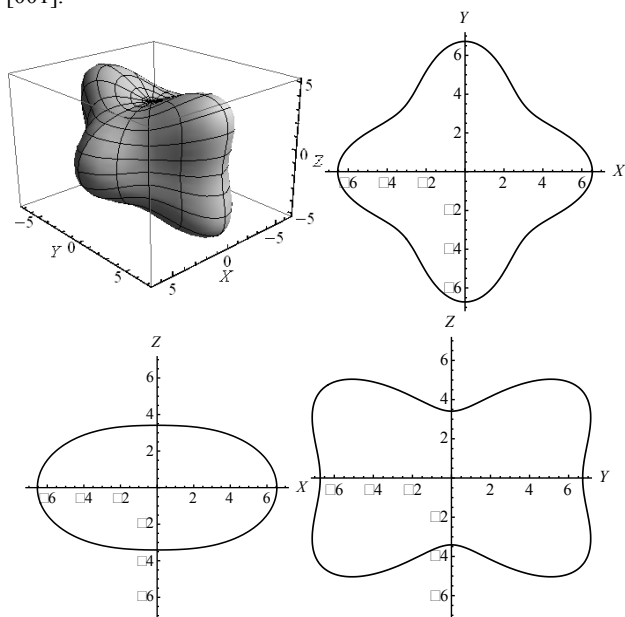


Рис. 1. Характеристична поверхня модуля Юнга та її перерізи основними кристалографічними площинами

ТАБЛИЦЯ 2

Пружні характеристики монокристала SnSe

$$S_{ij}, 10^{-11} \text{ Па}^{-1}; E_i, 10^{10} \text{ Па}; \chi_i, \chi_V, 10^{-11} \text{ Па}^{-1}; K, 10^{10} \text{ Па}.$$

S_{11}	S_{22}	S_{33}	S_{44}	S_{55}	S_{66}	S_{12}	S_{13}	S_{23}
1,529	1,488	2,933	2,441	5,675	6,111	-0,181	-0,561	-0,625
E_1	E_2	E_3	χ_1	χ_2	χ_3	χ_V	K	
6.54	6.72	3.409	0,787	0,682	1,747	3,216	3,109	

Також нами були розраховані компоненти тензора пружних податливостей S_{ij} , модулі Юнга E_i та коефіцієнти лінійної стисливості χ_i в основних кристалографічних напрямках, коефіцієнт об'ємної стисливості χ_V та модуль всебічного стиску K , які наведені в таблиця 2.

Ще одним макромодулем, який описує пружні властивості кристалів є коефіцієнт Пуассона. У загальному випад-

ку коефіцієнт Пуассона є тензорною величиною і має 6 незалежних компонент (табл. 3).

ТАБЛИЦЯ 3

Коефіцієнти Пуассона монокристалів SnSe					
μ_{12}	μ_{13}	μ_{21}	μ_{23}	μ_{31}	μ_{32}
0,122	0,191	0,118	0,331	0,367	0,42

Як слідує з таблиці 2, в основних кристалографічних напрямках монокристал SnSe не проявляє ауксетичних властивостей, проте все-таки монокристал селеніду олова має напрямки, в яких коефіцієнт Пуассона приймає від'ємні значення, тобто SnSe є неаксіально-ауксетичним монокристалом.

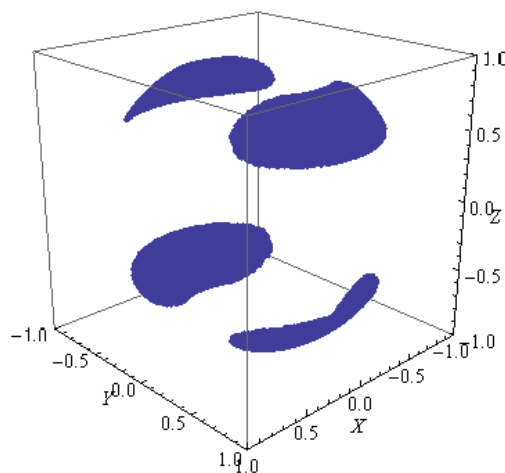


Рис. 2. Ауксетичні області монокристала SnSe

На рис. 2. чорним кольором позначені області, в яких монокристал селеніду олова має від'ємні значення коефіцієнта Пуассона. Як слідує з рис. 2, ауксетичні властивості монокристал SnSe проявляє в чотирьох досить широких областях, зокрема: від $[11\bar{1}]$ до $[\bar{1}1\bar{1}]$, від $[1\bar{1}\bar{1}]$ до $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, від $[111]$ до $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$ і від $[1\bar{1}1]$ до $[\bar{1}\bar{1}1]$. Тобто, якщо в напрямку $[011]$ кристал розтягувати/стискати, то у напрямку $[0\bar{1}1]$ він також буде розширюватися/стискатися.

IV. Висновки

Вперше експериментально визначені модулі пружності селеніду олова, побудована характеристична поверхня модуля Юнга та визначені напрямки максимальної і мінімальної жорсткостей зв'язку. На основі відхилень від співвідношень Коші оцінено тип хімічного зв'язку. Показано, що селенід олова є неаксіально-ауксетичним монокристалом, та вказані напрямки, в яких він має від'ємні значення коефіцієнта Пуассона.

V. Список літератури

- [1] Хандожко В.О. Детектування ультразвукових ехо-імпульсів у кристалах при низьких рівнях збудження / В.О. Хандожко, М.Д. Раранський, Л.Ф. Політанський, В.Н. Балазюк та ін. // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2012, т. 6, № 11. – С. 29–33.
- [2] The mechanical and thermo-physical properties and electronic structures of SnS and SnSe in orthorhombic structure / [Xiancong He, Honglie Shen, Wei Wang and other] // Journal of Alloys and Compounds. – 2013. – V.556. – P. 86–93.
- [3] S. Haussuhl. Die Abweichungen von den Cauchy-Relationen / S. Haussuhl // Phys. Kondens. Mater. – 1967. – V.6. – P.181-192.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

AUXETIC PROPERTIES OF SINGLE CRYSTALS OF SnSe

Raransky M.D., Balazyuk V.N.,
Gunko M.M., Melnyk M.I., Rjaboy O.S.

*Department of Solid State Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National
University, Chernivtsi, Ukraine.*

The velocity of elastic waves expansion in six non-equivalent directions in SnSe single crystals at room temperature was determined by the method of pulse ultrasound. All C_{ij} independent components of the tensor of elastic moduli, numerical values of which are given in Table 1, were calculated. It was established, that the biggest connection forces are in [010] direction, the smallest – [001]. Moreover, the C_{44} shear modulus has abnormally big value equal, which is almost equal to the C_{33} elasticity modulus. Also, we have calculated the S_{ij} components of elastic compliance tensor, Young's modulus E_i . According to the analysis of the C_{ij} numerical values given in table 1, it follows that for SnSe single crystal theoretically calculated in literature C_{ij} values are overestimated by 12-20% compared to experimental ones.

The nature of chemical bonding in tin selenide single crystals in the main crystallographic directions was estimated by Cauchy relations [3]. It was found that the distinctly covalent bond is in [100] direction, and in [010] and [001] directions covalent bond is weak.

The phase velocities characteristic surfaces of Young's modulus and their cross sections in the main crystallographic planes, which fully reproduce all elements of SnSe single crystals symmetry were built based on the experimental values of the elastic moduli. It is established, that the equation $x_{ql} > x_s > x_{qs}$ is fair for velocities of ultrasound waves expansion in the main crystallographic directions. The points of velocity degeneration x_s and x_{qs} were observed at the intersection of characteristic surface planes (100), (010) and (001). Also degeneration of $x_{ql} = x_s$ quasi longitudinal and transverse waves are observed in [001] direction at the intersection of (100) characteristic surface plane. It was found, during analysis the characteristic surface modulus, that the maximum bond stiffness of tin selenide single crystals are observed in the $\langle 011 \rangle$ type direction while the minimum – in [001] direction.

We have developed a program that makes it possible to calculate the value of Poisson in all possible directions and to select those in which they have negative values. As can be seen from Fig. 2, SnSe single crystal has negative values of Poisson's ratio in four pretty wide areas, including: from $[11\bar{1}]$ to $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, from $[1\bar{1}\bar{1}]$ to $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, from $[111]$ to $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$ and from $[1\bar{1}\bar{1}]$ to $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$. That means that if the crystal is stretched or compressed in [011] direction, then it will also be stretch or compress in $[0\bar{1}\bar{1}]$ direction.

ВПЛИВ ІЗОВАЛЕНТНОЇ ДОМІШКИ Mg НА ВЛАСТИВОСТІ CdSe

Сльотов М.М.¹, Гавалешко О.С.¹, Сльотов О.М.²

¹Кафедра оптоелектроніки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: MSlyotov@mail.ru

²Кафедра електроніки і енергетики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: O.Slyotov@chnu.edu.ua

Анотація. – Досліджено властивості легованих ізовалентною домішкою Mg шарів на основі CdSe. Встановлено, що наявність ізовалентної домішки дозволяє при відповідних режимах отримувати низькоомні шари *n*-типу провідності. Для них властива високоефективна люмінесценція у крайовій області.

Ключові слова: селенід цинку, ізовалентна домішка, люмінесценція, оптичне відбивання.

I. Вступ

У сучасних приладах твердотільної електроніки широко використовуються тонкі шари. Вони формують бар'єрні структури на основі *p-n*-моно- та гетеропереходів. Одним з перспективних методів отримання шарів може бути ізовалентне заміщення. Він дозволяє вирішити важливу проблему отримання матеріалів з нестабільною модифікацією кристалічної ґратки, зокрема, гексагональний α -ZnSe, який отримувався на підкладках монокристалу α -CdSe. Не зважаючи на високу структурну досконалість селеніда кадмію його люмінесцентні властивості залишаються малодослідженими. Актуальним також є вивчення впливу на них ізовалентних домішок (ІВД). Зауважимо, що у випадку β -ZnSe, β -CdTe легування ІВД Mg спричиняє отримання інтенсивної люмінесценції в крайовій області оптичного спектру [1, 2]. Тому актуальним постає питання вивчення впливу ізовалентної домішки Mg на властивості крайової люмінесценції базового матеріалу α -CdSe.

II. Результати дослідження

В якості базового матеріалу використовувалася монокристалічний селенід кадмію. Легування домішкою проводилося шляхом дифузії магнію при ізотермічному режимі у вакуумованих до 10^{-4} Торр. ампулах. Досліджувалися оптичне відбивання і люмінесценція поверхневих шарів CdSe:Mg. Для цього використовувалася універсальна вимірювальна установка, яка дозволяла проводити вимірювання при однакових умовах. До того ж, реалізовувалась можливість вимірювань за класичною методикою і з використанням λ -модуляції. Останнє істотно підвищувало чутливість досліджень з метою виявлення характерних особливостей оптичних спектрів. Встановлено, що легування магнієм при відповідних режимах дозволяє істотно змінювати величину і тип електропровідності. Це зумовлює можливість отримання бар'єрних структур, як передумову виготовлення фотосенсорів.

Дослідження фотолюмінесценції виявили випромінювання у крайовій області з максимумом при енергії фотонів $\hbar\omega \approx 1,736$ еВ. Для нього характерним є істотне збільшення (порівняно з вихідним матеріалом) інтенсивності випромінювання і зменшення півширини спектру. Використання λ -модуляції дозволило виявити особливості, які свідчать про складову природу випромінювання. Воно формується двома основними смугами. В області $\hbar\omega > E_g$ характерними властивостями є незалежність положення максимуму від рівня збудження L і добра узгодженість спектрального розподілу з відомим аналітичним виразом для міжзонних випромінювальних переходів вільних носіїв заряду [3]

$$N_{\omega} = (\hbar\omega)^2 \sqrt{\hbar\omega - E_g} e^{-\left(\frac{\hbar\omega - E_g}{kT}\right)}. \quad (1)$$

Величина ширини забороненої зони у вказаному рівнянні (1) визначалась з досліджень оптичного відбивання. За диференціальними спектрами встановлено її значення – $E_g = 1,74$ еВ. Отримана величина добре корелює з максимумом високоенергетичної складової спектра люмінесценції. У цілому це вказує на міжзонну рекомбінацію вільних носіїв заряду, яка визначає природу розглянутої смуги загально-го спектра випромінювання при $\hbar\omega > E_g$.

В області $\hbar\omega < 1,74$ еВ для випромінювання характерні наступні властивості: а) максимум $\hbar\omega_m$ смуги зміщується в область менших енергій фотонів при збільшенні L ; б) інтенсивність змінюється за законом $I \sim L^{1,5}$. Вони притаманні екситонному випромінюванню [4]. Асиметричність контуру смуги та регулярно розташовані особливості з $\hbar\omega_{LO} = 28$ меВ свідчать про непружну екситон-фононну взаємодію при анігіляції екситонів. Як показано в [2], легування ІВД Mg у випадку ZnSe та CdTe приводить до утворення відповідних центрів, на яких зв'язуються екситони. Їх властивості подібні розглянутим вище у випадку шарів CdSe:Mg. Тому природу смуги крайового випромінювання при $\hbar\omega < E_g$ можна інтерпретувати, як рекомбінацію зв'язаних на ІВД магнію екситонів.

III. Висновки

Легування ізовалентною домішкою магнію дозволяє отримати шари CdSe:Mg з високоефективним випромінюванням у крайовій області. Воно формується за участю двох основних смуг. В області енергії фотонів $\hbar\omega > E_g$ випромінювання зумовлено міжзонними переходами вільних носіїв заряду. Легування магнієм спричинює утворення зв'язаних на ізовалентній домішці екситонів, анігіляція яких відповідає за формування інтенсивного випромінювання при $\hbar\omega < E_g$.

IV. Список літератури

- [1] Сльотов М.М. Краевая люминесценция селенида цинка, легированного изовалентной примесью магния // Письма в ЖТФ. – 2001. – 27, №2. – С. 48-50.
- [2] Сльотов М.М., Косолюцкий В.В., Сльотов А.М., Ульяничкий К.С. Сенсоры с изовалентными примесями // Sensor Electronics and Microsystem Technologies. – 2011. – 2, №8. – С.76-80.
- [3] Грибковский В.П. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. – Минск: Наука и техника. – 1975. – 464 с.
- [4] Koh Era, Langer D.W. Luminescence of ZnSe near the band edge under strong laser light excitation // J. Luminescence. – 1970. – 1-2. – P. 514-527.

INFLUENCE OF Mg ISOVALENT IMPURITY ON CdSe PROPERTIES

Slyotov M.M.¹, Gavaleshko A.S., Slyotov O.M.²

¹Department of Optoelectronic, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²Department of Electronics and Energetic, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

Studies of the isovalent magnesium impurities impact on the properties of CdSe compounds were made. Doping of Mg defined the nature of the dominant intensive luminescence in the near band edge region. This emission is formed by interband radiative recombination of free charge carriers and annihilation of bounded on isovalent Mg impurity excitons.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ПОЛУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ШИМ-МОДУЛЯЦИИ И ПРЕДСКАЗЫВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА

Евсеенко О.Н.¹, Савицкий С.М.², Сальников Д.В.³

Кафедра автоматики и управления в технических системах, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина

E-mail: sendmeyouremail@mail.ru¹, savitskiy.s@ukr.net², mr.dimas@meta.ua³

Аннотация. – Доклад посвящен анализу проблем теплового управления, а также подготовке исходных данных для реализации управления температурой инерционного объекта в заданной точке с помощью широтно-импульсной модуляции и предсказывающего фильтра

Представлены результаты натурных экспериментов по снятию разгонных кривых, а также характеристик с длительностью управляющих воздействий, кратных величине выбранного по теореме Котельникова периода дискретизации.

Предложен математический аппарат для расчетов коэффициентов перехода от натурной модели к математической.

Ключевые слова: объекты с распределенными параметрами, обратная задача теплопроводности, ШИМ-регулирование с предсказанием, переходные характеристики.

I. Введение

Повышение цен на основные виды энерго- и теплоносителей заставляет отказаться от традиционных способов управления теплоснабжением промышленных, офисных зданий и помещений и перейти к так называемым «интеллектуальным» системам управления на основе современной вычислительной техники.

Отсутствие алгоритмов синтеза с предсказанием управляющих воздействий в реальном масштабе времени, совершенствование микропроцессорной техники, способной решать сложные вычислительные задачи, а также появление пакетов программ для моделирования создают условия для поиска решений задач управления теплоснабжением.

Задача разработки алгоритмов управления объектами с распределенными параметрами является актуальной, имеет важное научно-практическое значение и найдет применение в энергетике, пищевой промышленности и в жилищно-бытовой сфере.

2. Реализация метода

Существующие системы отопления жилых и офисных зданий работают в неконтролируемом режиме [1], датчики измерения температуры устанавливаются непосредственно на нагревательном элементе, а не в жилых помещениях, в следствие чего нагревательное оборудование в течение длительного времени вырабатывает мощности больше, чем необходимо, что ведет к перегреву воздуха, перерасходу теплового ресурса и ухудшению микроклимата в помещениях.

Предлагаемые решения компаний по автоматизации технологических процессов основаны на терморегуляторах, работающих по релейному или ПИД-закону управления. Работа в данных режимах не учитывает свойства объекта управления — распределенность, линейность, самовыравнивание, а также уникальность объекта. Данные недостатки отсутствуют в методе по управлению температурой объекта с помощью ШИМ-модуляции и предсказывающего фильтра

[2]. Управление нагревателем производится непосредственно по экспериментально полученным характеристикам объекта управления. Это позволяет учитывать структуру и свойства объекта, границы допустимых значений.

Изначально для реализации метода необходимо снять переходные характеристики объекта регулирования и по полученным кривым измерить длительность переходного процесса в объекте t_{mn} . В качестве объекта исследований была выбрана стальная труба с намотанным на одном конце нагревателем.

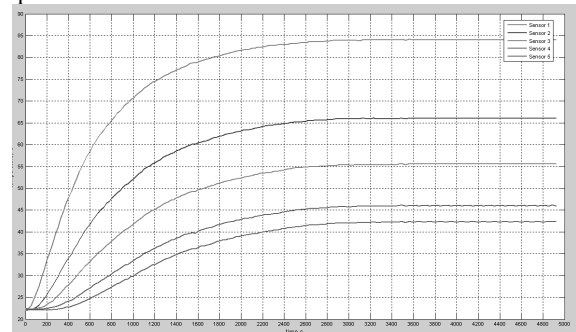


Рис. 1. Переходные характеристики для 5 датчиков температуры

Получение разгонных кривых является решением прямой задачи теплопроводности. Ее решение заключается в отыскании температуры тела, удовлетворяющей дифференциальному уравнению теплопроводности (1) и условиям однозначности [3].

$$\frac{\partial U}{\partial t} - \alpha \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right) = 0, (1)$$

где $U(x,y,z,t)$ — функция трех пространственных переменных (x,y,z) , t — время, α — положительная константа.

Отыскание граничных условий, в том числе и плотности теплового потока, по имеющейся информации о температуре объекта является предметом решения обратной задачи теплопроводности [3].

Для решения обратной задачи теплопроводности необходимо определить постоянную времени, с которой вычислять предсказание и восстанавливать результат. Определить ее можно решив уравнение теплопроводности, при заданных условиях и известных температурах объекта в точках [4] или воспользовавшись теоремой Котельникова для нахождения периода дискретизации по спектру сигнала. После нахождения максимального периода по теореме Котельникова, необходимо соотнести его с величиной зоны нечувствительности и выбрать величину восстановления результата.

Далее, в соответствии с выбранным периодом дискретизации, время переходного процесса t_{mn} необходимо разделить на N равных интервалов длительностью t_u и на интервалах $j \cdot t_u$, где $1 \leq j \leq N$, необходимо снять переходные характеристики объекта под влиянием ШИМ сигналов дли-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

тельностью $j \cdot t_u$. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

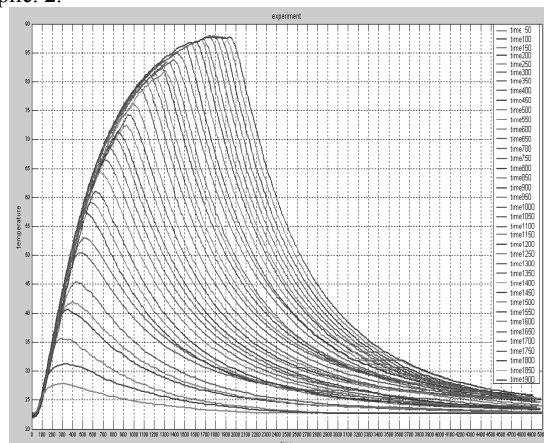


Рис. 2. Полученные переходные характеристики для управляющего воздействия длительностью $j \cdot t_u$.

В точках $j \cdot t_u$, где $j \cdot t_u = 1 \cdot t_u, 2 \cdot t_u, \dots, N \cdot t_u$ — измеряется значение выходного сигнала (температуры) $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_N$. По формуле (2) рассчитываются соответствующие коэффициенты передачи теплового воздействия $\eta_{i,j}$ для управления тепловым полем в момент времени j

$$\eta_{i,j} = \frac{\Delta \theta_i}{Q \cdot t_{uj}} \Big|_{t_{uj} = t_u \cdot j}, \quad (2)$$

где: $\Delta \theta_i$ — приращение температуры на i -том интервале; Q — мощность теплового потока; $t_{u,j}$ — длительность j -го импульса, $1 \leq j \leq N$;

Так как объект является линейным, то характер его переходной функции не зависит от величины амплитуды управляющего воздействия, т.е. отношение выходного параметра объекта $Y(t)$ к управляющему воздействию X вида единичной функции есть величина постоянная для одного и того же момента времени [5].

Любое управляющее воздействие можно представить в виде суммы единичных функций. Для тепловых полей справедлив принцип суперпозиции, который заключается в том, что изменение температуры объекта равно сумме изменений температур, обусловленных каждым тепловым потоком (если их несколько) отдельно. Поэтому при воздействии на объект тепловым потоком, который имеет вид ШИМ-функции, при условии, что изменение ШИМ-функции происходит в моменты, кратные t_u , и при помощи массива коэффициентов $\eta_{i,j}$ можно рассчитать температуру объекта в любой момент времени, кратный t_u .

III. Выводы

Разработан математико-аппаратно-программный комплекс для исследования законов управления тепловыми объектами, включающий в себя оригинальный закон регулирования, программу управления, нагреватель, датчики температуры, контроллер, объект управления.

Проведены экспериментальные исследования по снятию разгонных кривых для объекта исследований — стальной трубы. В качестве амплитуды входного сигнала выбран параметр мощности источника питания.

Полученные разгонные характеристики схожи с поведением аperiodического звена. Эти кривые идентичны тем,

которые демонстрируют тепловые объекты с плохой теплоизоляцией. Рассчитанные коэффициенты пропорциональности подтверждают, что объект является линейным, следовательно, для него можно применять принцип суперпозиции и реализовывать управление температурой объекта с помощью широтно-импульсного регулирования с использованием предсказывающего фильтра.

IV. Список литературы

- [1] Туркин В. П. Автоматическое управление отоплением жилых зданий: опыт строительства и эксплуатации жилищного фонда в Челябинске / В. П. Туркин, П. В. Туркин, Ю. Д. Тыщенко. — М.: Стройиздат, 1987. — 192 с.
- [2] Спосіб програмного управління тепловим об'єктом з застосуванням широтно-імпульсної модуляції: пат. на корисну модель № 81276 Україна: МПК G05D 23/19 (2006.01) / Савицький С. М., Гапон А. І., Качанов П. О., Євсеєнко О. М., Вискребенев В. О.; заявник Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т». — № u201300059; заявл. 02.01.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. — 4 с.
- [3] Теория и техника теплофизического эксперимента: [учеб. пособие] / Ф. Гортышов [и др.]; под ред. В. К. Щукина. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 360 с.
- [4] Трохова Н. С. Методы решения обратных задач параболического типа [Электронный ресурс] / Н. С. Трохова — Режим доступа: <http://www.np.vspu.ac.ru/metodika/troхова.pdf>. — Загл. с экрана.
- [5] Управление с предсказанием объектами с распределенными параметрами / А. И. Гапон, С. М. Савицкий, Н. А. Рудакова, А. М. Коркин // Вестн. Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. — Харьков, 2011. — Вып. 11: Автоматика и приборостроение. — С. 11-17.

GETTING SOURCE DATA FOR THE EXPERIMENT OF CONTROL TEMPERATURE WITH PWM MODULATION AND PREDICTION FILTER

Yevseienko O.N.¹, Savitskiy S.M.², Salnikov D.V.³

Department of the Automatic and Control Systems, National Technical University, Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv, Ukraine

This report is dedicated to the analysis of problems of thermal control and preparing the source data for implementation a temperature control of inertial object at a given point with pulse-width modulation and prediction filter. Presented the results of natural experiments for receiving the overlocking curves (see Fig.1), characteristics with a duration equal to the value of sampling period t_u selected by the theorem of Kotelnikov.

Getting the overlocking curves is the solution of the direct problem of heat conduction. Its solution is to find an object's temperature that satisfies the differential equation of heat conduction (1) and the conditions of the uniqueness [3].

The determination of the boundary conditions, including the thermal flux density, according to the available information about the temperature of the object is a subject of solving the inverse heat conduction problem [3].

A steel pipe has been taken as the test object. Overall dimensions, mm: length — 355; diameter — 32; length of the wound heater at the beginning — 82. Sensors data have been fixed every 5 seconds.

Transition features are obtained for the object with five equidistant sensors and a heater.

The first sensor was chosen to investigate the method and located approximately 50 mm away from the bottom of the heater.

The capabilities of transition features are similar to behavior of an aperiodic link. These curves are identical to those that shows thermal objects with bad insulation.

Proposed mathematical apparatus for the calculation transmission coefficients of thermal effects (Formula 2) for transition from a full-scale model to a mathematical.

The calculated coefficients of proportionality are confirmed the fact that the object is linear, therefore, for it is possible to apply the principle of superposition and implement control the temperature of the object by the proposed method — PWM modulation with using prediction filter.

ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ДИФУЗІЙНИХ ШАРІВ ZnSe:Yb

Махній В.П.¹, Горлей П.П.², Кінзерська О.В.¹, Слинко Є.І.³, Ульяницький К.С.¹

¹Кафедра оптоелектроніки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: vpmakhniy@gmail.com

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) Chihuahua-Monterrey, Chihuahua, México, E-mail: paul.horley@cimav.edu.mx

³Відділ вузькощілинних напівпровідників, Чернівецьке відділення Інституту проблем матеріалознавства НАН України імені І.М. Францевича, Чернівці, Україна

Анотація. – досліджено люмінесцентні властивості селеніду цинку, легованого рідкоземельним елементом Yb з парової фази. Встановлено, що ітербій викликає перебудову ансамблю точкових дефектів в кристалах ZnSe, яка викликає "гасіння" червоної смуги люмінесценції і домінування між зонної випромінювальної рекомбінації.

Ключові слова: селенід цинку, рідкоземельні елементи, легування, люмінесценція.

Отримання і дослідження широкозонних II-VI сполук, які володіють унікальними набором фізико-технічних параметрів, є однією з найважливіших задач оптоелектронного матеріалознавства. На жаль, можливості практичного використання цих напівпровідників у більшості випадків обмежуються труднощами цілеспрямованого керування їх фізичними властивостями. Однією з основних причин цього є наявність у кристалах великої кількості неконтрольованих домішок, які утворюють електрично активні та рекомбінаційні центри у забороненій зоні. Для зменшення їх концентрації, зазвичай, проводять попереднє ретельне очищення компонент напівпровідникової сполуки, що є складною задачею і не завжди приводить до бажаного результату. Інший, більш простий шлях – легування напівпровідника певними домішками, що викликають у ньому "ефект очищення", до яких, зокрема, відносяться рідкоземельні елементи (РЗЕ).

У той же час у літературі практично відсутня інформація про вплив РЗЕ на властивості широкозонних II-VI сполук. Стосовно ж селеніду цинку, одного з найбільш перспективних оптоелектронних матеріалів, нам відома лише одна робота [1], автори якої виявили ефекти зменшення концентрації донорної домішки та збільшення ефективності екситонної люмінесценції у результаті легування кристалів n-ZnSe ітербієм (Yb) у процесі вирощування. У даній роботі вивчається вплив Yb на люмінесценцію кристалів ZnSe, у якій ця домішка вводиться більш простим і гнучкішим методом дифузії з парової фази. Процес проводився в евакуйованій до 10⁻⁴ Торр і запаянній кварцовій ампулі, у протилежних кінцях якої знаходились підкладинка і шихта, що містила наважки Yb та елементарного Se. Підкладинками слугували пластинки розміром 5×5×1 мм³, які були вирізані з монокристалів двох різних типів: бездомішкових (i-ZnSe) та легованих Te у процесі росту і відпалених додатково у насиченій парі цинку (n-ZnSe<Te>:Zn).

Спільним для обох типів вихідних зразків є наявність у спектрах фотолюмінесценції двох смуг – червоної (R) та блакитної (B), рис. 1 і 2. При цьому B-смуга з максимумом поблизу 2,68 eV формується за рахунок рекомбінації через мілкі донорні рівні вакансій селену. Натомість, R-смуга в кристалах i-ZnSe має донорно-акцепторну природу, а в n-ZnSe<Te>:Zn зумовлена переходами за участю глибоких донорних рівнів міжвузловинного цинку. Як видно з рис. 1 і 2 легування Yb викликає повне "гасіння" R-смуги в обох типах кристалів ZnSe, що свідчать про "ефекти очищення" зразків від точкових дефектів, які відповідають за формування даної смуги. Додатковим підтвердженням "ефекту

очищення" є також зменшення півширини B-смуги і зміщення її максимуму до $h\nu \approx 2,7$ eV, що відповідає ширині забороненої зони ZnSe при 300 K. Пропонується механізм дефектоутворення у легованих Yb зразках, яка адекватно пояснює отримані результати.

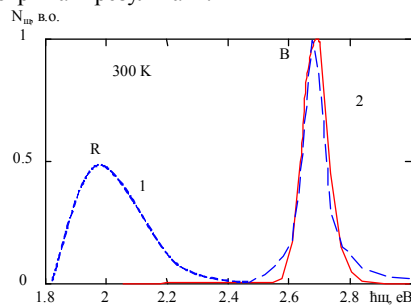


Рис. 1. Спектри люмінесценції кристалів i-ZnSe до (1) і після легування ітербієм (2)

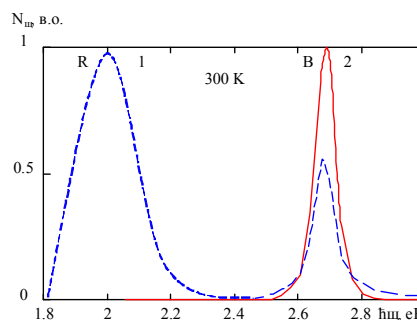


Рис. 2. Спектри люмінесценції кристалів ZnSe<Te>:Zn до (1) і після легування ітербієм (2)

Список літератури

- [1] Электрические и люминесцентные свойства монокристаллов n-ZnSe, легированных итербием / Г.Н. Иванова, В.А. Касьян, Д.Д. Недеолго // ФТП. – 1995. – Т.29. – В.4. – С.621-626.

LUMINESCENCE DIFFUSION LAYERS ZnSe:Yb

Makhniy V.P.¹, Horley P.P.², Kinzerska O.V.¹, Slynko E.I.³, Ulyanitskiy K.S.¹

¹Department of the optoelectronics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) Chihuahua-Monterrey, Chihuahua, México

³Department of narrow-gap semiconductors, Chernivtsi Department of Frantsevich the Institute for Problems of Materials Science of NAS of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine

Luminescent properties of zinc selenide doped with rare earth elements Yb vapor are investigated. Established that ytterbium is restructuring ensemble of point defects in crystals of ZnSe. This restructuring causes "attenuation" red band luminescence and amplification interband radiative recombination.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ НАНОКОМПОЗИТНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ

Борисова О.В.¹, Бабич Б.Б.², Вербицький В.Г.⁴, Мачулянський О.В.⁴, Смілик В.О.⁵

¹Кафедра мікроелектроніки, НТУУ «КПІ», Київ, Україна, E-mail: ¹al-borisova@mail.ru; ²wvbbb@meta.ua; ³v.g.verbitsky@gmail.com; ⁴machulansky@gmail.com; ⁵VitaliySmilyk@i.ua.

Анотація. – Досліджено плівкові металодіелектричні покриття на основі нікелю. Розроблено методику визначення коефіцієнтів відбиття та пропускання нанокompatитної металодіелектричної структури Ni-SiO₂ та виконано чисельне моделювання її оптичних характеристик. Отримані спектральні залежності коефіцієнтів відбиття та проходження структури Ni-SiO₂ для різних товщин шару Ni (5 нм; 20 нм; 100 нм). Обговорюються можливості застосування нанокompatитних структур на основі нікелю в якості енергозберігаючих.

Ключові слова: нанокompatит, металодіелектричні покриття, спектральна селективність.

I. Вступ

Наукові та технологічні дослідження з розробки енергозберігаючих покриттів в багатьох країнах світу відносять до пріоритетних напрямків науки та техніки, оскільки основна увага на сьогоднішній день приділяється економії енергетичних ресурсів.

Такі покриття можуть використовуватися в якості прозорих теплових фільтрів, фототермічних та фотоелектричних перетворювачів з покращеним ККД.

Такі можливості забезпечуються за рахунок спектрально-селективних тепловідбиваючих властивостей [1, 2]. Енергозберігаючі покриття в даний час реалізуються в основному на основі багатшарових структур, утворених з тонких плівок срібла та діелектрика. Такі покриття мають високу собівартість за рахунок використання дорогоцінного металу срібла. Уникнути більшості з недоліків, притаманних багатшаровим покриттям, пропонується за рахунок виготовлення енергозберігаючих плівкових нанокompatитних металодіелектричних структур на основі широко поширених в мікроелектронній технології металів, в тому числі нікелю [2, 3].

В даній роботі наведено дослідження спектральних характеристик нанокompatитних металодіелектричних покриттів на основі нікелю для використання в енергозберігаючих технологіях.

II. Чисельне моделювання оптично прозорих нанокompatитних покриттів

Для чисельного моделювання оптично прозорих нанокompatитних покриттів використано металодіелектричну структуру, що складається з тонкого шару металу на діелектричній підкладці. В якості металу – Ni, в якості діелектрику – SiO₂.

Розрахунок спектральних залежностей коефіцієнтів відбиття та пропускання нанокompatитних покриттів на основі нікелю проводився за феноменологічною теорією оптичних властивостей тонких шарів, що пов'язує коефіцієнти відбиття та проходження з оптичними параметрами матеріалу [4].

В операторній формі представлено виразами:

$$R = F(n_1, k_1, d_1, \lambda_1, n_2, k_2, d_2, \lambda_2), (1)$$

$$T = F(n_1, k_1, d_1, \lambda_1, n_2, k_2, d_2, \lambda_2), (2)$$

де: n_1, k_1, d_1, λ_1 – відповідно коефіцієнт заломлення, коефіцієнт поглинання, товщина та довжина хвилі (для металеві компоненти); n_2, k_2, d_2, λ_2 – відповідно коефіцієнт заломлення, коефіцієнт поглинання, товщина та довжина хвилі для діелектричної компоненти композиту.

В якості вхідних даних для розрахунку нанокompatитних покриттів використовувались значення оптичних параметрів нікелю та діелектрику [5].

В якості оптичних характеристик використовувались показники уявної та дійсної частин комплексної діелектричної проникності металевого шару, які визначалися на основі значень показників заломлення n і поглинання k металів для об'ємних матеріалів.

Результати чисельних розрахунків спектральних характеристик коефіцієнтів відбиття та проходження для спектрального діапазону від 0,3 до 3 мкм електромагнітного спектру довжин хвиль нанокompatитного покриття (Ni-SiO₂) наведені на Рис.1 та Рис.2.

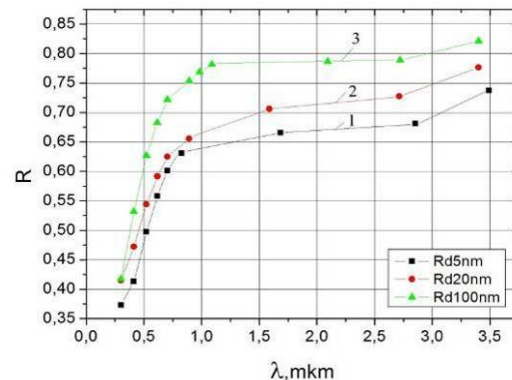


Рис. 1. Спектральні залежності коефіцієнтів відбиття нанокompatитної металодіелектричної структури Ni-SiO₂ для різних товщин нікелю (1 – 5 нм; 2 – 20 нм; 3 – 100 нм)

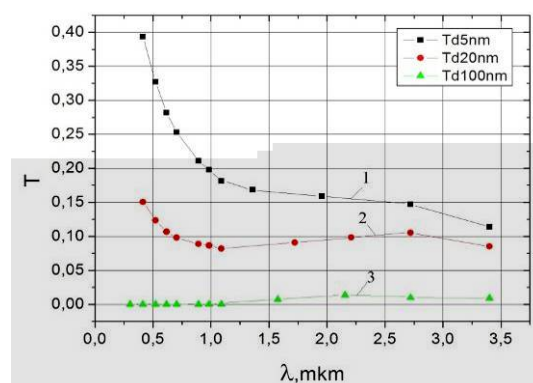


Рис. 2. Спектральні залежності коефіцієнтів проходження нанокompatитної металодіелектричної структури Ni-SiO₂ для різних товщин нікелю (1 – 5 нм; 2 – 20 нм; 3 – 100 нм)

З представлених залежностей видно, що для коефіцієнтів відбиття та проходження в спектральному діапазоні 0,3 мкм – 3 мкм нанокompatитного металодіелектричного покриття Ni-SiO₂ з нанорозмірними товщинами Ni від 5 нм до 100 нм характерна спектральна селективність. В інтервалі

0,3 мкм – 0,6 мкм для шару нікелю товщиною до 5 нм значення коефіцієнта відбивання знаходяться на рівні $0,35 \pm 0,55$ мкм і при збільшенні товщини нікелю мають тенденцію до підвищення.

Аналіз результатів досліджень дає можливість визначити параметри структури нанокompatитних металодіелектричних покриттів для забезпечення необхідних спектрально-селективних характеристик у відповідних прикладних застосуваннях.

III. Висновки

Розроблено методику розрахунків спектральних залежностей коефіцієнтів відбиття та пропускання нанокompatитних покриттів з металевими та діелектричними компонентами на основі феноменологічної теорії оптичних властивостей тонких шарів.

Показано, що нанокompatитні металодіелектричні покриття на основі нікелю у спектральному діапазоні 0,3 мкм – 3 мкм мають високі значення спектральної селективності. Це дозволяє рекомендувати їх для застосування в якості прозорих тепловідбиваючих фільтрів в енергозберігаючих технологіях.

IV. Список літератури

- [1] Агнихотри О., Гупта Б. Селективные поверхности солнечных установок — М., 1984. — 273 с.
- [2] Мачулянский, А.В. Электромагнитные характеристики нанокompatитов на основе наноразмерных металлических включений // Технічна електродинаміка. — 2012. — ч.2. — С.193—197.
- [3] Optical losses of multi component glasses for fibers and methods of their reduction / L.V. Maksimov, A.V. Anan'ev, V.N. Bogdanov, T.S. Markova, S.N. Smerdin, O.V. Yanush // Optics and Optoelectronics. Proc. SPIE. Warsaw. Poland, 2006, vol.5951. — pp. 59510E-1 — 59510E-9.
- [4] Борн М., Вольф Д. Основы оптики — М. : Наука, 1973. — 719 с.
- [5] Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В. Оптические постоянные природных и технических сред. — Л. : Химия, Ленинградское отделение. — 1984. — 215 с.

ENERGY-SAVING NANOCOMPOSIT COVERINGS ON THE BASIS OF NIKEL

Borisova A.V.¹, Babych B.B.², Verbitsky V.H.³, Machulsky A.V.⁴, Smilyk V. O.⁵

Department of Microelectronics, NTU "KPI", Kyiv, Ukraine:

¹al-borisova@mail.ru; ²wvbbb@meta.ua; ³v.g.verbitsky@gmail.com;

⁴machulansky@gmail.com; ⁵VitaliySmilyk@i.ua.

Main attention is paid to date savings of energetic resources as scientific and technological research to develop energy-saving coatings in many countries carry to priority areas of science and technology.

The algorithm of calculations of factors of reflexion and passing on the basis of the phenomenological theory metal-dielectric power-effective structures are developed. Numerical modeling of their optical characteristics is spent. For nickel the analysis of designs metal-dielectric coverings shows that they

have high values of spectral selectivity that in turn allows to use them in low issue multipurpose coverings.

Analysis of metal-nanocomposit coatings based on nickel shows that these coatings have high values of spectral selectivity. This allows the use-aside solely for them in low-issue multi-digging.

It is investigated film metal-dielectric coatings based on nickel. The algorithm calculation of reflection and transmission coefficients nanocomposit metal structure Ni-SiO₂ and numerical simulation of optical character junction. The spectral dependence of the reflection and transmission structure of Ni-SiO₂ layer thicknesses for different Ni (5 nm, 20 nm, 100 nm). We discuss the possibility of nanocomposit structures based on nickel as energy saving.

For nickel the analysis of designs metal-dielectric coverings shows that they have high values of spectral selectivity that in turn allows to use them in low issue multipurpose coverings.

But thus it is important to specify that by working out of such coverings it is necessary to spend:

- detailed researches taking into account their structure in nano-dimensional layers and dimensional clusters that changes length of a wave;
- allows to develop perspective technological processes on creation such metal-dielectric structures in the closed work cycle.

Results of numerical calculations of spectral characteristics of factors of reflexion and admission threw-dielectric structures which represent the big practical interest of power-effective coverings were resulted.

As optical characteristics the data of imaginary and valid parts of complex dielectric permeability of metal layers (nickel) which were defined on the basis of values of indicators of refraction n and absorption k metals for volume materials was used.

Scientific and technological researches on working out of energetically effective coverings carry in many countries to critical technologies and priority directions of development of a science and techniques since the basic attention to today is given to economy of power resources.

Such coverings possess wider functional characteristics and can be used as transparent thermal filters, photothermal and photo-electric converters with the raised efficiency.

Therefore research and working out of coverings on a basis metal-dielectric structures with the set optical characteristics from the point of view of their application in microelectronics, optoelectronics, telecommunication both information technology and power is an actual problem.

To execute numerical modeling of threw-dielectric coverings with optical selective characteristics on the basis of various metals. To carry out the comparative analysis.

The phenomenological theory of optical properties of thin layers which connects factors of reflexion and admission with optical parameters of a material was applied to working out of algorithm of calculation of spectral characteristics of factors of reflexion and admission single-layered coverings.

КРИТЕРІЇ АУКСЕТИЧНОСТІ КРИСТАЛІВ КУБІЧНОЇ СИНГОНІЇ

Раранський М.Д., Балазюк В.Н., Гунько М.М., Гевик В.Б.

Кафедра фізики твердого тіла, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: ftt2010@bigmir.net

Анотація. – Розраховані коефіцієнти Пуассона μ_{ij} та визначені напрямки аномального деформування для більше п'ятдесяти кристалів кубічної сингонії. Побудовані характеристичні поверхні швидкостей поширення УЗ хвиль x_i та модулів Юнга E_i . Вперше побудовані вказівні поверхні ауксетичності монокристалів з ґратками ОЦК, ГЦК, типу NaCl та сфалериту. Визначена концентраційна і температурна залежність ауксетичності монокристалів. При наближенні до точок фазових переходів площа вказівних поверхонь ауксетичності зростає і кристали наближаються до абсолютних ауксетиків. Поблизу точок фазових переходів виявлена аномалія швидкостей поширення УЗ хвиль.

Ключові слова: коефіцієнт Пуассона, ауксетичність, пружні податливості, напрямні косинуси.

I. Вступ

В теорії пружності ізотропних тіл механічні властивості середовищ описуються модулями Юнга E , зсуву G , всебічного стиску B , коефіцієнтом Пуассона μ та ін., які є скалярними величинами. При розгляді анізотропних середовищ переважна більшість вказаних технічних параметрів становлять тензорними величинами. Компоненти тензорів визначають пружні властивості матеріалів у певних кристалографічних напрямках. Побудова характеристичних поверхонь тензорів дозволяє однозначно відтворити анізотропію пружних властивостей, виявити екстремальні (іноді аномальні) значення фізичних параметрів і є найбільш інформативним методом у сучасній кристалофізиці і теорії пружності анізотропних твердих тіл. Перше повідомлення про аномальний деформаційний характер кристалів, який не узгоджувався з класичною теорією пружності – розширення поперечних розмірів кристалів піриту (FeS_2) при повздовжньому одноосному розтягу – належить Вольдемару Фойгту [1], яке у пізніших дослідженнях не підтвердилось [2]. Однак ідея В. Фойгта привела до виявлення в кінці ХХ століття нового класу матеріалів з аномальними деформаційними властивостями – від'ємним значенням коефіцієнтів Пуассона $\mu < 0$, які названі ауксетиками. Актуальність дослідження ауксетиків мотивується можливістю отримання матеріалів з унікальними деформаційно-міцнісними характеристиками: високе ударно-енергетичне поглинання, сейсмічна та адгезійна стійкість, велика гранична текучість тощо. Детальний огляд властивостей матеріалів з від'ємними коефіцієнтами Пуассона можна знайти в роботі [3]. Переважна більшість робіт зосереджена на визначенні екстремальних значень коефіцієнтів Пуассона μ та модулів Юнга у певних кристалографічних напрямках. При цьому найбільша кількість ауксетиків (більше 300) виявлена серед металів і сплавів, деяких бінарних напівпровідникових і лужногалогенідних сполук з кубічною кристалічною ґраткою [4].

У даній роботі із застосуванням сучасних методів фізичної акустики і комп'ютерної технології обробки експериментальних результатів визначені основні параметри пружних властивостей анізотропних кристалів: швидкості поширення УЗ хвиль x_i , модулі пружності S_{ijkl} , податливості S_{ijkl} , модулі Юнга E_i та коефіцієнти Пуассона μ_{ijkl} . На основі аналізу анізотропії пружних властивостей виявлені

основні умови і критерії виникнення аномальних деформацій та вперше побудовані вказівні поверхні ауксетичності монокристалів кубічної сингонії.

II. Теоретичні основи

У загальному випадку коефіцієнт Пуассона для анізотропного середовища записується у вигляді

$$\mu_{ij} = \frac{S_{ijj}}{S_{ijj}} \quad (1)$$

або у позначеннях Фойгта

$$\mu_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_{jj}} \quad (2)$$

Для визначення залежності коефіцієнта Пуассона від напрямку необхідно записати загальний вираз ортогонального переходу від системи координат XYZ до системи $X'Y'Z'$, яка повернута на деякий кут відносно первинної XYZ [5]:

$$S_{ijkl} = \alpha_{im} \alpha_{jn} \alpha_{ko} \alpha_{lp} S_{mnop} \quad (3)$$

де $\alpha_{f(g)(ijkl)g(mnop)}$ – напрямні косинуси, а $f, g = 1, 2, 3$.

Підставивши (3) в (2), отримаємо вираз, який визначає залежність коефіцієнта Пуассона від напрямків, і для кристалів кубічної сингонії він має вигляд:

$$\begin{aligned} \mu_{ij}' = & -[(\alpha_{11}^2 \alpha_{21}^2 + \alpha_{12}^2 \alpha_{22}^2 + \alpha_{13}^2 \alpha_{23}^2) S_{11} + \\ & + (\alpha_{11}^2 \alpha_{22}^2 + \alpha_{12}^2 \alpha_{21}^2 + \alpha_{11}^2 \alpha_{23}^2 + \alpha_{13}^2 \alpha_{21}^2 + \\ & + \alpha_{12}^2 \alpha_{23}^2 + \alpha_{22}^2 \alpha_{13}^2) S_{12} + (\alpha_{12} \alpha_{13} \alpha_{22} \alpha_{23} + \\ & + \alpha_{11} \alpha_{13} \alpha_{21} \alpha_{23} + \alpha_{11} \alpha_{12} \alpha_{21} \alpha_{22}) S_{44}] / \\ & [(\alpha_{21}^4 + \alpha_{22}^4 + \alpha_{23}^4) S_{11} + (2\alpha_{21}^2 \alpha_{22}^2 + \\ & + 2\alpha_{21}^2 \alpha_{23}^2 + 2\alpha_{22}^2 \alpha_{23}^2) S_{12} + (\alpha_{22}^2 \alpha_{23}^2 + \\ & + \alpha_{21}^2 \alpha_{23}^2 + \alpha_{21}^2 \alpha_{22}^2) S_{44}]. \end{aligned} \quad (4)$$

Зауважимо, що напрямні косинуси формують матрицю ортогонального перетворення:

$$\alpha_{fg} = \begin{vmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{vmatrix} \quad (5)$$

У співвідношенні (4) компоненти α_{31} , α_{32} , α_{33} не фігурують, оскільки значення коефіцієнта Пуассона залежить від розташування двох, а не трьох взаємоперпендикулярних векторів. При цьому компоненти матриці ортогонального перетворення α_{fg} задовольняють наступним рівнянням:

$$\begin{aligned} \alpha_{11}^2 + \alpha_{12}^2 + \alpha_{13}^2 &= 1 \\ \alpha_{21}^2 + \alpha_{22}^2 + \alpha_{23}^2 &= 1 \quad (6) \\ \alpha_{11} \cdot \alpha_{21} + \alpha_{12} \cdot \alpha_{22} + \alpha_{13} \cdot \alpha_{23} &= 0 \end{aligned}$$

Аналізуючи залежність μ_{ij}' від напрямків можна зробити наступний висновок: побудувати характеристичну поверхню коефіцієнта Пуассона неможливо, оскільки у співвідношенні (4) фігурують шість напрямних косинусів, три з яких із врахуванням (6) є незалежними. Іншими словами, побудувати чотирихвимерну поверхню в трьохвимірній системі координат неможливо. Отже, реально можна побудувати тільки певні перерізи характеристичної поверхні

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

μ_{ij} . Тому, нами була створена програма, яка дозволяє за співвідношенням (4) розрахувати значення коефіцієнтів

Пуассона у всіх можливих напрямках, вибрати від'ємні значення і напрямки, відповідні їм, та побудувати вказівні поверхні ауксетичності монокристалів.

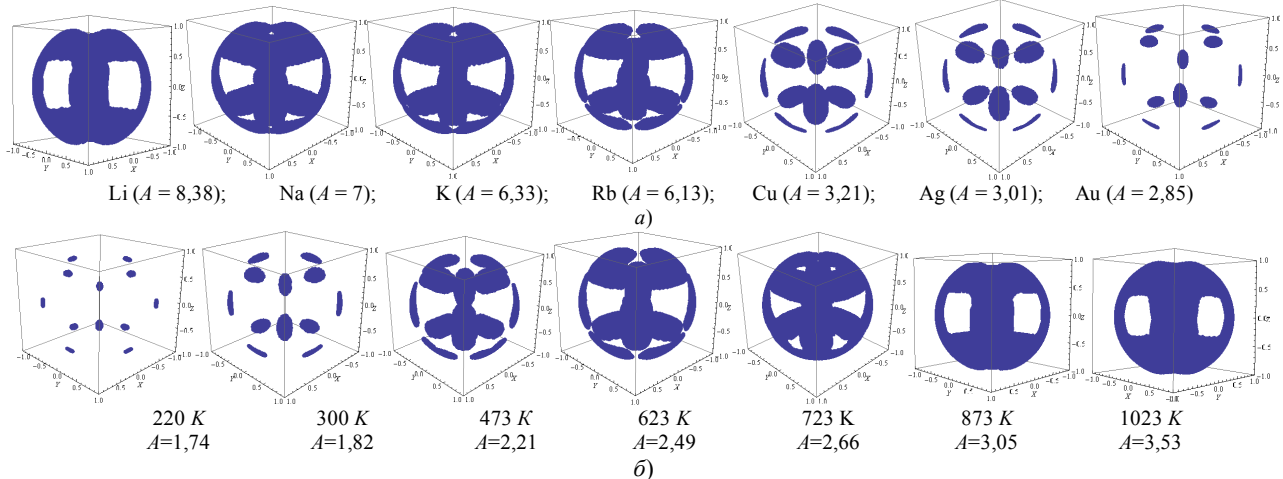


Рис. 1. а) вказівні поверхні ауксетичності деяких кристалів кубічної сингонії, б) температурна залежність ауксетичності монокристала LiF

III. Експеримент

Розрахунок від'ємних значень коефіцієнтів Пуассона μ_{ij} та виявлення ауксетичних напрямків проводилось за співвідношенням (4) з використанням експериментальних значень модулів пружності C_{ij} , визначених нами для монокристалів LiF, CdTe, HgTe, $Cd_{1-x}Mn_xTe$, $Hg_{1-x}Mn_xTe$. Використані також модулі пружності інших кубічних кристалів, взяті з роботи [6]. Побудовані характеристичні поверхні швидкостей поширення УЗ хвиль і модулів Юнга, а також вказівні поверхні ауксетичності більше п'ятдесяти монокристалів кубічної сингонії. На рис. 1, для прикладу, наведені вказівні поверхні ауксетичності монокристалів I групи Li, Na, K, Rb, Cu, Ag, Au та температурна залежність ауксетичності монокристала LiF, де вказана зміна анізотропії пружності $A = 2C_{44} / (C_{11} - C_{12})$ та температура в K.

IV. Висновки

- Критерієм неаксіальної ауксетичності є умова $S_{11} + S_{12} - \frac{1}{2}S_{44} > 0$, а аксіальної ауксетичності $S_{12} > 0$.
- Для переважної більшості кубічних монокристалів неаксіальна ауксетичність спостерігається у структурно еквівалентних напрямках $\langle 110 \rangle$, $\langle \bar{1}10 \rangle$, $\langle 1\bar{1}0 \rangle$, $\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$.
- Ауксетичні властивості кристалів виявляються при умові $A \geq 2,0$ ($A^{LiF} = 1,94$). При зростанні пружної анізотропії A площа вказівної поверхні ауксетичності зростає.
- При наближенні до точок фазових переходів ($T_{\phi}^{Li} = 78 K$, $T_{пл}^{LiF} = 1143 K$) площа вказівних поверхонь ауксетичності зростає і кристали наближаються до абсолютних ауксетиків.
- Спостерігається кореляція між ступенем ауксетичності та характеристичною температурою Дебая θ_D .

V. Список літератури

[1] Voigt. W. Lehrbuch der Kristallphysik / Voigt. W. – Leipzig-Berlin: Teubner, 1910. – 987 s.

[2] Bettenbouche N. The dependence of the elastic stiffness module and the Poisson ratio of natural iron pyrites FeS_2 upon pressure and temperature / Bettenbouche N., Saunders G.A., Lamson E.F., Hönl W. – J. Phys. D., 1989, V. 22, pp. 670 - 675.
 [3] Конєк Д.А. Материали с отрицательным коэффициентом Пуассона (обзор) / Конєк Д.А., Войцеховский К.В., Пласкачевский Ю.М., Шилько С.В. – Механика композиционных материалов и конструкций, 2004, – Т. 10, №1, – с. 35 - 90.
 [4] Landolt-Börnstein. Group III: Condensed Matter / Landolt-Börnstein. – Berlin: Springer. V. 29a, 1992, p. 11-188.
 [5] Сиротин Н.Н. Основы кристаллофизики / Н.Н. Сиротин, М.П. Шаскольская. – М.: Наука, 1979. – 639 с.
 [6] Францевич И.Н. Упругие постоянные и модули упругости металлов и неметаллов / Францевич И.Н., Воронов Ф.Ф., Бакута С.А. – К.: Наукова думка, 1982. – 286 с.

THE CRITERIA OF CRYSTALS AUXETICITY OF CUBIC SYNGONY

Raransky M.D., Balazyuk V.N., Gunko M.M., Gevyk V.B.
 Department of Solid State Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

Poisson coefficients μ_{ij} and the directions of anomalous deformation were determined based on the experimental values of elastic modulus C_{ij} for single crystals of cubic symmetry. It was found that for the vast majority of cubic single crystals auxeticity are observed in crystallographic directions $\langle 110 \rangle$, $\langle \bar{1}10 \rangle$, $\langle 1\bar{1}0 \rangle$ and $\langle \bar{1}\bar{1}0 \rangle$. The characteristic surface of expansion velocities of ultrasonic waves x_i and Young's modulus E_i were built for more than 50 crystals. Pointing surfaces of auxeticity were built for the first time for the single crystals of ccv, fcc, NaCl and sphalerite type of lattices. It was established the criteria for axial and not axial auxeticity. It was revealed that auxeticity of crystals does not depend on the type of crystal lattice but is determined by the anisotropy A , which is the structural stability of the lattice. The condition of auxeticity is $A \geq 2,0$. The concentration and temperature dependence of auxeticity of single crystals $Cd_{1-x}Mn_xTe$, $Hg_{1-x}Mn_xTe$ and Li, LiF was determined respectively. It is significant that at the increase of the concentration of Mn the auxeticity decreases and at the approach to the phase transition points ($T_{\phi}^{Li} = 78 K$, $T_{пл}^{LiF} = 1143 K$) the pointing surface area of auxeticity grows and crystals approach to absolute auxetic crystals. At the points of phase transitions it was detected that anomaly of propagation velocities of longitudinal x_l and transverse x_t ultrasonic waves: $x_l \approx x_t$. There is a correlation between the degree of auxeticity and Debye characteristic temperature θ_D for all auxetic crystals.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
 23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ІЄРАРХІЧНІ КЛАТРАТО/КАВІТАТНІ НАНОСТРУКТУРИ ДЛЯ СПІНОВИХ КОНДЕНСАТОРІВ ТА ВИСОКОЧУТЛИВИХ СЕНСОРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Григорчак І. І., Іващишин Ф. О., Біщанюк Т. М.,

Кафедра прикладної фізики і наноматеріалознавства, Національний університет „Львівська політехніка”,
Львів, Україна, E-mail: ivan_gryg@ukr.net

Анотація. – Робота присвячена створенню спінових конденсаторів. Показано, що в структурі $\text{InSe}<\beta\text{-CD}<\text{Fe}>>$ можна більш ефективно реалізувати ефект виникнення електрорушійної сили в постійному електричному полі. Встановлено що при 5,4 % масовому вмісті $\beta\text{-CD}<\text{Fe}>$ ЕРС такої структури становить 18 мВ, а при збільшенні до 11,7 % вона міняє знак та децю зменщується до 12 мВ. Формування даної структури під дією постійного електричного поля та освітлення приводить до виникнення гіперколосального магніторезистивного та магнітоємнісного ефекту. Слід відмітити що у всьому вимірювальному інтервалі частот від 10^3 до 10^6 Гц тангенс кута електричних втрат під дією магнітного поля зменшується в 3-5 раз і приймає значення менші 1. Отримані результати можуть бути використані у виготовленні різного роду сенсорів магнітного поля. Також вперше реалізовано ефект виникнення ЕРС в постійному магнітному полі при кімнатній температурі.

Ключові слова: спіновий конденсатор, інтеркаляція, β циклодекстрин, InSe .

I. Вступ

Останнім часом велике зацікавлення привертає дослідження фізичних властивостей матеріалів, впроваджених в матриці з пустотами нанометрового діапазону. Властивості та структура вихідних матеріалів та матеріалів з інкапсульованими в них гостями можуть значно відрізнятись. Суттєву роль в цьому відіграє ступінь заповнення пористої матриці, взаємодія частинок зі стінками пор та міжчастинкова взаємодія. Отримані на основі таких досліджень знання можуть скласти основу нового підходу до створення спінових конденсаторів порівняно із запропонованими способами в [1-2]. За першим з них було виявлено електрорушійну силу спінового походження у наноструктурі з почерговими магнітними і немагнітними нанопрошарками всередині, якої був сформований тунельний перехід, що містив величезну кількість квантових наноманітів певного складу. Така комбінація приводила до появи ЕРС величиною 20 мВ впродовж 100-1000 секунд при температурі 3К в статичному магнітному полі з індукцією 10 кГс. В цьому разі магнітна енергія перетворювалася в електричну в процесі магнітного квантового тунелювання. За другим – спіновий конденсатор був запропонований на основі кремнієвого польового транзистора, який за розрахунками мав би забезпечувати появу ЕРС за рахунок спін-поляризованої інжекції. Видається, що головним їх недоліком на сьогодні є необхідність використання наднизьких температур.

II. Результати та їх обговорення

З метою подолання зазначеного недоліку ми пропонуємо підхід, який полягає у формуванні клатрато/кавітатних ієрархічних мультипошарових наноструктур з архітектурою субгосподар<господар<гість>>, схематично зображеною на рис. 1. Очікується, що власне у ній більш ефективно можна забезпечити використання рівноважності спіна, реалізацію суперпарамагнітного стану та спін-поляризованого транспорту через магнітні тунельні переходи за кімнатних температур. Для її досягнення в якості суб-господаря вибирався

напівпровідниковий шаруватий монокристал InSe , проміжним господарем виступав супрамолекулярний кавітанд β -циклодекстрин ($\beta\text{-CD}$), а магнітоактивними гостями служили катіони Fe . На рис. 2 наведені спектри термостимульованої деполяризації наноструктури $\text{InSe}<\beta\text{-CD}<\text{Fe}>>$, синтезованої без накладання зовнішніх фізичних полів з різним вмістом гостьового магнітоактивного контенту. Видно, що при меншому вмісті гостьового контенту останній за своєю суттю представляє собою координаційні дефекти (структура яких відмінна від вихідної матриці) з від'ємною кореляційною енергією, які утворюють квазінеперервний спектр локалізованих станів в забороненій зоні. При його зростанні вдвічі спектр ТСД трансформується у вузьку смугу з суттєво вищою густиною станів і добре вираженим мінімумним характером. При накладанні постійного магнітного поля напруженості 2,75кОе перпендикулярно до нанопрошарків структури з 5,4 % масовим вмістом $\beta\text{-CD}<\text{Fe}>$ було зафіксовано при кімнатній температурі виникнення ЕРС величиною 18 мВ. Для наноструктури з вищим вмістом гостьового контенту (11,7 %) за аналогічних умов вона складала 12 мВ, причому, протилежного знаку.

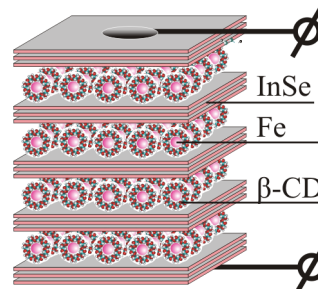


Рис. 1. Схематичне зображення супрамолекулярного ансамблю ієрархічної архітектури $\text{InSe}<\beta\text{-CD}<\text{Fe}>>$

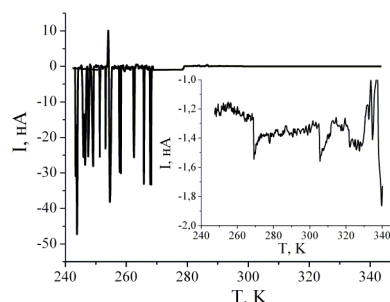


Рис. 2. Спектри термостимульованої деполяризації $\text{InSe}<\beta\text{-CD}<\text{Fe}>>$ при 5,4 % (вставка) та 11,7 % масовому вмісті $\beta\text{-CD}<\text{Fe}>$

Даний ефект «spin batary» значно губить свою величину (<1 мВ) при синтезі досліджуваної наноструктури при одночасному накладанні освітлення та постійного електричного поля величиною 15,4 В/мм перпендикулярно до нанопрошарків. Однак в цьому разі виявлено частотозалежний гіперколосальний магніторезистивний ефект (рис. 3).

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

Очевидно, що ця структура є надзвичайно перспективною для надчутливих сенсорів магнітного поля. Як виявилося, в цьому разі спостерігаються також і неординарні поляризаційні властивості. Зокрема, у магнітному полі тангенс кута електричних втрат вздовж усього дослідженого частотного інтервалу (10^{-3} – 10^6 Гц) зменшується на 3–5 порядків, приймаючи значення менші від 1, що в поєднанні з колосальним значенням діелектричної проникності (рис. 4) робить їх цікавими для створення магнетоварікапів надвисокої ємності чи сенсорів магнітного поля ємнісного типу. Спостережуваний колосальний магнітоємнісний ефект може бути зумовлений зееманівським перерозподілом стану електронної підсистеми, а саме – перерозподілом носіїв заряду між господарем і гостем таким чином, що сусідні пари різних фаз заряджені протилежним знаком і їх можна розглядати як диполі, які за рахунок зарядової поляризації вносять суттєвий вклад в діелектричну проникність. Механізм розподілу між різними фазами може бути зумовлений різним значенням хімпотенціалу фаз, або ж тунелюванням, при якому час життя електронів на певних прошарках може бути досить великим і система буде заряджена. Те що такий механізм може мати місце свідчить зміна діаграми Найквіста при накладанні магнітного поля (рис.5). Дійсно, в магнітному полі низькочастотна вітка годографа імпедансу, яка відображала імпедансу гетерофазність кінцевої товщини, переходить у IV – індуктивний квадрант комплексної площини, демонструючи, тим самим, явище від’ємної ємності, викликане захопленням пастковими центрами інжектованих носіїв та їх утриманням упродовж часу, співмірного з півперіодом вимірювального сигналу.

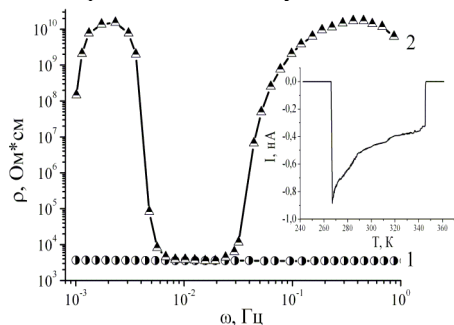


Рис. 3. Частотні залежності дійсної складової комплексного імпедансу, виміряного перпендикулярно до шарів наноструктури InSe<β-CD<Fe>>, синтезованої в електричному полі з одночасним освітленням, виміряні без магнітного поля (1) та при його накладанні (2). На вставці - спектр ТСД

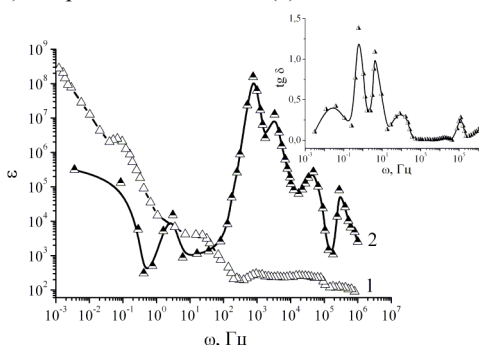


Рис. 4. Частотні залежності діелектричної проникності, виміряні перпендикулярно до шарів наноструктури InSe<β-CD<Fe>>, синтезованої в електричному полі з одночасним освітленням, виміряні без магнітного поля (1) та при його

накладанні (2). На вставці- частотна залежність тангенса кута електричних втрат, що відповідає кривій (2)

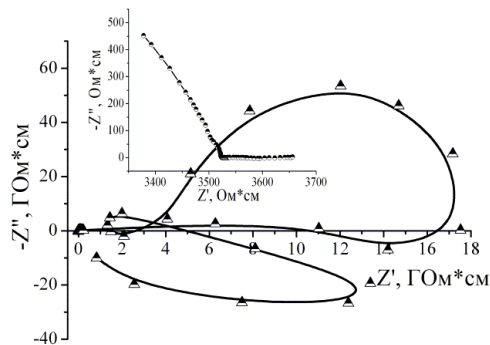


Рис. 5. Діаграми Найквіста, побудовані для напрямку, перпендикулярного до шарів наноструктури InSe<β-CD<Fe>>, синтезованої в електричному полі з одночасним освітленням, виміряні без магнітного поля (вставка) та при його накладанні (2).

III. Висновки

1. Вперше синтезована клатрато/кавіатна мультипошарова наноструктура ієрархічної архітектури InSe<β-CD<Fe>>, фізичні процеси в якій суттєво залежать від способу формування: без накладання зовнішніх електричного поля і освітлення чи при їх наявності.
2. Для наноструктури InSe<β-CD<Fe>> з 5,4 % масовим вмістом β-CD<Fe> виявлено при кімнатній температурі виникнення ЕРС величиною 18 мВ при накладанні постійного магнітного поля напруженості 2,75кОе.
3. Для цієї ж наноструктури, але синтезованої в постійному електричному полі, перпендикулярному до нанопрошарків величиною 15,4 В/мм з одночасним накладання освітленням, виявлено гіперколосальні магніторезистивний та магнітоємнісний ефекти, що є перспективним для створення нового покоління магнетоварікапів і надчутливих сенсорів магнітного поля резистивного та ємнісного типів.

IV. Список літератури

- [1] Pham Nam Hai, Shinobu Ohya, Masaaki Tanaka, Stewart E. Barnes & Sadamichi Maekawa, Electromotive force and huge magnetoresistance in magnetic tunnel junctions // Nature: – 2009. – Vol. 458. – P. 489-493/
- [2] Supriyo Datta, Proposal for a “spin capacitor”// Applied physics letters: – 2005. – Vol. 83. – P. 013115(1-3)

HIERARCHICAL CLATHRATE / CAVIATND NANOSTRUCTURES FOR SPIN CAPACITORS AND HIGLY SENSITIVE MAGNETIC FIELD SENSORS

Grygorchak I.I., Ivashchyshyn F.O., Bishchaniuk T.M.

Department on Applied Physics and Nanomaterial Science, Lviv Polytechnic National University, Bandery Str. 12, Lviv, 79013, Ukraine

The work is dedicated to the creation of spin capacitors. It is shown that the the effect of the emergence of electromotive force in a constant electric field could be implemented in the InSe <β-CD <Fe >> structure more effectively. It was determined that EMF of this structure with 5.4 % is 18 mV, and at an increase up to 11.7 % it changes the sign and decrease to 12 mV. This structure formation with illumination and electric field influence results in emergence of colossal magnetoresistance and magnetocapacity. The loss tangent decrease in 3–5 times and is less than 1 within whole measured frequency range from 10^{-3} till 10^6 Hz. The obtained results could be applied in magnet field sensors. The effect of EMF emergence in constant magnetic field at room temperature was implemented for the first time.

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ УТВОРЕННЯ ВЛАСНИХ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ В КРИСТАЛАХ ZnSe З ІЗОВАЛЕНТНОЮ ДОМІШКОЮ Ca

Боднарчук О.О., Ткаченко І.В.

Кафедра технології і організації ресторанного господарства, Чернівецький торговельно-економічний інститут КНТЕУ, Чернівці, Україна, E-mail: irina-tkachenko1711@rambler.ru

Анотація. – методом квазіхімічних реакцій розраховано ансамбль власних точкових дефектів в кристалах ZnSe легованих ізовалентною домішкою Ca з водного розчину солі Ca(NO₃)₂ при температурі T_a=100°С.

Ключові слова: селенід цинку, ансамбль власних точкових дефектів, метод квазіхімічних реакцій, ізовалентна домішка.

I. Вступ

Селенід цинку упродовж багатьох років залишається одним з найбільш перспективних напівпровідників для виготовлення різних приладів короткохвильового діапазону спектра. На даний час уже створено зразки достатньо ефективних детекторів ультрафіолетового та іонізуючих випромінювань, а також блакитних світлодіодів [1]. Натомість, подальше покращення експлуатаційних параметрів і характеристик зазначених приладів вимагає створення шарів р-ZnSe, що пов'язано як з пошуком нових типів домішок та технологій легування кристалів, так і встановленням ансамблю точкових дефектів, що визначають їх властивості. Один із шляхів розв'язку даної задачі – легування ZnSe ізовалентними домішками, які можуть мати велику розчинність і при низьких температурах, а також стимулювати генерацію власних точкових дефектів (ВТД) акцепторного типу [2].

II. Аналіз механізмів утворення ВТД у селеніді цинку

У роботі [3] показано, що механізми дефектів у найбільш розповсюджених розплавних кристалах ZnSe відбуваються за схемою Шоттки. Іонізація-деіонізація описується відповідними квазіхімічними реакціями та рівняннями рівноваги:

$$\left. \begin{aligned} 0 &\Leftrightarrow V_{Zn} + V_{Se} + K_S \\ [V_{Zn}][V_{Se}] &= K_S = \exp(-H_S / kT) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{Zn} &\Leftrightarrow V'_{Zn} + h + E'_V \\ [V'_{Zn}] \cdot p / [V_{Se}] &= K'_V \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} V'_{Zn} &\Leftrightarrow V''_{Zn} + h + E''_V \\ [V''_{Zn}] \cdot p / [V'_{Se}] &= K''_V \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{Se} &\Leftrightarrow V^\bullet_{Se} + e + E_V \\ [V^\bullet_{Se}] \cdot n / [V_{Se}] &= K^\bullet_V \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} V^\bullet_{Se} &\Leftrightarrow V^{\bullet\bullet}_{Se} + e + E^{\bullet\bullet}_V \\ [V^{\bullet\bullet}_{Se}] \cdot n / [V^\bullet_{Se}] &= K^{\bullet\bullet}_V \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Термічна іонізація основних атомів кристалічної ґратки підпорядковується рівнянням

$$0 \Leftrightarrow h + e + E_g, \quad n \cdot p = K_g \quad (6)$$

Тут H_S – ентальпія утворення дефектів Шоттки, тобто нейтральних катіонних V_{Zn} і аніонних V_{Se}. Індеси «'» і «''» означають від'ємний (акцептор) і додатний (донор) заряди, e і h – електрон і дірка, а n і p – їх концентрації у дозволених зонах. Нижні індеси «v» у символах енергій іонізації відповідних дефектів відповідають вакансіям.

Легування селеніду цинку ІВД домішкою Ca призводить до зміни ансамблю ВТД. При цьому приймається рівність

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

[V[•]_{Se}] = [Se'_i] = C_{Ca}. Результати розрахунків наведено у таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ 1.

ВТД по Шотткі для ZnSe:Ca при температурі відпалу T_a=100°С для різних концентрацій домішки кальцію

[], см ⁻³	Концентрації кальцію		
	C _{Ca} =10 ¹⁵ см ⁻³	C _{Ca} =10 ¹⁷ см ⁻³	C _{Ca} =10 ¹⁹ см ⁻³
n	9,3·10 ⁻²⁸	4,3·10 ⁻²⁸	4,0·10 ⁻²⁷
p	1,1·10 ¹⁷	4,7·10 ¹⁷	4,7·10 ¹⁸
V _{Zn}	9,6·10 ²⁰	1,9·10 ²¹	7,9·10 ²¹
V _{Se}	1,6·10 ⁻³⁶	2,9·10 ⁻³⁶	5,6·10 ⁻³⁶
V' _{Zn}	1,2·10 ¹⁸	5,6·10 ¹⁸	7,2·10 ¹⁸
V'' _{Zn}	3,9·10 ⁻²	5,3·10 ⁻²	1,9·10 ⁻¹
V [•] _{Se}	1,1·10 ¹⁸	3,4·10 ¹⁸	6,0·10 ¹⁸
V ^{••} _{Se}	6,7·10 ⁷	9,8·10 ⁷	3,9·10 ⁸
Se _i	1,0·10 ¹⁵	1,0·10 ¹⁷	1,0·10 ¹⁹
Se' _i	4,7·10 ¹⁷	5,6·10 ¹⁷	7,9·10 ¹⁷
(V ^{••} _{Se} Se' _i)	5,2·10 ⁴	3,7·10 ⁴	1,2·10 ⁴

З таблиці видно, що при різних концентраціях домішки Ca, домінуючими є однозарядні вакансії цинку і селену, а також однозарядний міжвузловинний селен.

III. Висновки

Отже, таким чином розрахунки показують можливість отримання високої діркової провідності у кристалах ZnSe з ізовалентною домішкою Ca. При цьому, зміна концентрації домішки у діапазонах 10¹⁵ – 10¹⁹ см⁻³ при температурі легування у водному розчині T_a=100°С викликає варіацію концентрації вільних дірок у межах 10¹⁵÷10¹⁹ см⁻³. Провідність при цьому, однак, залишається дірковою, а концентрація дірок є максимальною при C_{Ca}=10¹⁹ см⁻³.

IV. Список літератури

- [1] Недеогло Д.Д. Электрические и люминесцентные свойства селенида цинка [Текст] / Д.Д. Недеогло, А.В. Симашкевич. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 150 с.
- [2] Махній В.П. Точкові дефекти в алмазоподібних напівпровідниках [Текст] / В.П. Махній, М.Д. Раранський–Чернівці: Рута, 2002. – 112 с.
- [3] Ткаченко І.В. Механізми дефектоутворення та люмінесценції у бездомішкових і легованих телуром кристалах селеніду цинку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фіз.-мат. наук : спец. 01.04.10 «Фізика напівпровідників і діелектриків» / І.В. Ткаченко. - Чернівці. 2005. – 132 с.

ANALYSIS MECHANISM OF FORMATION OF INTRINSIC POINT DEFECTS ZnSe CRYSTALS WITH ISOVALENT IMPURITY Ca

Bodnaruk O.O., Tkachenko I.V.

Department of Technology and restaurants, Chernivtsi Trade and Economics-stitute KNTEU, Chernivtsi, Ukraine, E-mail: irina-tkachenko1711@rambler.ru

Quasichemistry reactions calculated by the ensemble of intrinsic point defects in ZnSe crystals doped with isovalent impurity from an aqueous solution of Ca salts Ca (NO₃)₂ at T_a = 100°С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗПОДІЛУ В АНІЗОТРОПНИХ ТЕРМОЕЛЕМЕНТАХ

Гуцул І.В., Гуцул В.І.

Кафедра теоретичної фізики, Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: ktf@chnu.edu.ua

Анотація. – Розглянуто можливості використання анізотропних термоелементів (АТ) для реєстрації та перетворення високоінтенсивних променевих потоків за допомогою поперечної термоЕРС, яка виникає в анізотропних середовищах з різною густиною оптичної прозорості. Це, в свою чергу, привело до появи нового методу реєстрації променевих потоків, який базується на частковому поглинанні прохідного випромінювання оптично прозорими середовищами з одночасним перетворенням частини поглинутої енергії при допомозі відомих фізичних ефектів. Аналіз показує, що для променевих потоків УФ, видимої та ІЧ-областей спектра реалізація цього методу особливо перспективна для випадку використання явища поперечної термоЕРС, що виникає в анізотропних середовищах і служить основою анізотропних оптикотермоелементів (АОТ). Вибір конкретних АОТ і необхідних режимів роботи визначається умовами експлуатації і залежить як від параметрів використовуваних термоелементів, так і від взаємних напрямків поширення променевого і теплового потоків відносно вибраних кристалографічних орієнтацій матеріалу.

Ключові слова: анізотропний термоелемент, поперечна термоЕРС, променевий потік.

I. Вступ

Одним із методів збудження нестационарних теплових потоків у кристалах є генерування в них температурних хвиль. Внаслідок опромінення речовина поглинає енергію, яка перетворюється в нестационарні теплові потоки із змінною у просторі і часі температурою, дослідження якої дозволяє отримати інформацію про термоелектричні, оптичні та інші властивості кристалів. З іншого боку, існують джерела, енергію яких важко реєструвати. У зв'язку з цим ведеться інтенсивне дослідження можливостей анізотропних середовищ для реєстрації та перетворення високоінтенсивних променевих потоків. Для розв'язання цієї проблеми запропоновано використовувати середовища з різною величиною оптично прозорості. Аналіз показує, що реалізація цього методу є перспективною у випадку виникнення поперечної термоЕРС, зумовленої анізотропією коефіцієнта термоЕРС і коефіцієнта теплопровідності. Цим дослідженням присвячено ряд робіт, зокрема [1], де на основі рівнянь теплопровідності з відповідними крайовими умовами розглянуті конкретні розподіли температур і термоелектричних потенціалів анізотропних кристалів, що послужило появі оригінальних АОТ [2].

II. Теоретична частина

У даній роботі розглядається АОТ у вигляді прямокутного паралелепіпеда довжиною a , висотою b і шириною c , виготовленого із матеріалу, анізотропного за коефіцієнтами теплопровідності χ і термоЕРС α . Ці тензори в лабораторній системі координат XYZ, повернутій на кут φ у площині XOY відносно кристалографічної системи X'Y'Z', мають вигляд

$$\chi = \begin{pmatrix} \chi_{\parallel} \sin^2 \varphi + \chi_{\perp} \cos^2 \varphi & (\chi_{\parallel} - \chi_{\perp}) \sin \varphi \cos \varphi & 0 \\ (\chi_{\parallel} - \chi_{\perp}) \sin \varphi \cos \varphi & \chi_{\parallel} \cos^2 \varphi + \chi_{\perp} \sin^2 \varphi & 0 \\ 0 & 0 & \chi_{\perp} \end{pmatrix}, (1)$$

$$\alpha = \begin{pmatrix} \alpha_{\parallel} \sin^2 \varphi + \alpha_{\perp} \cos^2 \varphi & (\alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp}) \sin \varphi \cos \varphi & 0 \\ (\alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp}) \sin \varphi \cos \varphi & \alpha_{\parallel} \cos^2 \varphi + \alpha_{\perp} \sin^2 \varphi & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_{\perp} \end{pmatrix}, (2)$$

де χ_{\parallel} , χ_{\perp} і α_{\parallel} , α_{\perp} – компоненти тензорів χ та α .

На верхню грань цієї пластини падає однорідний монохроматичний променевий потік густиною q_0 , який зумовлює у пластині появу градієнта температури і однозначно зв'язаної з ним поперечної термоЕРС. Нижня грань АОТ знаходиться у теплооптичному контакті з термостатом при температурі $T=T_0$. Термостат виготовлений із ізотропного матеріалу, оптичний спектральний діапазон якого збігається з відповідним діапазоном прозорості матеріалу АОТ. Бокові грані АОТ адіабатично ізолювані і при цьому не враховуються крайові ефекти ($a = c \gg b$).

Розподіл температури АОТ знаходиться з основного рівняння теплопровідності [3] при наявності внутрішніх джерел тепла. Аналіз цього нестационарного розподілу температури має складну нелінійну залежність від координат і часу та залежить як від анізотропії теплопровідності, так і від оптичних властивостей матеріалу АОТ.

III. Список літератури

- [1] Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. – Киев: Наукова думка, 1979. – 766 с.
- [2] Снарский А.А. ЭДС термоэлементов, использующих анизотропию термоЭДС. 1. Анизотропные термоэлементы прямоугольной формы. // ФТП. – 1977. – Т.11, №10. – С. 2053-2055.
- [3] Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.

INVESTIGATION OF TEMPERATURE DISTRIBUTION OF ANISOTROPIC THERMOELEMENTS

Gutsul I.V., Gutsul V.I.

Department of the Theoretical Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The possibilities of utilization of anisotropic thermoelements (AT) for the registration and transformation of high-intensive ray currents due to the transversal thermoelectromotive force arising in anisotropic media with different values of optical transparency are observed. The latter, in its turn, caused the appearance of new method of registration of ray currents based on the partial absorption of transiting radiation of optically transparent media with simultaneous transformation of the part of absorbed energy due to the known physical effects. Analysis proves that for the ray currents of UV, visual and IR regions of the spectra the realization of this method is particularly perspective for the case of utilization of the phenomena of transversal thermoelectromotive force arising in the anisotropic media and being the basis of anisotropic optical thermoelements (AOT). The choice of the particular AOT and optimal regimes of their operation is determined by the conditions of exploitation and depends both on the parameters of used thermoelements and on the mutual directions of circulation of ray and heat currents respectively the crystallographic orientations of the material.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

НЕОРГАНІЧНО/ОРГАНІЧНІ НАНОГІБРИДИЗОВАНІ СТРУКТУРИ ДЛЯ КВАНТОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ І ПРИСТРОЇВ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ

Григорчак І.І., Іващишин Ф.О., Біщанок Т.М., Балабан О.В.

Кафедра прикладної фізики і наноматеріалознавства, Національний університет „Львівська політехніка”,
Львів, Україна, e-mail :ivan_gryg@ukr.net

Анотація. – В даній роботі представлено результати дослідження наноструктурованих матеріалів: молекулярно-граткових кремнеземових матриць MCM-41 з інкапсульованим в їх пори сегнетоелектричним рідким кристалом (PK) або $FeSO_4$, а також характеристики інкапсулатів напівпровідників $GaSe$ і $InSe$ з тіосечовиною (TC) або β -циклодекстрином (β -CD). Встановлено частотну залежність імпедансу, тангенса кута електричних втрат і діелектричної проникності зразків. Описано вплив мікрохвильового опромінення на характеристики наноструктури MCM-41<PK>. Показано умови, при яких синтезовані наноструктури можуть представляти інтерес як квантові накопичувачі електричної енергії.

Ключові слова: імпеданс, інтеркаляція, наноструктуровані матеріали, напівпровідник.

I. Вступ

Останнім часом велику цікавість викликає дослідження фізичних властивостей систем з пониженою розмірністю: тонких плівок, ниток, малих частинок. До таких систем відносяться також матеріали, впроваджені в матриці з порами нанометрового діапазону, тобто нанокompatитні матеріали, що являють собою нанопористі матриці, заповнені різними речовинами. Властивості та структура вихідних матеріалів та матеріалів з інкапсульованими в них гостями можуть значно відрізнятись. Суттєву роль в цьому відіграє ступінь заповнення пористої матриці, взаємодія частинок зі стінками пор та міжчастинкова взаємодія. Це суттєво позначається на характеристиках таких нанокompatитів. Особливо сильно розмірні ефекти впливають на фазові переходи різної природи. Отримані на основі таких досліджень знання започаткують нову галузь – створення квантових акумуляторів, механізми роботи яких забезпечать принципову можливість досягнення таких питомих значень енергії і потужності, які не досягаються електрохімічними процесами.

II. Основні положення і методика експерименту

Для отримання супрамолекулярних структур з високими енергозберігаючими характеристиками запропоновано наступні структури для їх реалізації (схематично зображені на Рис. 1): напівпровідникові клатрати з сотовою (Рис. 1а) топологією гостьового супрамолекулярного кавітанда; мультипошарові наногібридизовані неорганічно/органічні структури (Рис. 1б).

В першому типі наноструктур матеріалом – господарем служила молекулярно-граткова мезопориста регулярна структура на основі SiO_2 - MCM-41. Вона має гексагональну структуру типу бджолиних сот з товщиною стінок 0,6...0,8 нм і каліброваним розміром пор, який можна направлено змінювати в діапазоні 3-10 нм. Згідно даних електронної мікроскопії розміри пор становили ~ 37 Å. З такими розмірами пор питома поверхня каналів становить 984 м²/г. Стінки пор MCM-41 аморфні, але на великих масштабах молекулярні гратки володіють дальнім порядком. В другому типі наноструктур матеріалом – господарем служили шаруваті напівпровідники селенід галія ($GaSe$) та селенід індія ($InSe$). Вони характеризуються наявністю так званих „гос-

тових” позицій – орієнтованих перпендикулярно до кристалографічної С-осі областей дії слабких ван-дер-ваальсових сил. Гостьовим контентом виступали сегнетоелектричний рідкий кристал (PK), що складався з ахіральної компоненти С (похідна фенілбензоату) та хіральної компоненти, а також $FeSO_4$ (у першому типі наноструктур) і тіосечовина (TC), а також β -CD (у другому типі наноструктур). Впровадження PK та $FeSO_4$ досягалося за допомогою методики інкапсуляції [1]. Після інкапсуляції неорганічно/органічні наногібриди MCM-41<PK> піддавали мікрохвильовому опроміненню впродовж 10 с. Другий тип наноструктур формувалася за реінтеркаляційною методикою [2].

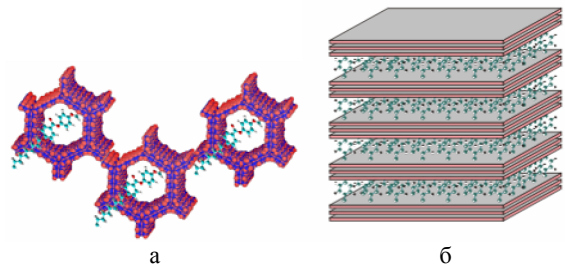


Рис. 1. Схематичне зображення фрагментів органічно/діелектричних (а), органічно/напівпровідникових (б) структур.

Імпедансні виміри в напрямку кристалографічної С-осі виконані в діапазоні частот $10^{-3} \div 10^6$ Гц за допомогою вимірального комплексу „AUTOLAB” фірми „ECO CHEMIE” (Нідерланди), укомплектованого комп’ютерними програмами FRA-2 та GPES. Спектри термостимульованого розряду записувалися за відомою традиційною методикою в режимі короткозамкнутих контактів.

III. Результати та їх обговорення

Володіючи низькою електронною провідністю (зумовленою власними дефектами), мезопористі матриці MCM-41 і наногібриди MCM-41<PK> можуть виявитися цікавими не тільки для Діелектроніки, але, насамперед, для створення квантових акумуляторів - новітньої альтернативи хімічним джерелам струму, тобто систем, в яких акумулявання і збереження енергії реалізується не за рахунок електрохімічних процесів, а шляхом накопичення і зберігання легких електронів на міжфазних межах наноструктурованих систем. Оскільки для обидвох сфер застосувань важливим параметром є добротність структур, то ми розглядатимемо умови, за яких значення тангенса кута електричних втрат ($tg \delta$) не перевищує одиниці. З Рис. 2 слідує принципова можливість керування даним параметром мікрохвильовим опроміненням. Частотний інтервал $10^{-3} - 10^1$ Гц – це область, в найнижкочастотнішій частині якої, для ефективного акумулявання електричної енергії на квантовому рівні низьке значення $tg \delta$ повинно бути поєднано з високим значенням діелектричної проникності, в крайньому разі не меншим від 10^5 . З Рис. 2 видно, що спряження зазначених двох умов забезпечує власне мікрохвильове опромінення наногібриду MCM-41<PK>. Аналогічне поєднання надвисокого значення ϵ з низьким значенням $tg \delta$ у MCM-41< $FeSO_4$ > досягається за нормальних умов. В роботі на основі квантово-механічних розрахунків показано, що це має місце при умо-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ві інтерференційної блокади резонансного електронного тунелювання і великого радіуса екранування Томаса-Фермі підбар'єрних носіїв.

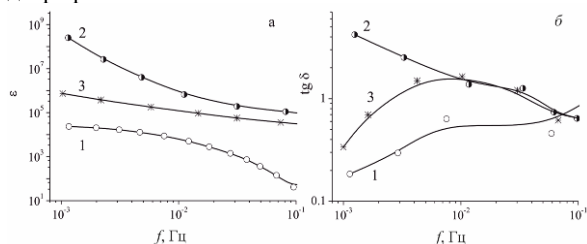


Рис. 2. Частотні залежності діелектричної проникності (а) та тангенса кута втрат (б) вихідної матриці *MCM-41* (1), наногібриду *MCM-41<PK>* до (2) та після (3) мікрохвильового опромінення

Наногібридизовані структури другого типу насамперед цікаві з точки зору спонтанного генерування ЕРС. Як виявилось величина і температурний генезис останньої залежить від умов синтезу (Рис. 3). Водночас, синтез при освітленні і в електричному полі зумовлює появу індуктивного відгуку. При цьому різна частотна залежність відповідних їм віток у IV- індуктивному квадранті площини комплексного імпедансу вказує на різну енергетичну топологію пасткових центрів. Підтвердження цього знаходимо у спектрах термостимульованого розряду, який виникає при релаксації електричного стану, що утворюється при синтезі даних структур (Рис. 3). Бачимо, що тільки у випадку синтезу при освітленні наногібридизована структура характеризується обидвома механізмами релаксації – гомозаряду і гетерозаряду. Цікавим є і інший факт, який полягає в тому, що при синтезі в електричному полі формується дуже вузька смуга пасткових центрів поблизу рівня Фермі, а при синтезі в магнітному полі смуги високої густини станів майже періодично поширюються вглибину забороненої зони. Крім цього, синтезовані неорганічно/органічні наногібридизовані N-бар'єрні структури *GaSe<TC>* і *InSe<TC>* при певних умовах їх синтезу можуть знайти і інші унікальні практичні застосування.

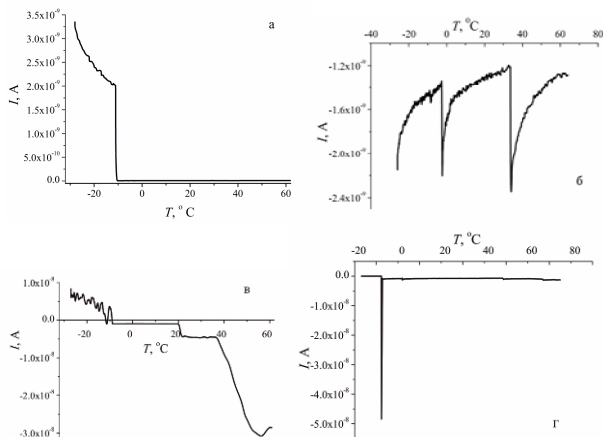


Рис. 3. Спектри термостимульованого розряду для *InSe<TC>*, синтезованої за нормальних умов (а), у магнітному полі (б), при освітленні (в), в електричному полі (г)

Наприклад, завдяки екрануванню електричної поляризації носіями заряду такі структури можуть бути використані для фотоелектретного генерування електричної енергії за рахунок викиду фотозбуджених електронів з несиметричних потенціальних ям. Величина фото-ЕРС залежить не тільки від виду матриці, способу синтезу наногібриду, але і від товщини органічного нанопрошарку. Водночас, спосте-

режуване явище „від'ємної ємності” у *GaSe<β-CD>*_{6мол.%} може виявитися перспективним для формування безгіраторних нановимірних ліній затримки, причому з можливістю їх керування за допомогою освітлення (Рис. 4).

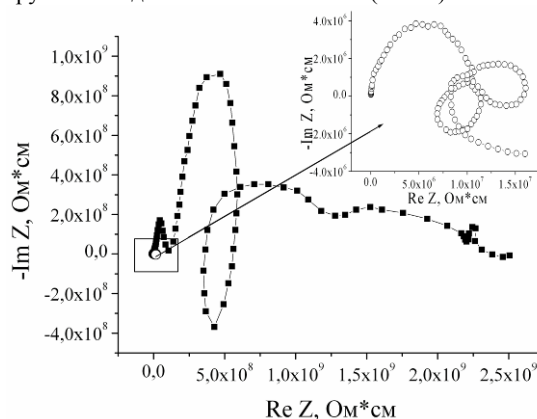


Рис. 4. Діаграми Найквіста для *GaSe<β-CD>*_{6мол.%} виміряні в темряві та при освітленні (вставка)

III. Висновки

Досліджені в роботі наноструктури *MCM-41<PK>* та *MCM-41<FeSO_{4 можна використати для створення квантових акумуляторів, наногібридизовані структури *GaSe<TC>* і *InSe<TC>* при певних умовах їх синтезу – для фотоелектретного генерування електричної енергії, а *GaSe<β-CD>*_{6мол.%} для пристроїв наноелектроніки.}*

IV. Список літератури

- [1] Войнов, Ю.П. Вторичное излучение синтетического опала, заполненного нитритом натрия / Ю.П. Войнов, Н.Ф. Габитова, В.С. Горкеллик, П.П. Свербиль // ФТТ. – 2009. – Т.51, № 7. – С.1333–1337.
- [2] Grygorchak, I. Intercalated nanohybrid structures of non-organic/organic polymer of *GaSe<PAN>* and *GaSe<PAN+J2>* configuration / I. Grygorchak, F. Ivashchysyn, R. Shvets, N. Pokladok, Z. Stotsko. // Przetworstwo Tworzyw. – 2012. – № 3. – P. 200 – 204.

INORGANIC / ORGANIC NANOHYBRIDIZED STRUCTURES FOR QUANTUM BATTERIES AND NANOELECTRONIC DEVICES

Grygorchak I.I., Ivashchysyn F.O., Bishchaniuk T.M., Balaban O.V.
Department on Applied Physics and Nanomaterial Science, „Lviv Polytechnic” National University, Lviv, Ukraine.

The results of research of such nanostructured materials as porous silica matrix *MCM-41* with encapsulated into its pores the ferroelectric liquid crystal (LC) or *FeSO₄*, as well as the characteristics of the encapsulated semiconductors *GaSe* and *InSe* by the thiourea (TU) or β -cyclodextrin (β -CD) are investigated. The behavior of changes in the frequency range of the impedance, loss tangent and dielectric constant of samples are established. Influence of microwave irradiation on characteristics of the *MCM-41<LC>* nanohybrid is described. Fig. 2 shows microwave irradiation of nanohybrid *MCM-41<LC>* provides a low value of $\tan \delta$ and a high value of dielectric constant ϵ . A similar combination of a high ϵ and low $\tan \delta$ values in *MCM-41<FeSO_{4 are achieved under normal conditions. The electromotive force value in *GaSe<TU>* and *InSe<TU>* and *GaSe<β-CD>* nanostructures depend on synthesis conditions is shown. Synthesis under illumination and electrical field causes the appearance of an inductive response. The conditions under which synthesized nanostructures may be of interest as a quantum battery and devices of Nanoelectronics are found.}*

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ

М.Г. Душейко¹, А.В. Іващук¹, Ю.І. Якименко¹, М.І. Ключі², В.Б. Лозінський², В.І. Горбулик³

Національний технічний університет України, «КПІ», м. Київ, Україна, E-mail: mgd61@ukr.net

2Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна, E-mail: klyuini@ukr.net

³Чернівецький факультет НТУ «ХПІ», Чернівці, Україна, E-mail: gorbulic@rambler.ru

Анотація. – В роботі представлена технологія виготовлення сонячних елементів (СЕ) на основі гетероструктур монокристалічний Si / нанокристалічний Si. Оптимізовано технологічні режими осадження плівок нанокристалічного Si, просвітлюючих шарів на основі ІТО (indium-tin oxide) та алмазоподібних вуглецевих плівок (АВП). Показано, що для підвищення струму короткого замикання і ефективності такого СЕ перспективним є використання текстурованого моно-Si. Запропоновано використовувати АВП для створення двошарового просвітлюючого покриття і додаткового підвищення струму короткого замикання розроблених СЕ.

Ключові слова: нанокристалічний кремній, сонячний елемент, алмазоподібна плівка.

I. Вступ

Пошук шляхів зменшення вартості електричної енергії, яка виробляється фотоелектричним способом з використанням напівпровідникових фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії (або сонячних елементів (СЕ)) є найважливішим завданням сучасної напівпровідникової сонячної енергетики. Одним з таких шляхів є зменшення вартості матеріалу, з якого виробляється СЕ. В цьому напрямку поза конкуренцією залишається розробка тонкопліткових СЕ, в яких товщина активних напівпровідникових шарів складає одиниці мікрометрів на відміну від СЕ, наприклад, на основі моно- або мультикристалічного кремнію, де товщина пластин знаходиться в діапазоні 150 – 300 мкм. Зрозуміло, що для тонкопліткових СЕ мають використовуватись прямозонні напівпровідники, щоб забезпечити ефективне поглинання світла на малих товщинах. Достатньо дешевими і поширеними є СЕ на основі аморфного гідрогенізованого кремнію, який є квазіпрямозонним. Основним недоліком таких СЕ є низька деградаційна стійкість і, отже, малий термін роботи, що обумовлено ефектом Стеблера-Вронського [1].

Альтернативою аморфному кремнію при виготовленні СЕ може бути нанокристалічний кремній [2], який теж є квазіпрямозонним матеріалом. Для покращення характеристик nano-Si застосовуються різні підходи, зокрема, легування рідкоземельними елементами [3]. Для покращення характеристик СЕ, виготовлених з використанням nano-Si, крім покращення характеристик самого матеріалу перспективним є пошук нових конструкторсько-технологічних рішень і підходів, що і обумовило мету даної роботи.

II. Експеримент

Плівки нанокристалічного кремнію формувались методом іонно-променевого розпилення монокристалічної мішені n-типу провідності, легуваної фосфором з концентрацією легуючої домішки 10^{19}см^{-3} . Сутність методу полягає в розпиленні мішені з використанням відокремленого іонного джерела (іонної гармати). В якості робочого газу використовувалась суміш аргону (86%) і водню (14%). Струм іонного пучка становив 100 мА при прискорюючій напрузі 5,5кВ і тиску в робочій камері $3 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст. В якості підкладок використовувались пластини кремнію p-типу провідності КДБ-10 орієнтації (111) односторонньої поліровки, тексту-

ровані пластини КДБ-10 орієнтації (100), розміром 15×15 мм і товщиною 175 мкм, та монокристалічний NaCl для просвітлюючої електронної мікроскопії (ПЕМ). Текстуровання підкладок проводилось шляхом селективного травлення кремнію в 3% розчині КОН в 7% водному розчині ізопропілового спирту при температурі 75-80 °С протягом 10 хв. Текстура мала вигляд правильних пірамід висотою приблизно 2 мкм (рис. 1). В процесі осадження температура підкладок варіювалась в діапазоні 120-180°C. Товщина осадженої плівки була в межах 80-100 нм. В кожному технологічному циклі використовувались підкладки: полірована, текстурована та NaCl одночасно. На кремнієвих підкладках після осадження плівок формувалась контактна система. Тильний контакт – суцільна плівка Al товщиною 1,2 мкм отримувалась методом магнетронного розпилення при температурі підкладки 120°C. Фронтальний контакт формувался методом підривної фотолітографії і являв собою сітку струмозбираючих шин шириною 50 мкм, кроком 1 мм, з шарів Ti-Mo-Ag товщиною 30-20-200 нм, відповідно. На фронтальну поверхню СЕ методом магнетронного реактивного розпилення наносилось просвітлююче покриття ІТО товщиною 90-100 нм.

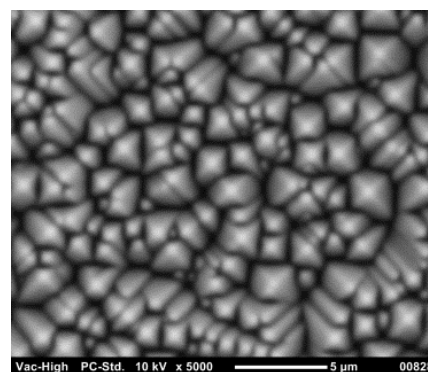
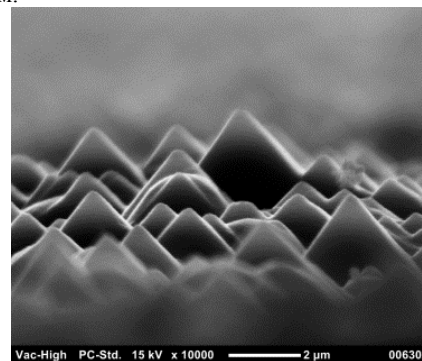


Рис. 1. Зображення в електронному мікроскопі фронтальної поверхні Si підкладки, текстурованої в оптимальних режимах.

Ряд зразків виготовлявся з використанням алмазоподібних вуглецевих плівок, які є ефективними захисними, пасивуючими і просвітлюючими шарами для СЕ на основі як моно- так і мультикристалічного кремнію [4]. АВП осаджувались методом PE-CVP (plasma enhanced chemical vapor

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, nano- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

depositson) як на готові шари з просвітлюючим шаром ІТО, так і на непросвітлені СЕ.

III. Результати і обговорення

Результати досліджень показали, що у Si-плівці, синтезованої методом іонно-променевого розпилення, при температурах 140°C і вище спостерігається поява нанокристалічної структури в товщі аморфної матриці (рис.2, б). Були зняті навантажувальні характеристики ФЕМ на отриманих гетероструктурах при умовах освітлення AM1,5 (1000Вт/м², 25°C). Найкращі характеристики були отримані для СЕ з плівками, осадженими при температурі 150°C, причому, було встановлено, що наявність текстури значно покращує струм короткого замикання фотоперетворювача (рис. 3). Як видно з рис.3, наявність текстури на поверхні кремнієвої підкладки в той час як значно збільшує густину струму короткого замикання з 4,26 до 17,5 мА/см², тобто більш, ніж в 4 рази. Разом з тим, текстурування дещо зменшує напругу розімкненого кола з 346 до 316 мВ, що становить менше 10%. Зменшення напруги розімкненого кола пояснюється неоднорідністю осадженої плівки по товщині на поверхні пірамідок текстури.

Також показано, що завдяки застосуванню АВП для формування двошарової просвітлюючої структури струм короткого замикання розроблених СЕ зростає.

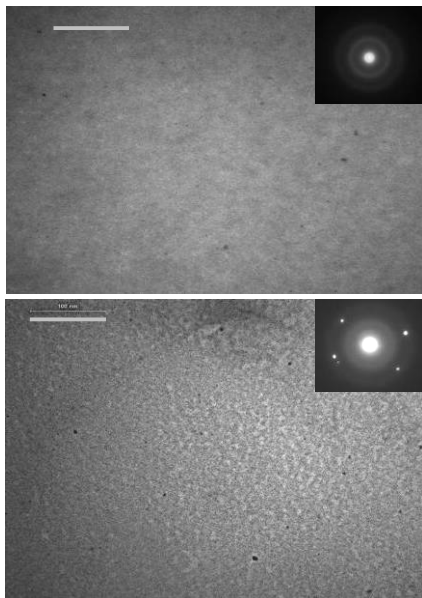


Рис. 2. – ПЕМ-зображення та електроннограми Si плівки:
а) температура осадження 120 °С,
б) температура осадження 140 °С.

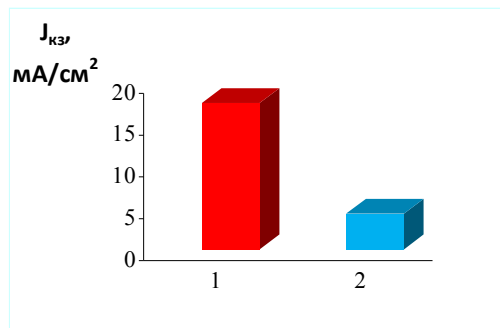


Рис. 3. Вплив текстури на поверхні кремнієвої підкладки на струм короткого замикання СЕ на їх основі (температура осадження nano-Si-150°C):
1 – текстурована підкладка; 2 – полірована підкладка.

IV. Висновки

1. Показано, що при застосуванні плівок нанокристалічного кремнію для створення наноструктури моно-Si/ nano-Si можна виготовити достатньо ефективний СЕ.
2. Встановлено, що використання текстурованого моно-Si в якості підкладки дозволяє в 4 рази підвищити струм короткого замикання розробленого СЕ.
3. Запропоновано використовувати АВП в якості другого просвітлюючого шару, що дозволяє додатково підвищити струм короткого замикання СЕ.

V. Література

- [1] The Physics of Hydrogenated Amorphous Silicon I, Structure, Preparation, and Devices. Edited by J.D. Jounopoulos and G. Lukovsky, Springer Verlag, 1984.
- [2] В.М. Коваль, Душейко М. Г., О.В. Богдан, А.В. Іващук, Ю.І. Якименко Тонкоплівкові сонячні елементи на основі нанокристалічного кремнію // Наукові вісті КНУ. – 2012. – №5. – С.19 – 26.
- [3] Formation and device application of Er-doped nanocrystalline Si using laser ablation / X. Zhao, H. Isshiki, Y. Aoyagi et.al. // Materials Science and Engineering, B. – 2000. – Vol. 74. – P. 197– 201.
- [4] N.I.Klyui, V.G.Litovchenko, A.G.Rozhin, V.N.Dikusha, M. Kittler, W. Seifert. Silicon solar cells with antireflection diamond-like carbon and silicon carbide films. Solar Energy Materials & Solar Cells 72 (2002) p.597-603.

TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF SOLAR CELLS BASED ON NANOCRYSTALLINE SILICON

M.G. Dusheiko¹, A.V. Ivaschuk¹, Yu.I. Yakimenko¹,
N.I. Klyui², V.B. Lozinskiy², V.I. Gorbulik³

¹National technical university of Ukraine "KPI", Kyiv, Ukraine

²V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Chernivtsi faculty of National technical university "KhPI", Chernivtsi, Ukraine

In the work technology for production of solar cells (SC) with using nanocrystalline silicon is presented. The technology is based on creation of heterostructure consisting of monocrystalline textured silicon wafer and nanocrystalline silicon film. The film is deposited by ion-beam sputtering of silicon target using argon (14%) + hydrogen (86%) mixture. The mono-Si substrate and nano-Si film thicknesses were 175 μm and 80-100 nm, respectively. For solar cell creation the rear and front contacts to the heterostructure were formed. The rear contact was thick aluminum film of 1.2 μm in thickness. The front contact grid was created by using photolithography method. Contact buses of the grid were Ti-Mo-Ag multi-layered metal films with the thicknesses of 30-20-200 nm, correspondingly. On the front side of the as created SCs indium-tin oxide antireflecting layer with the thickness of 90-100 nm was deposited by magnetron sputtering. Some of the SCs were additionally covered by antireflecting and passivating diamond-like carbon (DLC) films. During the work fulfillment the technological regimes for nano-Si film deposition as well as for the DLC film formation were optimized. It was shown that to increase short circuit current and efficiency of the SCs the application of textured mono-Si wafers is prospective. It was also proposed to use DLC films to create double-layer antireflecting coating and improve additionally short circuit current of the SCs.

Finally, it was concluded that proposed nanocrystalline silicon films may be successfully used for production of solar cells. The SCs are stable compared to conventional SCs based on amorphous hydrogenated silicon films those suffered from Steabler-Wronsky effect and, as a result, possess low lifetime.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

Cu₂ZnSnS₄ LIGHT ABSORBERS GROWN FROM SULPHIDES PRECURSORS AT LOWER TEMPERATURES

V.O. Ganus¹, N.I. Klyui¹, M.O. Semenenko¹, I.S. Babichuk¹, V.I. Gorbulik²

¹V.Ye. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Kyiv, 03680, Ukraine

E-mail: ganus@isp.kiev.ua

²Chernivtsi faculty of National technical university "KhPI"

Abstract. – The absorbance spectra and surface morphology of thin films Cu₂ZnSnS₄, which were formed by thermal annealing of pre-deposited layers of copper, zinc and tin sulphides on glass substrates at different temperatures and ambient atmosphere, were investigated. It was shown that increasing the synthesis temperature by only 20 °C from 370 to 390 °C leads to a significant increase in the surface density of microcrystalline grains, which in its turn reduces the reflection coefficient of the thin film and allows to absorb more solar energy and therefore more efficiently converted to electrical energy.

Keywords: kesterite, CZTS, SEM, absorbance.

I. Introduction

Almost 90% of it is produced by silicon photovoltaic modules (PVM), the effectiveness of which has almost reached the limits of the settlement, and their cost is still quite high. One of the solutions to reduce the cost of manufacturing PVM is switching to using thin film technology. Last years there has been high interest in the research of quaternary semiconductor compounds such as kesterite (Cu₂ZnSnS₄ or CZTS). This is due to the search for materials for a new generation of solar cells. Their direct energy band determines the high interband absorption coefficient for solar radiation in the visible range of spectra, which in its turn will use thin film materials for making solar cells cheaper. The other two important factors for potential use of CZTS in solar energy are widespread in the crust of the constituent elements and their sustainability in manufacturing processes. For the short term studies of CZTS solar cells their efficiency has reached a level of about 12.6% [1]. In order to increase the efficiency the solution to several fundamental problems, including the impact of non-stoichiometry elemental composition of CZTS, the concentration of intrinsic defects, coexistence crystallographic phases and the possible inclusion of secondary binary and ternary compounds is needed.

II. Experimental technique

The Cu₂ZnSnS₄ thin films, which were investigated in this work, were obtained by the deposition of binary compounds ZnS, CuS and SnS on glass substrates with pre-deposited layer of molybdenum on them. Annealing was carried out at two different temperatures, 370 and 390 °C in air and in nitrogen atmosphere. The use of relatively low temperatures was due to the desire to hereafter deposit such structures on flexible organic polymer films. Reflection spectra were recorded on spectrometer Shimadzu UV-3600 and the surface morphology was investigated by scanning electron microscope (SEM) Tescan Mira 3 LMU. The component compositions were determined by the use of energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) on Oxford instruments INCA x-sight, which was built in the SEM.

III. Results and Discussion

It is known that during the high-temperature annealing atoms of sulphur rapidly evaporate from the surface of CZTS [2]. Based on this fact, to obtain compounds with stoichiometric component ratio (2:1:1:4) annealing should be carried out in an atmosphere of sulphur. During the annealing in the atmosphere of S, Zn first takes all of the S saturation according to the electrochemical activity of a number of metals. To clarify this mismatch it should be first analyze the reactions of the formation of

sulphides by using standard oxidation-reduction potentials for binary compounds which were collected in following table [3].

TABLE 1.

Oxidation-reduction reactions.	
Electrode processes	E, V
CuS + 2e ⁻ = Cu + S ²⁻	-0.76
SnS + 2e ⁻ = Sn + S ²⁻	-0.87
Cu ₂ S + 2e ⁻ = 2Cu + S ²⁻	-0.89
ZnS + 2e ⁻ = Zn + S ²⁻	-1.405

We can see from the Table. 1, that the first metal will be reduced to atomic state in process is copper. Therefore, the observation of the CuS and Cu₂S phases in the synthesized film after sulphurisation is the most probable. On the other hand, the CuS and Cu₂S phases are less stable in contrast with ZnS and MoS₂. Indeed, as can be seen from the Table. 2 the standard molar enthalpy of their formation is minimal in absolute value for a number of binary compounds [3].

TABLE 2.

Standard molar enthalpy.	
Sulfides	ΔH ⁰ , kJ/mol
CuS	-53.1
Cu ₂ S	-53.1
SnS ₂	-82.4
SnS	-110.2
ZnS	-205.4
MoS ₂	-248.1

The standard molar enthalpy of the formation of any substance is a measure of its stability. The higher is the absolute value of the enthalpy of the formation of such compounds, thus we assume, it is more stable. Therefore, during the synthesis the CZTS films were formed using such compounds as ZnS, MoS₂, CuS, Cu₂S. As can be seen from the Fig. 1 the surface morphology of the CZTS films strongly depends on the technological conditions during the synthesis: annealing temperature and the atmosphere in which it was processed. The increase of the temperature of synthesis only on 20 °C from 370 to 390 °C results in significant changes in surface morphology of formed CZTS thin films.

To determine the component structure of formed films and individual phase inclusions local-EDX studies were carried out in the different regions onto the film surface. For separating the bands in the EDX spectrum obtained from the individual elements, the energy of the electrons, which was used for sensing was relatively large, resulting in a contribution to the range of items from all over the film thickness. However, in this case, it is possible to get information about the elemental composition inhomogeneities arising on the surface of the films during its synthesis (Fig. 1). From the investigation it was found that the elemental composition of morphological heterogeneity (Fig. 1 a, region 1) corresponds to the composition of enriched Cu (Cu-rich). At the same time, in areas where the film is homogeneous (Fig. 1. a, region 2) the ratio of the component Cu:Zn:Sn:S is closer to stoichiometric, although here we observed a little bit overstated content of Cu and depletion of Sn.

Optical absorbance spectra (1-R(E)) film CZTS, which were obtained under different technological conditions are shown in Fig. 2. Analysis of the experimental data showed that the absorbance of the films with increase of the annealing temperature are significantly increased, namely air at 8% and N₂ by 25%. A

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

significant increase in the absorbance of the films annealed in a N_2 can be attributed to the microstructure of the film. SEM images (Fig. 1 a,b) show that the films annealed at 370 °C have relatively smaller surface density of micro crystalline grains compared with the film surface (Fig. 1 c,d), which were annealed at 390 °C. Increase of the annealing temperature by 20 °C results in a significant increase in the optical absorbance, that is important in design of solar cells, because, the low reflection coefficient of the film allows to absorb more solar energy and, consequently, to increase efficiency.

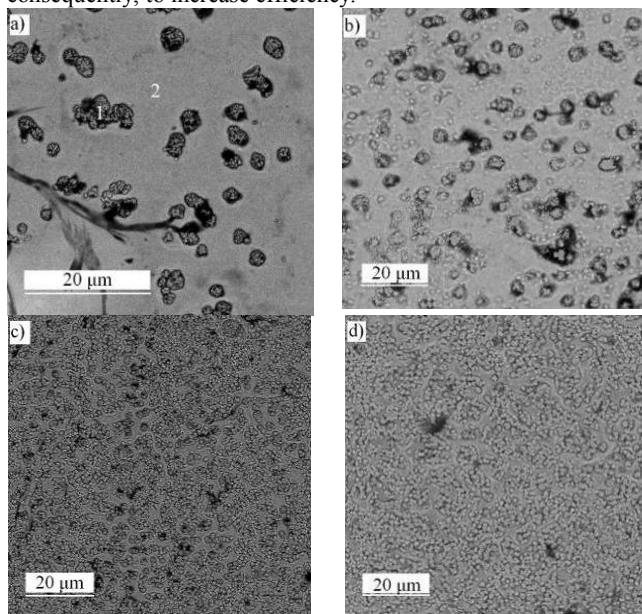


Fig. 1. SEMs of the surface of CZTS films, grown at 370 °C (a, b) and 390 °C (c, d) in N_2 (a, c) and air (b, d) atmospheres.

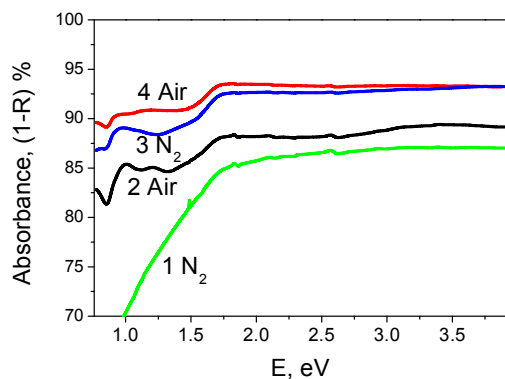


Fig. 2. Absorbance spectra of CZTS thin films, grown at 370° C (1, 2) and 390° C (3, 4).

IV. Conclusions

It was shown that increasing the synthesis temperature by only 20 °C from 370 to 390 °C leads to a significant increase in the surface density of microcrystalline grains, which in its turn reduces the reflection coefficient of the thin film and allows to absorb more solar energy and therefore more efficiently converted to electrical energy. The use of sulfides of copper, tin and zinc, in contrast to corresponding pure metals utilizing during the synthesis of these compounds, eliminates the need for the additional annealing in the atmosphere of sulfur to achieve stoichiometric structure.

V. References

- [1] W. Wang, M. T. Winkler, O. Gunawan, T. Gokmen, T. K. Todorov, Y. Zhu, D.B. Mitzi, Device Characteristics of CZTSSe Thin-Film Solar Cells with 12.6% Efficiency // *Advanced Energy Materials*, 4(7), pp. 1-5 (2014).
- [2] M. Espindola-Rodriguez, M. Placidi, O. Vigil-Galán, V. Izquierdo-Roca, X. Fontané, A. Fairbrother, D. Sylla, E. Saucedo, A. Pérez-Rodríguez, Compositional optimization of photovoltaic grade Cu_2ZnSnS_4 films grown by pneumatic spray pyrolysis // *Thin Solid Films*, 535, pp. 67-72 (2013).
- [3] V. A. Rabinovich, Z. Ya. Havich, Concise chemical directory. Chemistry, Leningrad, (1991).

Cu_2ZnSnS_4 АБСОРБЕРИ СВІТЛА ОТРИМАНІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ СИНТЕЗОМ ІЗ СУЛЬФІДНИХ ПРЕКУРСОРІВ

Ганус В.О.¹, Клюй М.І.¹, Семененко М.О.¹,
Бабічук І.С.¹, В.І.Горбулик²

¹Інститут фізики напівпровідників ім. В.С. Лаїшкарьова НАН України, пр. Науки, 45, м. Київ, Україна, 03680
²Чернівецький факультет НТУ «ХП», Чернівці, Україна

В цій роботі досліджувались спектри відбивання та морфологія поверхні тонких плівок Cu_2ZnSnS_4 (CZTS), сформованих в процесі термічних відпалів попередньо осаджених шарів сульфідів міді, цинку та олова на скляні підкладки, що знаходилися при різних температурах та в різних газових атмосферах. Плівки CZTS були отримані шляхом осадження подвійних з'єднань ZnS, CuS і SnS на скляні підкладки з попередньо нанесеним на них шаром Mo, з наступним термічним відпалом. Відпал проводився при двох різних температурах: 370 та 390 °C, на повітрі та в атмосфері азоту. Використання порівняно невисоких температур відпалу було зумовлено необхідністю в подальшому формувати подібні структури на гнучких органічних полімерних плівках. Відомо, що при високотемпературному відпалі атоми сірки інтенсивно випаровуються з поверхні плівки CZTS. Тому для отримання стехіометричних сполук із співвідношенням компонент (2:1:1:4) потрібно проводити відпал в атмосфері сірки. З рис. 1 видно, що морфологія поверхні плівок CZTS суттєво залежить від технологічних умов їхнього синтезу – температури та атмосфери відпалу. Збільшення температури синтезу всього на 20 °C з 370 до 390 °C призводить до суттєвої зміни морфології поверхні.

З метою визначення компонентного складу сформованих плівок та окремих фазових включень були проведені локальні ЕДРС-дослідження в різних ділянках поверхні плівки. З метою розділення в спектрі ЕДРС смуг, отриманих від окремих елементів, енергія електронів, яка використовувалася для зондування була відносно великою, що призводило до внеску в спектр елементів зі всієї товщини плівки. Однак, і в цьому випадку можна отримати певну інформацію про елементний склад неоднорідностей, які виникають в процесі синтезу CZTS плівок і проявляються на їхній поверхні (рис. 1). З досліджень було встановлено, що елементний склад морфологічних неоднорідностей (рис. 1, а, ділянка 1) відповідає складу збагаченому Cu. В той же час в місцях, де плівка однорідна (рис. 1, а, ділянка 2) співвідношення компонент Cu:Zn:Sn:S є більш близьким до стехіометричного, хоча і тут спостерігається дещо завищений вміст Cu та збіднення на Sn.

Спектри оптичного поглинання (1-R(E)) плівок CZTS, які були отримані при різних технологічних умовах показані на рис. 2. Аналіз результатів експериментальних даних показав, що оптичне поглинання плівок при збільшенні температури відпалу суттєво збільшується, а саме: на повітрі на 8%, а в атмосфері азоту на 25%. Значне збільшення поглинання плівок, відпалених в атмосфері азоту може бути пов'язане з мікроструктурою плівки. З SEM зображень (рис. 1 а,b) видно, що плівки відпалені при температурі T=370 °C мають відносно меншу поверхневу щільність мікрокристалічних зерен в порівнянні з поверхнями плівок (рис. 1 c,d), які були відпалені при температурі T=390 °C. Збільшення температури відпалу лише на 20° C, призвело до суттєвого зменшення оптичного відбивання. Це є важливим результатом, оскільки при проектуванні ФЕП, низький коефіцієнт відбивання від плівки дає змогу поглинути більшу кількість сонячної енергії і, відповідно, збільшити ККД.

ЯВИЩЕ ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ В МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНКАХ ПРИ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОМУ ЗБУДЖЕННІ

Готра З. Ю.^{1,2}, Микитюк З. М.², Фечан А. В.², Вісьтак М.В.³, Сушинський О. Є.², Гнат А. З.²

¹Жешувський технологічний університет, Жешув, Польща

²Кафедра електронних приладів, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

³Кафедра біофізики, Львівський національний медичний університет ім. Д.Галицького, Львів, Україна

Анотація. – У статті представлено результати експериментальних та теоретичних досліджень синтезованих золотих нанострижнів з подальшою метою їх легування у холестеричні рідкі кристали. Проведено експериментальні дослідження нелінійних параметрів золотих нанострижнів із використанням методики z-сканування. Зокрема, визначено нелінійні коефіцієнти поглинання та показники заломлення при дії лазерного випромінювання низької потужності.

Ключові слова: золоті нанострижні, нелінійні коефіцієнти, холестеричні рідкі кристали, оптичні сенсори.

I. Вступ

Взаємодія випромінювання з металевими наночастинками спричиняє значне нанорозмірне відхилення, яке пояснюється загальним коливанням електронів у металевих наночастинках, відоме як локалізований поверхневий плазмонний резонанс. Контролюючи розміри, форму матеріалу та діелектричного середовища, що оточує наночастинку, можна контролювати умову виникнення резонансу у всьому видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні. Остання властивість, а саме, діелектричні властивості оточуючого наночастинку середовища, формує основу локалізованого поверхневого плазмонного резонансу. Пропонуємо використання матеріалів на основі холестеричних рідких кристалів із нанорозмірними частинок як активні матеріали первинних перетворювачів оптичних сенсорів газу [1-3].

II. Основні результати

Було проведено синтез золотих нанострижнів із використанням зародково-посередницького (*seed-mediated*) методу. Були отримані золоті нанострижні з різним співвідношенням діаметра наночастинки до її довжини l/d . Розмір наночастинок визначався двома методами. Перший із використанням методу трансмісійного електронного мікроскопу (ТЕМ-2010), інший із отриманих спектрів поглинання із використанням формули Ганса (розширення теорії Мі) у наближенні до еліпсоїдів.

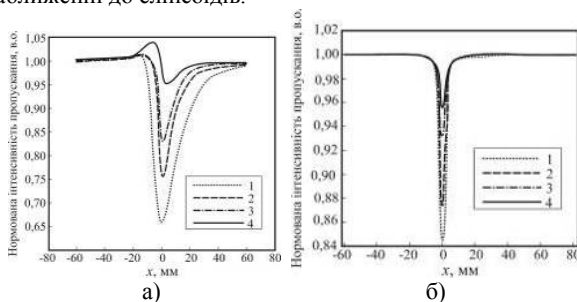


Рис. 1. Експериментальні залежності нормованої інтенсивності пропускання від положення $x = z_0/z$ у випадку а) закритої та б) відкритої діафрагми для зразка із $l/d = 2,4$ та інтенсивності лазерного випромінювання: 1 – $4,40 \cdot 10^4$ Вт/м²; 2 – $3,57 \cdot 10^3$ Вт/м²; 3 – $2,13 \cdot 10^3$ Вт/м²; 4 – $3,82 \cdot 10^2$ Вт/м².

Здатність до детектування процесу поглинання поверхнею наночастинки, що викликане зміщенням подовжнього поверхневого плазмонного резонансу є ключовим принципом при створенні оптичних сенсорів і важливим при створенні систем на основі наночастинок, що забезпечують великий відгук показника заломлення.

Для визначення нелінійних показника заломлення та коефіцієнта поглинання нами було використано метод однопроменевого z-сканування, який є було вибрано через простоту та чутливість вимірювання. Були знято експериментальні залежності нормованої інтенсивності пропускання лазерного випромінювання від положення $x = z_0/z$ для відкритої та закритої діафрагми при різних значеннях інтенсивності лазерного випромінювання для експериментальних зразків (рис. 1).

III. Висновки

Визначення довжини хвилі локалізованого поверхневого плазмонного резонансу та визначення нелінійного показника заломлення та нелінійного коефіцієнта відбивання відкриває можливість використання їх в якості плазмонних нанодомішок у холестеричних рідких кристалах, завдяки підвищенню нелінійного відгуку в РК матеріалі.

IV. Список літератури

- [1] Hotra Z. Sensitive Element of Carbon Monoxide Sensor Based on Liquid Crystals Doped by Nanosized Fe / Z. Hotra, Z. Mykytyuk, O. Sushynskyy, O. Shymchyshyn, V. Petryshak // Annual Journal of Electronics. – 2012. – № 6. – P. 99-102.
- [2] Готра З. Ю. Оптикоелектронний сенсор монооксиду вуглецю на основі холестеричного рідкого кристала легуваного магнетитом Fe₂O₃ / З.Ю. Готра, М. В. Вісьтак, З. М. Микитюк, О.Є. Сушинський, Т. В. Пристай // Міжнародний науково-технічний журнал, Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. – №1 (25). – с. 94-100.
- [3] Aksimentyeva O. Cholesteric Liquid Crystal Doped by Nanosize Magnetite as an Active Medium of Optical Gas Sensor / O. Aksimentyeva, Z. Mykytyuk, A. Fechan, O. Sushynskyy, B. Tsih // Mol. Cryst. Liq. Cryst. – 2014. – № 589. – P. 83-89.

PLASMON RESONANCE PHENOMENON IN METAL NANOPARTICLE MORTAR AT LOW EXCITATION.

Hotra Z. Yu.^{1,2}, Mykytyuk Z.M.², Fechan A. V.², Vistak M.V.³, Sushynskiy O. Ye.², Hnat A.Z.²,

¹Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

²Department of Electronic Devices, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine.

³Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

The paper presents the results of experimental and theoretical studies of synthesized gold nanorods with a aim to their subsequent doping in cholesteric liquid crystals. Experimental study of nonlinear parameters of gold nanorods by means of z-scan technique are carried out. In particular, the nonlinear absorption coefficients and refractive indices under the action of laser radiation of low power are calculated.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ЙМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ МІКРОКОНТАКТНИХ З'ЄДНАНЬ ІС ЗА РІВНЕМ ВНУТРІШНІХ МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ

Дячок Д.Т.¹, Семенюк А.Й.¹, Кучмії Г.Л.², Кремер І.П.², Дорош Н.В.³

¹ Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут, Львів, Україна

² Кафедра електронних приладів, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: iryna_kremer@yahoo.com

³ Кафедра медичної інформатики, Львівський національний медичний університет ім.Д.Галицького, Львів, Україна.

Анотація. – подана методика оцінки ймовірності безвідмовної роботи жорстких мікроконтактних з'єднань ІС за рівнем їхніх внутрішніх механічних напружень.

Ключові слова: integral circuit, жорстке мікроконтактне з'єднання, вивід, ймовірність безвідмовної роботи, механічні напруження.

I. Вступ

Як відомо, в жорсткій системі навісний кристал-підкладка ІС виникають механічні напруження, які можуть впливати на надійну роботу приладу. Тому викликає практичний інтерес знаходження взаємозв'язку між величиною внутрішніх механічних напружень у жорстких виводах системи навісний кристал-підкладка ІС і параметрами надійності.

II. Основні результати

Для оцінки надійності, тобто визначення ймовірності безвідмовної роботи механічних систем за рівнем внутрішніх механічних напружень при нормальному законі їх розподілу, Агаміров Л. і Карімов І. використовують формули [1]:

$$R = \Phi(z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz, \quad (1)$$

$$z_0 = z(y=0) = \frac{a_s - a_\sigma}{\sqrt{g_\sigma^2 + g_s^2}}, \quad (2)$$

де рівняння зв'язку.

У рівнянні зв'язку (2) a_s і a_σ є, відповідно, граничним і діючим значеннями механічних напружень в досліджуваній механічній системі, а g_s і g_σ – флуктуації цих напружень. У нашому випадку досліджуваною механічною системою є система навісний кристал-підкладка ІС, що з'єднані жорсткими стовпчиковими виводами.

В роботі [2] наведено методику визначення внутрішніх механічних напружень в золотих стовпчикових виводах ІС. Для взятих типорозмірів кристалу і підкладки їх значення склало $\tau_{zp} = 70.23$ МПа. Беручи до уваги, що граничні напруження для золота дорівнюють 150 МПа (в різних джерелах ця величина варіюється в певних межах) та прийнявши значення флуктуацій внутрішніх напружень за аналогією прикладу 1.2 [1], визначено параметр z_0 для згаданих золотих стовпчикових виводів [2]. Він дорівнює: $z_0 = 4.83$. При цьому у формулі (2) замість a_s і a_σ , відповідно, враховано $\tau_{г,зр}$ і $\tau_{зр}$. Інтеграл $R = \Phi(z_0)$ є табульованим і для знайденого параметру z_0 його значення буде дорівнювати [3]:

$$R = \Phi(z_0) = \Phi(4.83) = 0.999.$$

Припустимо, що механічні напруження у виводі збільшилися, наприклад, внаслідок прикладеного зовнішнього

зусилля чи недосконалості технологічного процесу, що привело до зменшення площі поперечного перерізу виводу. Відповідно, ймовірність безвідмовної роботи буде зменшуватися. В таблиці 1 подана залежність ймовірності безвідмовної роботи жорсткого стовпчикового золотого виводу в системі навісний кристал-підкладка ІС від величини внутрішніх напружень для прийнятих вище умов, яка була розрахована за формулами (1) і (2):

ТАБЛИЦЯ 1

τ_{zp} , МПа	80	100	120	140
R	0.999	0.997	0.943	0.674

III. Висновки

Як бачимо із таблиці 1, значущість впливу механічних напружень у жорсткому виводі на значення інтегралу $R = \Phi(z_0)$ проявляється після 120 МПа, тобто при досить великих їхніх значеннях. Однак, жорстке мікроконтактне з'єднання є складною системою і тому при розрахунку ймовірності безвідмовної роботи слід також враховувати величину адгезії контактної площинки до підкладки чи виводу до контактної площинки, які можуть бути меншими, ніж міцність матеріалу виводу. Тоді у формулі (2) замість граничних напружень a_s матеріалу виводу слід враховувати меншу із двох названих вище адгезій (при цьому приймається, що у разі порушення адгезії контактної площинки до підкладки відшарування буде спостерігатися в межах площі її контакту з жорстким виводом).

IV. Список літератури

- [1] Вероятностные методы расчета прочности и надежности механических систем.[Електронний ресурс]- Режим доступу: <http://www.detalmach.ru/lectdinamika12.htm>.-in Russian.
- [2] Pavlysh V., Dyachok D. Definition of the Mechanical Stress Value in the IC Pin Leads // Proceedings of the International Conference TCSET ' 2008, "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science". Lviv-Slavsko, Ukraine.-2008.-Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2008.-P.91.
- [3] Jahnke E., Emde F., Losch F. Taffeln Hoherer Funktionen. 6-e Auflage.- Neubearbeitet von F.Losch.-Stuttgart: B.G. Neubner Verlagsgesellschaft, 1960.-XII,318 S.

RELIABILITIES MIKROKONTAKTNYH IP CONNECTIONS IN TERMS OF INTERNAL MECHANICAL STRESSES

Dyachok D.T., Semenyuk A.Y., Kuchmiy G.L., Kremer I.P., Drosh N.V.

Department of Electronic Devices, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine.

The present method of estimating the probability of failure-free operation of hard mikrokontaktynyh IP connections in terms of their internal mechanical stresses.

ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНО-АБСОРБЦІЙНІ СВІТЛОФІЛЬТРИ НА БАЗОВИХ КРИСТАЛАХ $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ ТА $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$

Стребежев В.В., Нічий С.В., Стребежев В.М., Юрійчук І.М., Клето Г.І.

Кафедра фізики напівпровідників і наноструктур, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: streb@ukr.net

Анотація. – Отримані інтерференційно-абсорбційні світлофільтри напленням розрахованих тонкоплівкових систем з SiO , Ge , ZnS , Te та SrF_2 на підкладки з кристалів твердих розчинів $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ та $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$. Для виділення окремих каналів фільтрів з різною межею відрізання випромінювання у ближній та середній ІЧ-області, застосовано металізуючу плівкову діафрагму Al або Cr з світловими зонами заданої геометрії. Методом ВЧ-катодного розпилення мішені з монокристалу CdSb на базові кристали $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ та $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ отримані фоточутливі гетеропереходи з активною областю у вигляді плівки CdSb .

Ключові слова: інтерференційно-абсорбційний світлофільтр, фоточутливий гетероперехід, тонкі плівки, кристали $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$, $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$.

I. Вступ

Для отримання оптичних та фоточувливих елементів, функціонуючих у ближній і середній ІЧ-області, використовують напівпровідникові кристали з відповідною шириною забороненої зони, наприклад групи $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{VI}}$ In_4Se_3 ($E_g=0,65\text{eV}$) та групи $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{V}}$ CdSb ($E_g=0,48\text{eV}$). Застосування твердих розчинів цих кристалів $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ та $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ дає додаткові можливості для регулювання положенням граничної довжини хвилі $\lambda_{\text{пр}}$, в залежності від складу, при розробці елементів оптофотоелектроніки [1-3].

II. Експериментальні дослідження і результати

Досліджено технологічні процеси формування кристальних тонкоплівкових інтерференційно-абсорбційних фільтрів на монокристалах $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ та $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ для здійснення ефективною селекції ІЧ-випромінювання. На основі багатшарових тонкоплівкових інтерференційних систем, розрахованих методом еквівалентних шарів, змодельовані і практично отримані фільтри з різним положенням короткохвильової межі $\lambda_{\text{пр}}$ відрізання випромінювання в діапазоні довжин хвиль $\lambda_{\text{пр}} = 1,7 - 6,5$ мкм. Світлофільтри з кількома оптичними каналами отримано шляхом наплення різних інтерференційних систем на металізуючу тонкоплівкову діафрагму з Al , Ag або Cr з розділеними світловими зонами. Методом растрової електронної мікроскопії (РЕМ) та методом електронографії вивчена морфологія, склад і структура тонких плівок SiO , SiO_2 , а також плівок ZnS , Ge , Te та SrF_2 , нанесених на підкладки з $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ та $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ електронно-променевим і термічним випаровуванням. Плівки покриття володіли полікристалічною зернистою структурою з характерними дефектами у вигляді пор, ділянок відшарування, мікрокрапель розплаву на поверхні.

Встановлено, що висока адгезія і низька пористість плівок складових фільтра, які забезпечують механічну стабільність фільтра в цілому і стабільність його характеристик при охолодженні, досягаються при поєднанні оптимальних режимів швидкості наплення, іонної очистки підкладок та їх нагрівання. При цьому забезпечується механічна стійкість фільтра і стабільність його характеристик при охолодженні до 77 К. Властивості фільтрів на основі шаруватих сполук In_4Se_3 і $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ залежать від анізотропії кристалів підкладок. Для підкладок, виготовлених із монокристалів, вирощених у напрямку (010), характерна менша густина структурних дефектів і відповідно більш висока прозорість фільтрів у робочій області.

Вивчена залежність оптичних характеристик і параметрів відрізаючих інтерференційно-абсорбційних фільтрів на $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ і $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ від технологічних умов їх отримання і температурних режимів експлуатації.

Для отримання фоточувливих гетеропереходів на основі цих сполук, методом ВЧ-катодного розпилення мішені з монокристалу CdSb в атмосфері Ar , були наплені на підкладки з In_4Se_3 та $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ тонкі плівки CdSb . Процес проводився в діодній розпилювальній системі планарного типу. Досліджені в РЕМ склад і мікроструктура, а також електрофізичні та фотоелектричні характеристики цих плівкових гетероперехідних елементів, для яких робочий спектральний діапазон фоточувливості складав $\lambda = 1 - 3$ мкм.

III. Висновки

Одержані стабільні та ефективні інтерференційно-абсорбційні світлофільтри на підкладках з $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ та $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ забезпечується напленням розрахованих тонкоплівкових систем з SiO , Ge , ZnS , Te та SrF_2 на металізуючу плівкову діафрагму Al або Cr з світловими зонами для окремих каналів. Отримання фоточувливих гетеропереходів, функціонуючих приблизно в тому ж спектральному діапазоні, як і фільтри $\Delta\lambda = 1 - 3$ мкм, здійснено методом ВЧ-катодного розпилення мішені з монокристалу CdSb на базові кристали цих сполук.

IV. Список літератури

- [1] Xingfu, Li. Anisotropic optical and thermoelectric properties of In_4Se_3 and In_4Te_3 [Text] / Li Xingfu, Xu Bin, Yu Gongqi, Li Xue, Yi Lin // Journal of applied physics. – 2013. – V.113. – P. 203502.
- [2] Твердый раствор $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ – материал для абсорбционных оптических фильтров / Б.Н. Грицюк, Т.С. Мошкова, А.Д.Огородник [та ін.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 1999. – Т.66, №4. – С.577-579.
- [3] Dremlyuzhenko S.G. Interference IR-filters on the CdSb monocrystal substrates / S.G. Dremlyuzhenko, L.I. Konopaltseva, S.M. Kulikovskaya, Yu.P. Stetsko, V.N. Strebezhev, A.I. Rarenko, S.E. Ostapov // Proceedings of the SPIE. – 1999. – V. 3890. – P.104-110.

INTERFERENCE ABSORPTIVE FILTERS ON $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ AND $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ BASIC CRYSTALS

Strebezhev V.V., Nychyi S.V., Strebezhev V.M., Yurichuk I.M., Kletto G.I.

Department of the Semiconductor Physics and Nanostructures, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Interference absorptive filters are obtained by deposition of calculated SiO , Ge , ZnS , Te and SrF_2 thin film systems on $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ and $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ substrates. To select individual channels of the filters with different cut off in the near and middle infrared region the metallized Al or Cr film diaphragm with light areas of a given geometry is used. It is found that high adhesion and low porosity of the filters components which provide mechanical stability of the filter as a whole and its stability characteristics during cooling are achieved in a combination of optimal deposition speed, ion cleaning of substrates and their heating. Properties of the filters based on In_4Se_3 and $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ layered compounds depend on anisotropy of crystals substrates. Substrates which are made from single crystals grown in (010) direction are characterized by lower density of structural defects and consequently higher transparency of the filters in work region. The method of high frequency cathodic sputtering of CdSb single crystal target on basic $\text{In}_4(\text{Se}_3)_{1-x}\text{Te}_3x$ and $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sb}$ crystals is used to obtain photosensitive heterojunctions with an active area as a film from CdSb .

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

КВАЗІСТАЦІОНАРНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ СПЕКТР У БАГАТОШАРОВІЙ НАПІВПРОВІДНИКОВІЙ НАНОТРУБЦІ

Гуцул В.І., Кучак А.І., Маханець О.М.

Кафедра теоретичної фізики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: ktf@chnu.edu.ua

Анотація. – У наближенні ефективних мас та прямокутних потенціалів з використанням формалізму S -матриці побудовано теорію енергетичного спектра та хвильових функцій електрона у багатошаровій “відкритій” напівпровідниковій нанотрубі. Проаналізовано залежності резонансних енергій і ширин від товщини нанотрубки та аксіального квазіімпульса.

Ключові слова: напівпровідникова нанотрубка, резонансні енергії, резонансні ширини.

I. Вступ

Багатошарові напівпровідникові нанотрубки вивчаються як теоретично, так і експериментально вже протягом кількох років. Унікальні властивості основних квазічастинок (електронів, екситонів...) у таких наносистемах дозволяють використовувати їх в якості базових елементів приладів сучасної наноелектроніки.

На даний час для закритих нанотрубок теорія електронного та екситонного стаціонарних спектрів уже в цілому створена і добре підтверджується експериментом [1].

“Відкриті” нанотрубки цікаві тим, що на відміну від “закритих”, у них завжди існує можливість проникнення квазічастинок через потенціальний бар’єр у зовнішнє середовище, що створює додатковий канал релаксації енергії збуджених у квантовій ямі квазічастинок. Зрозуміло, що енергетичні спектри квазічастинок у таких наносистемах будуть квазістаціонарними і характеризуватимуться крім резонансних енергій ще резонансними ширинами.

Наскільки нам відомо, квазістаціонарні спектри електронів, дірок і екситонів теоретично вивчалися лише у сферично-симетричних квантових точках та в простих циліндричних квантових дротах [2]. Багатошарові “відкриті” нанотрубки теоретично не досліджувалися, хоча такі наносистеми на основі напівпровідників $GaAs$ та $Al_xGa_{1-x}As$ уже створені експериментально [3].

II. Теоретична частина

У даній роботі досліджується багатошарова “відкрита” напівпровідникова нанотрубка, що складається із внутрішньої дротини радіуса ρ_0 (середовище $GaAs$), шару-бар’єру товщиною Δ_1 ($Al_xGa_{1-x}As$), нанотрубки (h) ($GaAs$), ще одного шару-бар’єру (Δ_2) ($GaAs$) у зовнішньому середовищі $GaAs$. Оскільки потенціальна енергія електрона у зовнішньому середовищі менша, ніж у шарах-бар’єрах, то така система є “відкритою”, а енергетичний спектр електрона квазістаціонарним.

Квазістаціонарні спектри електрона розраховуються в межах формалізму S -матриці. Аналітичний вираз для S -матриці отримується як розв’язок стаціонарного рівняння Шредінгера з використанням граничних умов неперервності хвильової функції та потоку густини ймовірності на всіх межах наносистеми разом з умовою нормування. Згідно з загальною теорією при достатньо потужному потенціальному бар’єрі полюси знайденої S -матриці в комплексній площині енергій

$$\tilde{E}_{n_p m}(k_z) = E_{n_p m}(k_z) - i\Gamma_{n_p m}(k_z)/2, \quad (1)$$

визначають резонансні енергії електрона ($E_{n_p m}^e(k_z)$) і резонансні ширини ($\Gamma_{n_p m}^e(k_z)$) квазістаціонарних станів, що характеризуються двійкою відповідних квантових чисел $n_p m$ і аксіальним квазіімпульсом k_z .

III. Висновки

1. Проаналізовано залежності резонансних енергій і ширин електрона від товщини (h) нанотрубки та аксіального квазіімпульса k_z .

2. Показано, що як резонансні енергії, так і ширини немонотонно залежать від товщини нанотрубки за довільних квазіімпульсів k_z .

3. Зі збільшенням аксіального квазіімпульса k_z і резонансні енергії електрона, і резонансні ширини монотонно зростають.

IV. Список літератури

- [1] Makhanets O.M., Gutsul V.I., Tsiupak N.R., Voitsekhivska O.M. Exciton spectrum in multi-shell hexagonal semiconductor nanotube // Condensed Matter Physics. – 2012. – V.15, №3. – P. 33704:1-9.
- [2] М.В.Ткач, О.М.Войцехівська, В.А. Головацький, О.М.Маханець, А.М.Гришук Спектри квазічастинок у багатошарових напівпровідникових наногетеросистемах // Журнал фізичних досліджень. – 2006. – Т.10, №4. – С.315-329.
- [3] A. Fontcuberta i Morral, D. Spirkoska, J. Arbiol, M. Heigoldt, J. R. Morante, G. Abstreiter Prismatic quantum heterostructures synthesized on molecular-beam epitaxy GaAs nanowires // Small. – 2008. – V.4, № 7. – P. 899-903.

QUASISTATIONARY ELECTRON SPECTRUM IN MULTI-SHELL SEMICONDUCTOR NANOTUBE

Gutsul V.I., Kuchak A.I., Makhanets O.M.

Department of the Theoretical Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The theory of electron energy spectrum and wave functions in multi-shell open semiconductor nanotube is developed within the approximation of effective mass and rectangular potentials. The electron quasi-stationary spectra are calculated in the framework of S -matrix formalism. The analytical expression for the S -matrix is obtained as a solution of stationary Schrödinger equation taking into account the fitting conditions for the wave function and its density of current at all interfaces of nanosystem together with the normality condition.

The electron resonance energies and widths as functions of nanotube thickness and axial quasi-momentum are analyzed.

It is shown that both the resonance energies and widths non-monotonously depend on nanotube thickness at arbitrary magnitude of axial quasi-momentum.

The resonance energies of electron and resonance widths monotonously increase with the increasing axial quasi-momentum.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ВЗАЄМОДІЯ ЕЛЕКТРОНІВ З ІНТЕРФЕЙСНИМИ ФОНОНАМИ У ЗАКРИТІЙ ТРИЯМНІЙ НАНОСТРУКТУРІ

Гринишин Ю.Б., Ткач М.В., Сеті Ю.О., Войцехівська О.М.

Кафедра теоретичної фізики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: ktf@chnu.edu.ua

Анотація. – Отримано гамільтоніан електронів, інтерфейсних фононів та їх взаємодії у трійній закритій плоскій наногетероструктурі у зображенні вторинного квантування за всіма змінними. Методом температурних функцій Гріна розраховано перенормований взаємодією спектр електронів при довірливих температурах

Ключові слова: електрон, фонон, наноструктура, детектор.

I. Вступ

Відкриті плоскі наногетероструктури уже біля десяти років використовуються у якості основних робочих елементів квантових каскадних детекторів (ККД). Ці прилади актуальні, оскільки повністю перекривають інфрачервоний і терагерцовий діапазони шкали електромагнітних хвиль і можуть успішно працювати від криогенних до кімнатних температур практично без зміни робочої частоти. Так як у багатощарових наногетероструктурах із-за контактів різних матеріалів на їх межах виникають інтерфейсні фонони, то постає питання: як ці фонони впливають на параметри електронного спектру (резонансні енергії й ширини), а значить і на величину енергії електромагнітного поля поглинутої у квантовому переході між електронними робочими рівнями резонансно-тунельної структури, як активного елемента каскада ККД.

II. Теорія взаємодії електронів з інтерфейсними фононами у плоскій трійній наноструктурі.

У роботі розвинута теорія електронного спектру та хвильових функцій у моделі закритої трійної наноструктури з використанням наближення ефективної маси та прямокутного потенціального профілю (рис. 1).

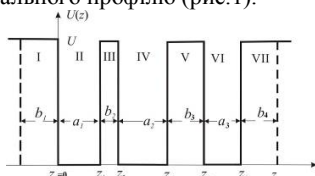


Рис. 1. Потенціальний профіль закритої трійної наноструктури

Розв'язане стаціонарне рівняння Шредінгера з відомими граничними умовами дало можливість отримати енергетичний спектр і повну систему електронних хвильових функцій, а отже з використанням квантованих хвильових функцій був знайдений гамільтоніан «чистих» електронів у зображенні чисел заповнення.

Спектр інтерфейсних фононів вивчається у моделі діелектричного континууму [1-4]. У результаті квантування поля поляризації інтерфейсних фононів отримано їх енергетичний спектр, «чистий» гамільтоніан та гамільтоніан взаємодії з електронами у зображенні чисел заповнення за всіма змінними системи.

Розрахунок параметрів електронного спектру (зміщень і загукань) за рахунок взаємодії з інтерфейсними фононами виконувався методом температурних функцій Гріна на основі знайденого електрон-І-фононного гамільтоніана. У

якості моделі активної зони були вибрані параметри резонансно-тунельної трійної наноструктури, відомі з експериментальних робіт [5-6]. Розрахунок перенормованого електронного спектру виконувався при криогенній температурі (T=0 K) і кімнатній температурі (T=300 K) за умови малої концентрації електронів.

III. Висновки

Виявилося, що не залежно від температури, основний внесок у зміщення електронних рівнів вносить внутрірівнева взаємодія через І-фонони, у кілька разів менший внесок вносять усі решта рівнів дискретної частини спектру, а стани неперервної частини практично не впливають на положення всіх робочих рівнів у шкалі енергій. Величини зміщень і загукань не перевищують кількох міліелектронвольт, причому всі рівні зміщуються у область менших енергій тим більше чим нижчий рівень.

Запропонована теорія дозволяє дослідити властивості не лише цієї наноструктури, але й інших багатощарових наноструктур, як робочих елементів квантових каскадних детекторів.

IV. Список літератури

- [1] N. Mori, T. Ando, Phys.Rev. B 40, 6175 (1989).
- [2] J.G. Zhu, S.L. Ban, Eur.Phys.J. B 85, 140 (2012).
- [3] X. Gao, D. Botez, I. Knezevic, J.Appl.Phys. 103, 073101 (2008).
- [4] М.В. Ткач Квазічастинки у наногетероструктурах. Квантові точки та дрони (Пути, Чернівці, 2003).
- [5] L. Gendron, M. Carras, A. Huynh, V. Ortiz, C. Koeniguer, V. Berger, Appl.Phys.Lett. 85, 2824 (2004).
- [6] F.R. Giorgetta, E. Baumann, D. Hofstetter, C. Manz, Q. Yang, K. K.ohler, M. Graf, Appl.Phys.Lett. 91, 111115 (2007).

ELECTRON-INTERFACE PHONONS IN CLOSED THREE-WELL STRUCTURE

Grynshyn Y.B., Tkach M.V., Seti Ju.O., Voitkevichska O.M.

¹Department of the Theoretical Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

In the paper we develop the theory of electron spectrum and wave functions using the model of closed three-well nanostructure within the approximation of effective mass and rectangular potential profile. The stationary Schrodinger equation is solved with the known fitting conditions. Using it, we solved the energy spectrum and complete set of electron wave functions. Within these functions and quantized ones, the Hamiltonian of pure electrons is obtained in the representation of occupation numbers.

The spectra of interface phonons are studied in the framework of dielectric continuum model. Quantizing the field of polarizational interface phonons we obtained their energy, pure Hamiltonian of phonons and Hamiltonian of their interaction with electrons in the representation of second quantization over all variables of the system.

The parameters of electron spectrum (shifts and decay rates) due to the interaction between electron and interface phonons are calculated using the method of temperature Green's functions and obtained Hamiltonian of electron-I-phonon interaction.

IV-a міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

КАНАЛИ ПРОЗОРОСТІ РЕЗОНАНСНО-ТУНЕЛЬНОЇ НАНОСТРУКТУРИ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛЯХ

Сеті Ю.О., Ткач М.В., Паньків М.В.

Кафедра теоретичної фізики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: ktf@chnu.edu.ua

На основі розкладу в ряд Фур'є за всіма польовими гармоніками хвильової функції електрон-фотонної системи, як точного розв'язку повного рівняння Шредінгера для електрона у відкритій наносистемі, виявлено та досліджено умови виникнення нерезонансних каналів прозорості двобар'єрної резонансно-тунельної наноструктури у постійному електричному та височастотному електромагнітному полях. Показано, що зростання напруженості електромагнітного поля приводить до появи на вольт-амперній характеристиці нових піків, обумовлених проходженням струму крізь електрон-фотонні канали прозорості наносистеми.

Ключові слова: резонансно-тунельна система, коефіцієнт прозорості, фотон-супровідне тунелювання, вольт-амперна характеристика.

I. Вступ

Електронний транспорт крізь резонансно-тунельні структури (РТС) у зовнішніх полях постійно привертає увагу дослідників, у результаті чого були створені наноприлади з унікальними характеристиками [1, 2] (квантові каскадні лазери і детектори, квантові генератори та ін.). Теорія проходження електронних потоків крізь багаточарові РТС, в основному, будувалася у дипольному наближенні слабкого електромагнітного поля [3-5]. Теорія фотон-супровідного електронного транспорту крізь РТС у електромагнітному полі довільної величини напруженості та частоти була побудована в роботах [6, 7] на основі розкладу в ряди Фур'є точного розв'язку повного рівняння Шредінгера. Однак у цитованих роботах наявність постійного електричного поля не враховувалася, що не дозволяло у подальшому дослідити вплив електрон-фотонних станів на роботу квантових каскадних лазерів. Тому у пропонованій роботі побудовано теорію фотон-супровідного електронного транспорту крізь відкриті РТС у електромагнітному та електричному полях.

II. Коефіцієнт прозорості та вольт-амперна характеристика РТС у електро-магнітному та електричному полях.

Розглядається плоска відкрита двобар'єрна РТС у постійному однорідному електричному полі з напруженістю F_{dc} та у змінному електромагнітному полі з векторним потенціалом A_z . Моноенергетичний потік електронів (з зарядом e) падає на РТС зліва. Для досліджуваної системи у моделі ефективних мас $m(z)$ електрона та прямокутних потенціалів $U(z)$ справедливе повне однорідне рівняння Шредінгера

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(z,t)}{\partial t} = \left\{ \frac{1}{2} \left(i\hbar \frac{\partial}{\partial z} + \frac{e}{c} A_z \right) \frac{1}{m(z)} \left(i\hbar \frac{\partial}{\partial z} + \frac{e}{c} A_z \right) + U(z) - eF_{dc} [z\theta(z) + (L-z)\theta(z-L)] \right\} \Psi(z,t) \quad (1)$$

Знайдений точний розв'язок рівняння (1) з подальшим його розкладом у ряд Фур'є за всіма польовими гармоніками дозволяє розрахувати коефіцієнт прозорості та вольт-амперну характеристику РТС і дослідити властивості елект-

рон-фотонних каналів прозорості наносистеми у залежності від характеристик електричного та електромагнітного полів.

Розрахунки, виконані на основі розвиненої теорії показали, що взаємодія електрона з електромагнітним полем приводить до виникнення нових комплексних квазістационарних станів, які є суперпозицією основних електронних станів і польових гармонік усіх порядків. Властивості каналів прозорості РТС, створених електрон-фотонною системою, суттєво залежать як від енергії, так і від напруженості електромагнітного поля. Такі канали прозорості РТС у потужному електромагнітному полі проявляються на вольт-амперній характеристиці наноструктури.

III. Висновки

На основі точного розв'язку нестационарного однорідного рівняння Шредінгера для електрона, що взаємодіє в РТС з височастотним електромагнітним полем довільної напруженості та частоти і постійним однорідним електричним полем, з використанням розкладу точної хвильової функції електрон-польової системи у ряд Фур'є за всіма гармоніками, побудовано теорію електрон-фотонних квазістационарних станів відкритої РТС.

Запропонований метод дозволяє дослідити властивості не лише цієї наносистеми, але й інших багаточарових РТС у електричному та електромагнітному полях, як робочих елементів квантових каскадних лазерів.

IV. Список літератури

- [1] C. Gmachl, F. Capasso, D.L. Sivco et al. Rep.Prog.Phys., 64, 1533 (2001).
- [2] F. R. Giorgetta, E. Baumann, M. Graf et al. J. Quantum Electronics, 45, 1039 (2009).
- [3] А. Б. Пашковский. Письма в ЖЭТФ, 82, 228 (2005).
- [4] В. Ф. Елесин, И.Ю. Катеев, М. А. Ремнев. ФТП, 43, 269 (2009)..
- [5] Н. В. Ткач, Ю.А. Сети, В. А. Матиек, И. В. Бойко. ФТП, 46, 1327 (2012).
- [6] Н. В. Ткач, Ю.А. Сети. Письма в ЖЭТФ, 95, 296 (2012).
- [7] M.V. Tkach, Ju.O. Seti, O.M. Voitsekivska Acta Physica Polonica A, 124, 94 (2013).

TRANSMITTING CANALS OF RESONANT TUNNELING NANOSTRUCTURE IN ELECTRIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS

Pankiv M.V., Seti Ju.O., Tkach M.V.

¹Department of the Theoretical Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi
National University, Chernivtsi, Ukraine

The non resonance transmitting canals of two-barrier resonant tunneling structure in constant electric and high-frequency electromagnetic fields are observed and conditions of their appearance are investigated using the expansion into the Fourier range over all field harmonics of the electron-photon wave function as exact solution of complete Schrodinger equation for the electron in open system. Interaction brings to new mixed quasi-stationary states which are the superposition of main electronic states and field harmonics of all orders. The properties of canals depend on energy and intensity of electromagnetic field.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ВПЛИВ СТРУМІВ ОБМЕЖЕНИХ ПРОСТОРОВИМ ЗАРЯДОМ НА ВЛАСТИВОСТІ ДЕТЕКТОРІВ In-Cd(Zn)Te-In

В.М. Склярчук, О.Ф. Склярчук

Кафедра оптоелектроніки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: v.skliarchuk@chnu.edu.ua

Анотація. – Досліджено електричні характеристики структури In-Cd(Zn)Te-In на основі кристалів зі слабо вираженим *n*-типом провідності зі вмістом цинку ~10% ($x \sim 0,1$), які використовуються для виготовлення детекторів іонізуючого випромінювання. Встановлено, що СОПЗ є основним механізмом, що обмежує робочі напруги детекторів іонізуючого випромінювання з омичними контактами. Проведена оцінка енергетичного положення та концентрації глибоких центрів, відповідальних за пастковий механізм СОПЗ в In-Cd(Zn)Te-In структурах, виходячи зі статистики електронів і дірок у напівізолюючому компенсованому напівпровіднику $Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$, визначено енергетичне положення $E_d = 0,85$ eV та ступінь компенсації $N_d/N_a = 0,82$ глибокого донорного рівня, відповідального за темнову електропровідність In-Cd(Zn)Te-In структур.

Ключові слова: детектори X - і γ - випромінювання, Cd(Zn)Te, омичний контакт, питомий опір, струми обмежені просторовим зарядом.

I. Вступ

Cd(Zn)Te – перспективний матеріал для створення детекторів іонізуючого випромінювання, що можуть працювати без охолодження. Розглядають два типи детекторів: з омичними контактами і з бар'єром, що випрямляє. Використання омичних контактів забезпечує майже однорідне електричне поле всередині напівпровідникового кристала, в результаті чого значно послаблюється вплив таких процесів, як захоплення носіїв заряду та поляризація на формування сигналу детектора [1]. Головна проблема створення однорідних детекторів – труднощі при виготовленні омичних контактів й порівняно більші темнові струми, ніж в детекторах з випрямляючим бар'єром. Для зменшення темнових струмів проводять різноманітні технологічні процедури, зокрема, пасивацію бічної поверхні. При таких обробках може відбутися зменшення рухливості й часу життя носіїв заряду, можливе також порушення омичності контактів, що неминуче приведе до виникнення просторового заряду і, як наслідок, до порушення однорідності електричного поля в структурі.

II. Експериментальні результати і їх обговорення

Омичні контакти до напівізолюючих кристалів $Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$ зі слабо вираженим *n*-типом провідності створювали вакуумним напилюванням індію на поверхню, ретельно відполіровану і протравлену в розчині бром у метанолі. Безпосередньо перед нанесенням металу поверхню кристалу обробляли в аргонній плазмі при нарузі 250-300 В і струмі 30-40 мА. Вольт-амперні характеристики (ВАХ) отриманих омичних контактів були симетричні в діапазоні досліджуваних напруг і мали три характерних ділянки: лінійну $I \sim V$ і квадратичну $I \sim V^2$, $I \sim V^n$, де $n > 2$ (рис. 1). З лінійної ділянки ВАХ визначено питомий опір кристала який дорівнює $\rho = 2 \times 10^{10}$ Ом·см при 20 °С. Довжина лінійної ділянки ВАХ, яка обмежується напругою переходу омичної ділянки у квадратичну U_0 , істотно залежала від відстані між омичними контактами d ; у нашому випадку спостерігалась залежність $U_0 \sim d^2$ (рис. 2), Така залежність спостерігається тільки у випадку порівняно однорідних кристалів, якісних омичних контактів і мінімізації струмів по бічній поверхні.

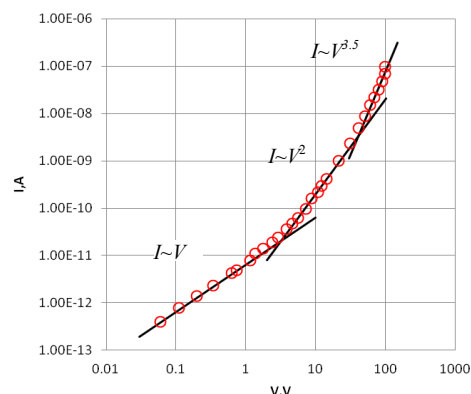


Рис. 1. ВАХ структури In-Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te-In товщиною 0.85 мм. Температура 20 °С

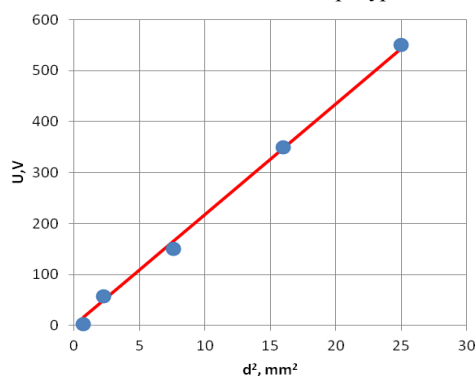


Рис. 2. Залежність напруги переходу U_0 омичної ділянки ВАХ у квадратичну від товщини кристала при $T = 20$ °С

Поведінка ВАХ пояснюється в рамках моделі струмів, обмежених просторовим зарядом (СОПЗ) за участю пасток. В цьому випадку струм через кристал дорівнює сумі [2]:

$$j = j_o + j_{\text{сопз}}$$

де j_o - струм омичної ділянки ВАХ:

$$j_o = \varepsilon_s \mu_n n_o \frac{U}{d}$$

$j_{\text{сопз}}$ – струм квадратичної ділянки ВАХ:

$$j_{\text{сопз}} = \frac{9}{8} \Theta \varepsilon_s \mu_n \frac{V^2}{d^3}$$

де n_o - концентрація рівноважних електронів, μ_n - їх рухливість, $\varepsilon_s = \varepsilon \varepsilon_0$, ε діелектрична проникність, ε_0 - електрична постійна, Θ - (фактор захоплення) - постійна, яка залежить від концентрації й глибини залягання глибоких рівнів прилипання (пасток).

Напруга U_0 , при якій струми омичної й квадратичної ділянок ВАХ рівні, відповідає умові, коли час прольоту $\tau_{\text{пр}} = d^2 / \mu_n E$ дорівнює максвелівському часу діелектричної релаксації $\tau_m = \varepsilon_s \rho$, E - напруженість електричного поля.

$$U_0 = \frac{4d^2}{3\rho \mu_n \Theta \varepsilon_s}$$

Варто відмітити, що для безпасткового механізму СОПЗ $\Theta = 1$, і в цьому випадку для аналогічних кристалів товщиною 5 мм $U_0 \approx 0,1$ (!) В.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

З аналізу ВАХ в рамках запропонованої моделі, оцінено енергетичне положення пасток $E_t \approx 0.9$ eВ і їх концентрацію $N_t \approx 6.7 \times 10^{10} \text{ см}^{-3}$.

З температурної залежності питомого опору на основі статистики електронів і дірок в компенсованому напівпровіднику визначено ступінь компенсації й енергетичне положення донорного рівня, відповідального за темнову провідність кристалів. Для кристала з питомим опором 2×10^{10} Ом·см, енергетичне положення донорного рівня відповідає енергії $E_d = 0.85$ eВ, а ступінь компенсації - $N_a/N_d = 0.82$. Для кристала з питомим опором 5.5×10^{10} Ом·см відповідно $E_d = 0.83$ eВ і $N_a/N_d = 0.78$.

Отримані результати дозволяють зробити очевидний висновок: чим ближче буде перебувати енергетичний рівень домішки до середини забороненої зони, тим меншим буде необхідний ступінь компенсації для досягнення потрібного результату. Варіюючи ступінь компенсації, можна бажаним чином керувати питомим опором матеріалу: для підвищення питомого опору напівпровідника необхідно, щоб енергетичний рівень домішки був поблизу середини забороненої зони, причому концентрація домішки повинна бути домінуючою в системі існуючих у кристалі домішок і дефектів.

III. Висновки

Для однорідного детектора іонізуючого випромінювання робоча напруга (тобто напруга, при якій реалізуються оптимальні параметри детектора) обмежуються механізмом СОПЗ. Природно, обмеження робочої напруги приводить до обмеження напруженості електричного поля, величина якого важлива для ефективного збирання нерівноважних носіїв заряду. Щоб підвищити напругу (і природно напруженість електричного поля) однорідного детектора, кристал повинен містити певну кількість домішок (пасток), енергетичне положення яких повинне бути таким, щоб виконувалася умова $F < E_t$ для кристала n-типу провідності. Концентрація пасток повинна бути такою, щоб забезпечити достатню напруженість електричного поля в структурі, однак не привести до істотного зменшення часу життя й рухливості вільних носіїв заряду. При цьому, що підтверджує експеримент, збільшення питомого опору напівпровідника, за інших рівних умов, природно приводить до зменшення темнового струму на лінійній ділянці ВАХ, однак в цей же час зменшується «довжина» лінійної ділянки ВАХ, а відповідно, зменшується робоча напруга однорідного детектора.

Створення напівпровідникового матеріалу для детекторів іонізуючого випромінювання з максимально великим питомим опором, великою рухливістю вільних носіїв заряду та великим часом життя природно приводить до зменшення концентрації глибоких домішок і, відповідно, до зменшення робочої напруги детектора. Для одержання оптимальних параметрів детектора з омичними контактами: максимальну ефективність та розрізну здатність, необхідне досягнення розумного компромісу між концентрацією глибоких рівнів, питомим опором напівпровідника, часом життя та рухливістю вільних носіїв заряду.

Список літератури

- [1] Uri Lachish. CdTe and CdZnTe semiconductor gamma detectors equipped with ohmic contacts / Uri Lachish // Nucl. Instr. and Methods. –1999. –A436. – P.146 - 149.
- [2] Ламперт М. Инжекционные токи в твердых телах / М. Ламперт, П. Марк.//М.: Мир, 1973. 416 с.

THE INFLUENCE OF SPACE CHARGE LIMITED CURRENTS ON THE PROPERTIES OF THE In-Cd(Zn)Te-In DETECTORS

Sklyarchuk V.M., Sklyarchuk O.F.

Department of Optoelectronics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

It is considered that there are two types of ionizing radiation detectors: with ohmic contacts and with a rectifying barrier. Type of contacts largely determines the important properties of a semiconductor detector: electrical properties and resolution. The use of ohmic contacts provides nearly homogenous electric field within the semiconductor crystal. The influence of charge carrier capture processes on the formation of detector signal is significantly weakened in detectors with ohmic contacts. Since depletion region (space charge) isn't formed in the detector with ohmic contacts, the polarization effect is substantially attenuated. The main problem of the homogeneous detectors is not only in overcoming the difficulties in creating the ohmic contacts, but also the presence of relatively large dark currents. To reduce the dark current different technological treatments applied, particularly surface passivation. Such treatment can change not only the property of the metal-semiconductor contact, but also change the properties of the semiconductor. As a result reducing of the charge carrier mobility and lifetime can occur. The situation when the contacts become non-ohmic are also possible, which will inevitably lead to a distortion of homogeneity structure of the electric field.

The electrical characteristics of In-Cd (Zn) Te-In structures based on semi-insulating crystals with a zinc content of ~ 10% and n-type conductivity, used for detectors of ionizing radiation are investigated. Established that space-charge limited currents (SCLC) is the main mechanism that limits the working voltage of X- γ -ray detectors with ohmic contacts. The estimation of the energy position and concentration of deep centers responsible for the trap mechanism SCLC in In-Cd (Zn) Te-In structures carried. The degree of compensation and the ionization energy of the donor level, responsible for the conductivity of crystals, was defined from the temperature dependence of the resistivity. For the crystal with resistivity 2×10^{10} Ohm·cm, the ionization energy of the donor level is $E_d = 0.85$ eВ and the degree of compensation is $N_a/N_d = 0.84$. For crystal with resistivity 5.8×10^{10} Ohm·cm the numbers are respectively $E_t = 0.84$ eВ and $N_a/N_d = 0.78$. The obtained results lead to the obvious conclusion: in order to increase the resistivity of the semiconductor it is necessary to introduce an impurity, which forms the energy level near the middle of the forbidden gap. Concentration of traps should be such that on one hand to provide sufficient electric field voltage in the structure that actually corresponds to elongation of ohmic part of I-V curve, on the other hand not to lead to a substantial decrease of the lifetime and mobility of free charge carriers. If we want to get a semiconductor material for ionizing radiation detectors with a maximum high resistivity, high mobility of free charge carriers, longer lifetime, we obtain at the same time a decrease of the concentration of deep impurities and reduction of the operating voltage. To get good results, you need a reasonable compromise between all these parameters.

ЕЛЕКТРИЧНІ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

ГЕТЕРОСТРУКТУР SnO₂-GaP

В.П. Махній¹, Ю.В. Воробйов², І.Г. Орлецький¹, В.М. Склярчук¹

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: vpmakhniy@gmail.com

² Керетарське відділення наукового центру "СІНВЕСТАВ", Мексика;

Анотація. – Досліджено вольт амперні характеристики та спектри fotocутливості гетероструктур SnO₂-GaP, виготовлених методом пульверизації з наступним піролізом. Встановлено, що спектр fotocутливості обмежений шириною забороненої зони контактуючих матеріалів, а максимальна монохроматична чутливість складає 0,36 А/Вт.

Ключові слова: контакт метал-напівпровідник, гетероперехід, струм, fotocутливість, фосфід галію.

І. Вступ

Фосфід галію ($E_g \approx 2,26$ еВ при 300 К), незважаючи на непряму структуру енергетичних зон, продовжує залишатись одним з базових матеріалів для виготовлення джерел і детекторів оптичного випромінювання. Основною останніх зазвичай є контакти Au/n-GaP, область fotocутливості яких охоплює діапазон енергій 2,5-6 еВ, а максимум монохроматичної чутливості досягає 0,15 А/Вт [1]. Такі детектори мають широкий динамічний діапазон лінійності, швидкодію, а також більш високу порівняно з контактами Au-Si температуру та радіаційні стійкості. Недоліки таких фотодетекторів є висока вартість, а також складність нанесення плівки Au контрольованої товщини для забезпечення оптимальних значень її електропровідності та оптичного пропускання. Один із шляхів усунення цих недоліків – заміна золота півкою провідного оксиду, величина пропускання якої в області прозорості слабо залежить від її товщини, а технологія нанесення значно простіша і дешевша. Дана робота присвячена вивченню можливостей виготовлення гетероструктур SnO₂-GaP і досліджень їх основних електричних і фотоелектричних властивостей.

ІІ. Експериментальні результати та їх обговорення

Базові підкладинки розміром 4×4×0,5 мм вирізались із фосфідгалієвих епітаксійних структур з видаленням шляхом хімічного травлення р-шаром. На одну сторону пластинки вплавлявся індієвий омичний контакт, а на протилежну – пульверизацією з наступним піролізом наносився шар SnO₂, що слугував прозорим бар'єрним контактом, через який проводилось освітлення. Висота потенціального бар'єра Φ_0 , яка була визначена методом Фаулера, при 300К становила ~1,35 еВ. Незважаючи на це, а також суттєву нелінійність та асиметричність вольт-амперної характеристики (ВАХ), коефіцієнт випрямлення К при напрузі $V=1$ В був лише $\sim 10^2$. Такі низькі значення К, а також його слабка залежність від температури, свідчать про інший, ніж у контактах метал-GaP, механізм проходження струму I . Дослідження показали, що характер залежності $I \sim V^n$ (рис. 1) відповідає режиму струмів, обмежених просторовим зарядом (СОПЗ), який реалізується у високоомній області гетероструктури (ГС). Ця область, ймовірно все, утворюється у процесі нанесення випрямляючого контакту SnO₂, який відбувається при $\sim 550^\circ\text{C}$. Спектр чутливості $S_{\text{ф}}$ досліджуваних ГС охоплює діапазон 2,5-4,5 еВ, що відповідає E_g фосфиду галію та SnO₂ відповідно (рис.2), а монохроматична чутливість складає 0,36 А/Вт.

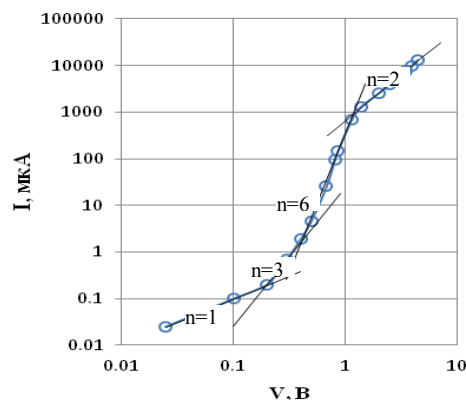


Рис. 1. ВАХ гетероструктури SnO₂-GaP у подвійних логарифмічних координатах при 300 К

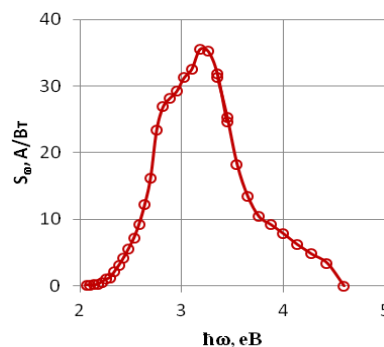


Рис. 2. Спектр fotocутливості гетероструктур SnO₂-GaP при 300 К

ІІІ. Висновки

Досліджувані ГС fotocутливі в області 2,5-4,5 еВ, що дещо вузше, ніж для контактів Au-GaP, однак, максимальна монохроматична чутливість їх суттєво більша і складає 0,36 А/Вт проти 0,15 А/Вт.

Список літератури

- [1] Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А. Полупроводниковые фотозлектропреобразователи для ультрафиолетовой области спектра. // Фізика и техника полупроводников. – 2003. – Т. 37. – Вып.9. – С.1025-1055.

ELECTRICAL AND PHOTOVOLTAIC PROPERTIES OF HETEROSTRUCTURES SnO₂-GaP

Makhniy V.P.¹, Vorobiev Yu.V.², Orletsy I.G.¹, Sklyarchuk V.M.¹
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
²CINVESTAV-IPN Unidad Queretaro, Queretaro, Mexico

The current-voltage characteristics and photosensitivity spectra of hetero-structures SnO₂-GaP are investigated. Structures produced by the method of spraying with pyrolysis followed. It is established that the range of the photosensitivity is limited by the bandgap of the contacting materials and the maximum monochromatic sensitivity reaches 0.36 A/W.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

МЕХАНІЗМИ ЗМІНИ ПРОВІДНОСТІ ПРУЖНО ДЕФОРМОВАНИХ КРИСТАЛІВ p-Si, ОПРОМІНЕНИХ X-ПРОМЕНЯМИ

Павлик Б.В., Лис Р.М., Дідик Р.І., Слободзян Д.П., Шикор'як Й.А.
Кафедра електроніки, Львівський національний університет імені Івана Франка,
Львів, Україна, E-mail: lys_r@ukr.net

Анотація. – досліджувалися зміни електропровідності опроміненних X-променями монокристалічних зразків p-Si в процесі їх пружного стиску. Запропоноване рівняння, яке пояснює залежність провідності зразків від механічного навантаження та поглинутої дози X-опромінення.

Ключові слова: кремній, рентгенівське опромінення, пружна деформація.

I. Вступ

Перерозподіл концентрації носіїв заряду та домішок в деформованих кристалах в значній мірі характеризується наявністю дислокацій, які є ефективними стоками для зарядів та дефектів, особливо на поверхні та в приповерхневих шарах кристалу. Збудження електронної підсистеми кристалу супроводжується також відповідними змінами в рухливості дислокацій. Характерною особливістю дислокацій в кристалах кремнію є наявність навколо них областей з підвищеною концентрацією точкових дефектів (хмаринки Котрелла).

II. Основна частина

В роботі використовувалися монокристали кремнію p-типу провідності, вирощені за методикою Чохральського, марки КДБ 10-20, з орієнтацією (111).

Вимірювання електропровідності проводилось у вакуумному кріостаті в процесі прикладання одновісного стиску до торців (у напрямку $[1\bar{1}2]$) силою від 15 до 40 МПа зі швидкістю подачі деформації 8 або 32 мкм/хв. Опромінювали зразки повним спектром рентгенівського випромінювання (W-антикатод, 50 кВ, 10 мА).

Було встановлено, що в процесі дії механічного навантаження ($\sigma_{\text{мех}}$) опір не опроміненних зразків кремнію дещо зростає. Слід зазначити, що для не опроміненних кристалів зміна швидкості деформації практично не впливала на загальний вигляд залежностей $\rho(\sigma)$.

Дія X-опромінення (до 480 Гр) призводить до того, що під час стиску, із швидкістю 8 мкм/хв, опір практично не змінюється, причому в процесі опромінення опір зростає пропорційно до кореня квадратного із поглинутої дози. Збільшення швидкості стиску у чотири рази (із 8 мкм/хв до 32 мкм/хв) призводить до зміни характеру залежності питомого опору від навантаження: спостерігається незначне (<0,2%) зменшення опору опроміненних зразків в процесі їх стиску.

Для опису вище згаданих залежностей, нами запропоновано рівняння для сумарної поверхневої провідності ($\lambda = 1/R$):

$$\lambda(\sigma_{\text{мех}}, D) = \frac{a}{l} e \mu_p(\sigma_{\text{мех}}, D) \{ \beta_1(D) - \beta_2(\sigma_{\text{мех}}, D) \}, \quad (1)$$

де a , l – розміри зразка, D – поглинута доза,

$$\beta_1(D) = \int_0^w p_1(y, D) dy, \quad \beta_2(\sigma_{\text{мех}}, D) = w \cdot p_2(\sigma_{\text{мех}}, D).$$

У рівнянні (1) враховано, що концентрація дірок в збільшеній області приповерхневого шару (товщиною w) залежить не тільки від координати (y), а й від прикладеного механічного навантаження ($\sigma_{\text{мех}}$). Вона, при сталій дозі X-

опромінення, визначається двома складовими: $p(y, \sigma_{\text{мех}}) = p_1(y) - p_2(\sigma_{\text{мех}})$, де $p_1(y)$ – складова, яка відповідає зміні концентрації носіїв заряду при зміні відстані від поверхні напівпровідника; $p_2(\sigma_{\text{мех}})$ – складова, яка показує наскільки зменшується концентрація дірок внаслідок захоплення їх на дислокаціях під час механічних навантажень. Крім того, рухливість дірок (μ_p) не є постійною величиною, а залежить від механічного навантаження.

Отже, зміна поверхневої провідності опроміненних кристалів p-Si при дії механічних навантажень, в основному, визначається зміною трьох параметрів: β_1 , β_2 та μ_p . Аналіз рівняння (1) підтверджує зростання опору при збільшенні величини поглинутої дози X-опромінення головню за рахунок зменшення рухливості ($\mu_p(D) < \mu_p(0)$) та концентрації вільних носіїв заряду – дірок ($\beta_2(D) < \beta_2(0)$). Якщо розглядати рівняння (1) при фіксованій дозі, то можна зробити наступні висновки, які підтверджують експериментальні залежності зміни опору від механічного навантаження:

1) Опір не опроміненних зразків кремнію при стиску зростає. Це зумовлено значним зростанням коефіцієнту β_2 при дії механічних навантажень. Під час стиску зміна (збільшення) коефіцієнту β_2 суттєво перевищує зміну (збільшення) рухливості дірок при збільшенні механічного навантаження. Щодо параметру β_1 , то його значення не залежить від $\sigma_{\text{мех}}$.

2) Опір опроміненних зразків слабо змінюється при стиску. Це зумовлене процесом зменшення зміни (зростання) коефіцієнту β_2 , внаслідок затрудненого руху дислокацій. Тобто взаємоконкуруючі зміни параметрів β_2 та μ_p є співмірними при стиску опроміненних зразків кремнію. Зменшення опору зі збільшенням навантаження пов'язано із зменшенням поздовжньої ефективної маси важких дірок та відповідним збільшенням їх рухливості при стиску. У формулі для поверхневої провідності це відображається відповідним зростанням рухливості μ_p .

III. Висновки

На основі експериментальних даних запропоновано рівняння, яке описує залежність поверхневої провідності кристалів p-Si (опроміненних та не опроміненних) від величини одновісного пружного навантаження.

MECHANISMS OF CONDUCTIVITY CHANGE OF ELASTICALLY DEFORMED AND X-IRRADIATED p-Si CRYSTALS

Pavlyk B.V., Lys R.M., Didyk R.I., Slobodzyan D.P., Shykorjak J.A.
Department of electronics, Ivan Franko Lviv National University,
Lviv, Ukraine.

Electrical conductivity changes of X-irradiated single-crystal p-Si samples in the process of elastic compression have been investigated. Increasing resistance value of unirradiated sample is revealed in the course of uniaxial deformation. In case of pre-irradiation, the deformation effect hardly affects the resistivity at a deformation speed 8 $\mu\text{m}/\text{min}$.

The equation that explains the dependence of samples conductivity on the mechanical load and the absorbed dose of X-irradiation have been proposed.

МУАРОВІ КАРТИНИ МОДЕЛЬНИХ МІКРОПОДРЯПИН В Si

Яремчук І.В., Фодчук І.М., Новіков С.М.

Кафедра фізики твердого тіла, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: dzuna@rambler.ru

Анотація. – Мета дослідження зміни муарових зображень як за формою, так і за інтенсивністю підбором різних модельних деформаційних полів – розв'язати обернену задачу – по муаровій картині відтворити поле деформації, визначити навіть незначну зміну пружних модулів і компонент тензора деформації, які спричинені незначним впливом від дефектів у високодосконалих кристалах. Моделювання експериментальної муарової картини від подряпини проводилося підбором розміщення зосереджених сил різної величини у рядах. При цьому, вигляд муарових смуг на значних відстанях від лінії подряпини більші суттєво залежить від характеру розподілу зосереджених сил, ніж у безпосередній близькості від лінії подряпини.

Ключові слова: LLL-інтерферометр, муарові смуги, зосереджена сила, деформаційне поле.

I. Вступ

Успіхи в розвитку динамічної теорії розсіяння X-хвиль стали важливими передумовами для розробки високочутливих методів дослідження структурної досконалості кристалів (X-променевої дифракційний муар, дифракційне фокусування, маятникові смуги). Ці методи не пов'язані з вимірами енергетичних характеристик розсіювання, тобто інтенсивності, що дозволяє визначати дисперсійні поправки структурних амплітуд за геометричними параметрами інтерференційної картини. Водночас X-променева інтерферометрія є потужним засобом дослідження медичних та біологічних зразків у фазовій томографії [1]. При цьому дефекти структури та макродеформації в пластинах інтерферометра суттєво впливають на якість інтерференційних зображень [2].

II. Результати числового моделювання

Перевага інтерферометричного методу полягає у тому, що на X-хвильовій муаровій картині поблизу дефектів відображається їх деформаційне поле, тобто так зване топографічне зображення, а на значній відстані – їх поле зміщень [3].

Тому встановлення загальних принципів і механізмів формування муарових розподілів інтенсивності має важливе наукове і практичне значення, оскільки дозволяє уникати помилкових тлумачень отриманих інтерференційних картин і значно полегшує інтерпретацію причин утворення складних муарових картин.

Нами для розрахунку муарових картин використано ейкональне двохвильове наближення, в якому вектор дифракції є функцією просторових координат і грає роль повільно змінного показника заломлення [4]. Розглянуто різні модельні представлення подряпин у вигляді одного і більше рядів певним чином розподілених зосереджених сил. На рис. 1 наведені муарові картини (експериментальні (а) [2] і розраховані (б)) у випадку наявності на поверхні кристалу-аналізатору двох рознесених на певні відстані перпендикулярних подряпин. Для моделювання подряпини перпендикулярної до вектора дифракції вибрано 11 однакових рівномірно розподілених сил, а для подряпини паралельній вектору дифракції розподіл сил за величиною збільшується від центра при наближенні до її кінців. В цілому, отримана якісна відповідність експериментальних і розрахованих топографічних зображень в області сильних деформацій і муарових на значній відстані від подряпини.

Обробка експериментальних муарових картин проводилась на основі методу вейвлет-аналізу.

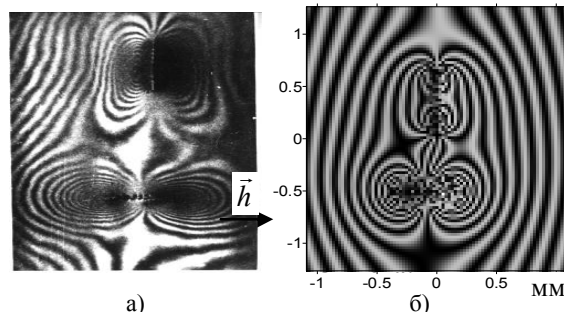


Рис. 1. (а) Експериментальна муарова картина зображень подряпин [2], нанесених на поверхню (111) аналізатора Si напрямках $[\bar{1}10]$ і $[11\bar{2}]$.

(б) Теоретично розраховані картини муару.

III. Висновки

Досліджено зміни періодів муарових смуг, їх форми та інтенсивності для різних модельних представлень джерел деформаційних полів у вигляді рядів зосереджених сил різної величини та розташування. Порівняння експериментальних муарових картин, з розрахованими, дозволило відтворити характер деформаційного поля, яке виникає при скрайбуванні індентором вихідної поверхні пластини-аналізатора LLL-інтерферометра.

IV. Список літератури

- [1] Momose A., Takeda T., Itai Y. Rev. Sci. Instrum. – 1995. – 66, No.2. – P.1434.
- [2] Раранский Н.Д. Рентгеноинтерферометрическое изображение полей деформаций вокруг дислокационных скоплений / Н.Д. Раранский, В.П. Шафранюк, И.М. Фодчук // Металлофизика. – 1985. – Т.7, №5. – С.63-71.
- [3] Bonse U., Materlik G. Z. Phys. – 1972. – 253, No.3. – P.232.
- [4] Kato N. Dynamical diffraction theory of waves in distorted crystals / N. Kato // Acta Cryst. – 1963. – Vol.16, No.4. – P.122-125.

SIMULATION OF MOIRE PATTERNS FROM MICRO-SCRATCHES IN SILICON

Yaremchuk I.V., Fodchuk I.M., Novikov S.M.

Department of the Solid State Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The advantage of interferometric method lies in the fact that the X-wave moiré pattern near defects displays their deformational field, i.e. the so-called topographic image, and at a significant distance – their displacement field. Therefore, the establishment of common principles and mechanisms of formation of moiré intensity distribution is of great scientific and practical importance, since it allows avoiding erroneous interpretations of the obtained interference pattern and greatly facilitates the interpretation of the formation of complex moiré patterns.

The changes of periods of moiré stripes, their shape and intensity for different model representations of sources of deformation fields as the series of concentrated forces of varying size and location were studied. The comparison of experimental moiré patterns with calculated allowed to reproduce the character of the deformation field that occurs during scribing of output surface of the LLL-interferometer crystal-analyzer by indenter.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ЕЛЕКТРОННОМІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЛІВОК ТА ЕПІТАКСІЙНИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ CdSb, ZnSb В РЕЖИМАХ СЛАБКОГО КОНТРАСТУ

Обедзинський О.Ю., Стребезев В.М., Дремлюженко С.Г., Юрійчук І.М.

Кафедра фізики напівпровідників і наноструктур, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: yurij.ob@gmail.com

Анотація. – Для підвищення якості зображення в растровому електронному мікроскопі (РЕМ) у режимах слабого контрасту був модифікований відеоідемпілювач, в якому застосовано регульований пороговий пристрій для селекції відеоімпульсів по амплітуді. Після проведеної модернізації відеотракту РЕМ, отримані якісні зображення напівпровідникових тонких плівок Ge, CdSb за умов слабкої емісії вторинних електронів і рівня контрасту. При дослідженні в РЕМ епітаксійних гетероструктур CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb в режимі потенціального контрасту визначено зміщення положення електричної і металургійної межі в гетеропереході. Визначені технологічні умови лазерної обробки, які сприяють вирівнюванню положення цих меж і відповідно призводять до покращення електрофізичних і фотоелектричних параметрів гетеропереходів.

Ключові слова: растровий електронний мікроскоп, тонкі плівки, епітаксійні гетероструктури, напівпровідники, CdSb, ZnSb.

I. Вступ

Велику та різнобічну інформацію про структуру та склад напівпровідникових кристалів, плівок та шарів дає дослідження методом растрової електронної мікроскопії (РЕМ). Але крім основного режиму спостереження в РЕМ “сильного” топографічного контрасту у “вторинних” електронах, важливими є режими спостереження зі “слабким” контрастом – кристалічним, магнітним, потенціальним [1]. У використаному для досліджень електронному мікроскопі РЕМ-100У (фірма SELMI, Суми) формування зображення здійснюється за допомогою класичного детектора Еверхарта-Торнлі на основі сцинтилятора і фотопомножувача. Для підвищення якості зображення у режимах спостереження зі слабким контрастом був модернізований блок відеоідемпілювача з метою більш повного використання можливостей фотопомножувача, як аналізатора фотонів, які генеруються сцинтилятором під дією електронів від зразка.

II. Експериментальні дослідження і результати

У відеоідемпілювачі застосований регульований пороговий пристрій для селекції відеоімпульсів по амплітуді, відносно опорної напруги. Це дозволяє не пропускати на відеоконтрольний пристрій мікроскопа фонові та шумові імпульси напруги з виходу фотопомножувача, які мають меншу амплітуду, відносно імпульсів, що генеруються фотонами. В цьому випадку значно збільшується відношення сигнал/шум відеотракту електронного мікроскопа і достатньо якісно спостерігаються деталі зображення зі слабким контрастом.

Напівпровідникові плівки Ge, Te та епітаксійні шари на основі CdSb, ZnSb, вивчалися в РЕМ-100У при прискорюючій напрузі 15 і 30 кВ, струмі електронного зонда $3 \cdot 10^{-12}$ – $2 \cdot 10^{-9}$ А, збільшенні до 40000 крат. З метою виявлення деталей зображення на рівні контрасту, що близький до рівня чорного, застосовувалося нелінійне підсилення сигналу по степеневому закону $S_{вих} = S_{вх}^{1/\gamma}$, яке називається γ -корекцією. Для виявлення малих рівнів контрасту та підви-

щення чіткості застосовувалась Y-модуляція. В такому режимі пучок на екрані відхиляється від нульового положення на величину, що пропорційна інтенсивності відеосигналу.

Як показали дослідження, за допомогою проведеної модернізації відеотракту РЕМ-100У можна отримати досить якісні зображення високоомних напівпровідникових тонких плівок, які дають малу емісію вторинних електронів. На рис.1 зображена кристалічна структура тонкої плівки Ge в режимі Y-модуляції. Такі плівки напильовалися у вакуумі в складі багат шарових інтерференційних фільтрів на CdSb та In₄Se₃ як матеріали з високим показником заломлення [2]. Встановлено, що при підвищених температурах підкладки до $T_n = 463$ К відсутні пори в плівках Ge, структура їх полікристалічна, розміри зерен збільшуються, щільність плівки зростає, що сприяє більшій відповідності коефіцієнта заломлення плівки коефіцієнту заломлення монокристалічного германію.

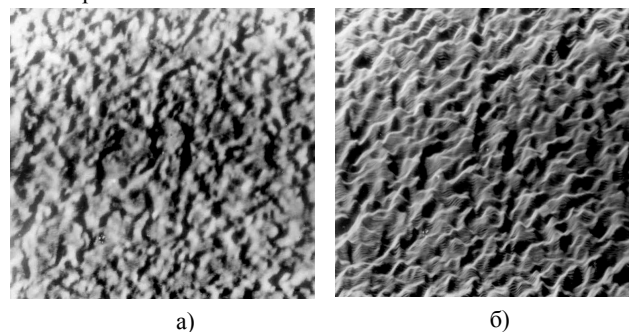


Рис. 1. Зображення структури тонкої плівки Ge: а) в режимі вторинних електронів; б) в режимі Y-модуляції

Для виготовлення епітаксійних гетероструктур CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb (x=0,1-0,3) був застосований метод рідиннофазної епітаксії з розчину-розплаву у Ві [3]. Поперечні сколи цих гетероструктур вивчалися методом потенціального контрасту в РЕМ при прикладанні напруги у прямому та у зворотному напрямках. Конфігурація і розміри локальних мікрообластей розподілу потенціалу в області гетероконтакту, які мають слабкий контраст, візуалізуються в РЕМ за допомогою модернізованого блока відеоідемпілювача. Це дає можливість визначити зміщення положення електричної і металургійної межі в базових елементах. Було встановлено, що лазерна обробка епітаксійних гетероструктур CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb (товщина шарів 15-25 мкм) в інтервалі енергій 2-3 Дж/см² призводить до вирівнювання положення електричної та металургійної межі гетеропереходу і відповідно до покращення електрофізичних параметрів.

Виготовлені леговані гетероепітаксійні структури CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb є фоточутливими в діапазоні $\lambda = 1,5$ -3 мкм з $\lambda_{max} = 2,6$ мкм, і характеризуються вольтовою чутливістю $S = 6 \cdot 10^3$ В/Вт.

III. Висновки

Після проведеної модернізації відеотракту РЕМ, отримані якісні зображення напівпровідникових тонких плівок Ge, CdSb за умов слабкої емісії вторинних електронів і рівня контрасту. При дослідженні в РЕМ епітаксійних гетерос-

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

структур CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb в режимі потенціального контрасту визначено зміщення положення електричної і металургійної границі в гетеропереходах. Встановлено, що лазерна обробка цих гетероструктур в інтервалі енергій 2-3 Дж/см² призводить до вирівнювання положення електричної та металургійної границі гетеропереходу і відповідно до покращення електрофізичних і фотоелектричних параметрів.

IV. Список літератури

- [1] Дюков В.Г. Электронная микроскопия локальных потенциалов / В.Г. Дюков, С.А. Непийко, Н.Н. Седов – К.: Наукова думка, 1991. – 198 с.
- [2] Dremluzhenko S.G. Interference IR-filters on the CdSb monocrystal substrates / S.G. Dremluzhenko, L.I. Konopaltseva, S.M. Kulikovskaya, Yu.P. Stetsko, V.N. Strebezhev, A.I. Rarenko, S.E. Ostapov // Proceedings of the SPIE. – 1999. – V. 3890. – P.104-110.
- [3] Обедзинский, Ю.К. Эпитаксиальные структуры на базе Cd_{1-x}Zn_xSb и лазерная оптимизация их свойств / Ю.К.Обедзинский, А.И.Савчук, В.Н.Стребежев, И.Н.Юрийчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т.6/12 (66). – С. 103-106.

ELECTRON MICROSCOPE STUDIES OF CdSb, ZnSb based SEMICONDUCTOR FILMS AND EPITAXIAL STRUCTURES IN LOW CONTRAST MODE

Obedzynskyi U.K., Strebezhev V.M., Dremluzhenko S.G.,
Yuriychuk I.M.

Department of the Semiconductor Physics and Nanostructures, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

To improve image quality of scanning electron microscope (SEM) in low-contrast regimes the modified video amplifier which uses an adjustable threshold device for selection of pulses is developed. The device does not pass background and noise voltage pulses from the output of photomultiplier having relatively lower amplitude than amplitude of the pulses generated by photons into the video control unit. After modernization of SEM video channels the quality images of Ge, CdSb semiconductor thin films in low emission of secondary electrons and contrast levels have been received. The study of CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb epitaxial heterostructures in SEM gives the possibility to determine the offset position of electrical and metallurgical borders in heterojunction. It is found that laser treatment of heterostructures by 2-3 J/cm² pulses leads to alignment of electrical and metallurgical heterojunction boundaries and consequently improve electro and photovoltaic parameters. As the result the doped heteroepitaxial CdSb/Cd_{1-x}Zn_xSb structures, which are photosensitive in $\lambda=1,5-3 \mu\text{m}$ range with a maximum photosensitivity at $\lambda_{\text{max}}=2,6 \mu\text{m}$ are developed.

СПЕКТР ВИПРОМІНЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОНІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ ВЗДОВЖ ГВИНТОВОЇ ЛІНІЇ В СЕРЕДОВИЩІ

Константинович А.В.¹, Константинович І.А.²

¹Кафедра теоретичної фізики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: aconst@hotbox.ru

²Кафедра термоелектрики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці,
Україна, E-mail: kneo@hotbox.ru

Анотація. – Отримана тонка структура спектра випромінювання одного, двох, трьох, чотирьох електронів, що рухаються вздовж гвинтової лінії в прозорому ізотропному середовищі, дозволила встановити наявність осциляцій у спектрі цих систем.

Ключові слова: синхротронно-черенковське випромінювання, спектр випромінювання, осциляції

I. Вступ

Дане повідомлення присвячене дослідженню удосконаленням методом сили самодії Лоренца, доповненим гіпотезою Дірака, тонкої структури спектрального розподілу потужності випромінювання системи електронів, що рухаються вздовж гвинтової лінії у прозорому середовищі.

II. Спектральний розподіл потужності синхротронно-черенковського випромінювання

Середня потужність випромінювання \bar{P}^{rad} N електронів, що рухаються один за одним уздовж гвинтової лінії у прозорих ізотропних середовищах набуває вигляду [1]:

$$\bar{P}^{rad} = \int_0^{\infty} W(\omega) d\omega, \quad (1)$$

$$W(\omega) = \frac{2e^2}{\pi c^2} \int_0^{\infty} dx \mu(\omega) S_N(\omega) \frac{\sin\left\{\frac{n(\omega)}{c} \omega \eta(x)\right\}}{\eta(x)} \cos \omega x \times \left[V_{\perp}^2 \cos(\omega_0 x) + V_{\parallel}^2 - \frac{c^2}{n^2(\omega)} \right], \quad (2)$$

$$\text{де } \eta(x) = \sqrt{V_{\parallel}^2 x^2 + 4 \frac{V_{\perp}^2}{\omega_0^2} \sin^2\left(\frac{\omega_0}{2} x\right)}, \quad r_0 = V_{\perp} \omega_0^{-1},$$

$\omega_0 = ceB^{ext} \bar{E}^{-1}$, $\bar{E} = c\sqrt{p^2 + m_0^2 c^2}$, $\vec{B}^{ext} \parallel OZ$ – вектор магнітної індукції, V_{\perp} і V_{\parallel} – компоненти швидкості, \vec{p} і \bar{E} – імпульс та енергія електрона, e та m_0 – його заряд і маса спокою.

Фактор когерентності N електронів $S_N(\omega)$ набуває вигляду:

$$S_N(\omega) = \sum_{l,j=1}^N \cos[\omega(\Delta t_l - \Delta t_j)], \quad (3)$$

де Δt_j – зсув у часі j -го електрона.

Числові розрахунки високої точності спектра випромінювання двох, трьох і чотирьох електронів, що рухаються один за одним, проведені, використовуючи співвідношення (1) і (2) з урахуванням відповідних виразів для фактора когерентності (3).

Для двох електронів фактор когерентності $S_2(\omega)$ набуває вигляду:

$$S_2(\omega) = 2 + 2 \cos(\omega \Delta t_{12}), \quad (4)$$

де Δt_{12} – зсув у часі між першим і другим електронами.

Для трьох електронів фактор когерентності $S_3(\omega)$ має вигляд

$$S_3(\omega) = 3 + 2 \cos(\omega \Delta t_{12}) + 2 \cos(\omega \Delta t_{23}) + 2 \cos\{\omega(\Delta t_{12} + \Delta t_{23})\}, \quad (5)$$

де Δt_{23} – зсув у часі між другим і третім електронами.

Для чотирьох електронів фактор когерентності $S_4(\omega)$ набуває вигляду:

$$S_4(\omega) = 4 + 2 \cos(\omega \Delta t_{12}) + 2 \cos(\omega \Delta t_{23}) + 2 \cos(\omega \Delta t_{34}) + 2 \cos\{\omega(\Delta t_{12} + \Delta t_{23})\} + 2 \cos\{\omega(\Delta t_{23} + \Delta t_{34})\} + 2 \cos\{\omega(\Delta t_{12} + \Delta t_{23} + \Delta t_{34})\}. \quad (6)$$

Тут Δt_{34} – зсув у часі між третім і четвертим електронами.

При компонентах швидкості $V_{\perp med} > c/n(\omega)$, $V_{\parallel med} \ll c/n$ мають місце осциляції у спектрі випромінювання окремого електрона, що рухається вздовж кола або вздовж гвинтової лінії [1]. Отримана тонка структура спектра випромінювання одного, двох, трьох, чотирьох електронів, що рухаються вздовж гвинтової лінії в прозорому ізотропному середовищі, дозволила встановити наявність осциляцій у спектрі цих систем. Проведені дослідження доповнюють результати праці [1].

III. Висновки

Встановлено існування осциляцій у спектрі синхротронно-черенковського випромінювання одного, двох, трьох, чотирьох електронів, що рухаються вздовж гвинтової лінії в прозорому ізотропному середовищі

IV. Список літератури

- 1 Konstantinovich A.V., Konstantinovich I.A. Oscillations and Coherent Radiation of Harmonics in Radiation Spectrum of Electrons Moving in Spiral in Transparent Medium // Problems of Atomic Science and Technology. Series: Nuclear Physics Investigation. – 2011. – No 5, – P. 67–74.

RADIATION SPECTRUM OF SYSTEM OF ELECTONS MOVING IN SPIRAL IN MEDIUM

Konstantinovich A.V., Konstantinovich I.A.

Department of Theoretical Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Using the improved Lorentz self-interaction method complement by Dirac hypothesis the fine structure of spectral distribution of the radiation power for the system of electrons moving in a spiral in transparent isotropic medium is investigated. The fine structure of radiation spectrum of two, three and four electrons moving one by one along the spiral in transparent medium in non-relativistic case is studied. The oscillations in spectral distribution of synchrotron-Cherenkov of the radiation power of one, two, three and four electrons moving in a spiral in transparent medium with relativistic transversal and smaller longitudinal velocity components is obtained and investigated.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ТА ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШАРУВАТИХ СТРУКТУР «КРЕМНІЙ - СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНА ПЛІВКА»

Горбулик В.І.¹, В. Герасим², Клето Г.І.³, Попов В.Г.⁴, Романюк Б.М.⁵, Любченко О. І.⁶
^{1,2} Чернівецький факультет НТУ «ХПІ», Чернівці, Україна, E-mail: ¹gorbulic@rambler.ru
³ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна
^{4,5,6} Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України,

Київ, Україна. E-mail: romb@isp.kiev.ua

Анотація. – Досліджено електрофізичні та фотоелектричні характеристики шаруватих структур на основі кремнію, в яких в якості діелектричного шару було використано плівку сегнетоелектрику BaTiO₃. Для запобігання небажаній дифузії кисню з плівки в кремнійову підкладку було використано бар'єрний шар Al₂O₃. Проводились вимірювання вольт-ємнісних характеристик в залежності від попередньої поляризації сегнетоелектрика. Також вимірювались спектральні залежності поверхневої фото-е.р.с. в таких структурах при різних режимах поляризації та збудження. Обговорюються особливості частотних залежностей фото-е.р.с. та фізичні моделі спостережуваних ефектів.

Ключові слова: кремній, мікроелектроніка, сегнетоелектрики, фотоелектричні властивості, сонячні елементи

I. Вступ

Шаруваті структури типу «напівпровідник-діелектрик» є перспективними для використання у сучасній мікро- та наноелектроніці, зокрема для комірок енергонезалежної пам'яті та різних сенсорних пристроїв. На відміну від добре вивчених структур Si-SiO₂, шаруваті структури з сегнетоелектричним шаром вивчено недостатньо добре в зв'язку зі складністю синтезу тонких плівок сегнетоелектрика на поверхні кремнію. В результаті взаємодії кисню, (що входить до складу сегнетоелектричної плівки) з кремнієм на границі розділу фаз змінюється стехіометрія плівки, що, як правило, приводить до деградації її властивостей. В зв'язку з цим при розробці технології отримання таких структур необхідно використовувати бар'єрні шари, які перешкоджають дифузії кисню в кремній.

II. Зразки та методики експерименту

Нами були виготовлені шаруваті структури Si-BaTiO₃. В якості бар'єрного шару використовувалась тонка (0,1 мкм) плівка Al₂O₃. Було виготовлено МДН структури: в якості нижнього електроду наносилась плівка Al, верхній (польовий) електрод був напівпрозорий (ІТО). Проводились вимірювання вольт-ємнісних характеристик в залежності від попередньої поляризації сегнетоелектрика. Також вимірювались спектральні залежності поверхневої фото-е.р.с. в таких структурах при різних режимах поляризації та збудження.

Обговорюються особливості частотних залежностей фото-е.р.с. та фізичні моделі спостережуваних ефектів.

III. Висновки

Показано, що в залежності від знаку поляризації сегнетоелектрика в структурах на основі кремнію n- і p-типу змінюється вигин енергетичних зон в приповерхневій області (ОПЗ) Si. При цьому вдається отримати інверсію провідності в ОПЗ як на n-Si, так і в p-Si. Слід відмітити, що концентрація електронних станів в ОПЗ таких структур є невеликою (< 10¹⁰ см⁻²) і, відповідно, швидкість поверхневої рекомбінації є незначною. Після поляризації такі структури є аналогічними до структур p-Si-SiO₂ з індукованим p-n переходом, які досліджувались багатьма авторами при введенні позитивного заряду в плівку SiO₂. Досліджувані структури є fotocутливими в усій видимій області спектру і можуть бути використані в якості фотосенсорів або фотоперетворювачів сонячної енергії.

INVESTIGATION OF ELECTRO- PHYSICAL AND PHOTO- ELECTRIC CHARACTERISTICS OF THE “SILICON-FERROELECTRIC LAYER” LAYERED STRUCTURES

Gorbulik V.I.¹, Gerasim V.V.¹, Kleto G.I.²,
Popov V.G.³, Romanyuk B.M.³, Lyubchenko O. I.³
¹ Chernivtsi faculty of National technical university “KhPI”,
Chernivtsi, Ukraine

² Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine
³ V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Electro-physical and photo-electric characteristics of the layered Si-based structures, in which a ferroelectric BaTiO₃ film was used as a dielectric layer have been investigated. For prevention of undesirable oxygen diffusion from a film to silicon-substrate the Al₂O₃ barrier layer was used. Measurements of the current-voltage characteristics were conducted depending on previous ferroelectric polarization. Spectral dependences of surface photo-e.m.f. were also measured in such structures at the different modes of polarization and excitation. The features of frequency dependences of photo-e.m.f. and physical models of the effects obtained are discussed.

УТВОРЕННЯ НАНОКЛАСТЕРІВ ТА ТЕРМОДОНОРІВ В КРЕМНІЙ ЧОХРАЛЬСЬКОГО ПРИ ІМПЛАНТАЦІЇ ІОНІВ ВУГЛЕЦЮ

В. Горбулик¹, В. Герасим¹, Є. Васил'єв², В. Литовченко³, В. Попов³, В. Федулов³

¹ Чернівецький факультет НТУ «ХПІ», Чернівці, Україна, E-mail: gorbulic@rambler.ru

² Радіофізичний факультет Київського Національного Університету ім. Тараса Шевченка,
Проспект Глушкова, 2, 03022 Київ, Україна

³ Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, пр. Науки 41, 03028 Київ,
Україна. E-mail: romb@isp.kiev.ua

Анотація. – Досліджено процес формування термодонорних (ТД) центрів в кремнії Чохральського після низькоенергетичної імплантації іонів вуглецю та наступних термообробок в різних режимах. Показано можливість формування мілких р-п переходів, визначено їх характеристики. Вивчено залежності параметрів ТД центрів від режимів іонної імплантації та відпалів.

Ключові слова: кремній, іонна імплантація, відпал, термодонори, р-п перехід.

I. Вступ

Термічна обробка кремнієвих пластин з високим вмістом кисню (Si Чохральського, CZ-Si) в інтервалі температур від 400 до 1200 °С призводить до утворення численних типів мікродфектів, в тому числі електрично активних термодонорів (ТД). Значний вплив на ці процеси привносить домішка вуглецю. Вуглець вбудовуючись в Si матрицю генерує розтягуючі механічні напруження ґратки, які стимулюють утворення SiO_x нановключень з донорною активністю. Таким чином, існує можливість для формування надмілких р-п переходів (<100 нм) при використанні низькоенергетичної іонної імплантації C⁺ в кристалічний кремній.

II. Зразки та методики експериментів

Леговані бором CZ-Si (100) пластини з концентрацією кисню 8x10¹⁷ см⁻³ були імплантовані іонами C⁺ з енергіями в діапазоні від 20 до 140 кеВ і дозами D 6x10¹² - 1,3x10¹⁵ см⁻². Для вивчення кінетики формування електрично-активних центрів було проведено відпал при T = 550 – 750 °С впродовж 1 - 300 хв в атмосфері аргону. Були виміряні вольт-фарадні і вольтамперні характеристики і фотоелектричні властивості синтезованих діодних структур з ТД центрами. Для отримання інформації про тип, розмір та концентрації дефектів структури були використані методи рентгенівських дифракційних кривих відбиття і дифузного розсіювання і методи електронної мікроскопії. Були визначені зміни критичного радіусу нанокластерів, залежно від дози імплантації вуглецю та концентрації міжвузлового кисню.

III. Висновки

Було встановлено залежність концентрації ТД центрів від режимів імплантації і температури відпалу. Енергія активації центрів складає 0,012 еВ, що є типовим значенням для однозарядного ТД в CZ- Si. Показано, що в процесі відпалу зразків, імплантованих вуглецем, утворюються аморфні нанокластери сферичної форми. Розмір кластерів становить близько 1 нм, а їх концентрація ~ 5,10¹⁶ см⁻³ (близька до вимірюваної концентрації ТД). Існує кореляція між концентрацією впроваджених міжвузлових дефектів та концентрацією термодонорних центрів.

Були визначені зміни критичного радіусу нанокластерів, залежно від дози імплантації вуглецю та концентрації міжвузлового кисню.

NANOCLUSTER AND THERMODONOR FORMATION IN THE CZOCHRALSKY SILICON AT IMPLANTATION OF CARBONIONS

Gorbulic V.I.¹, Gerasim V.V.¹, Vasyliiev I.S.²,
Litovchenko V.G.³, Popov V.G.³, Fedulov V.V.³

¹ Chernivtsi faculty of National technical university "KhPI",
Chernivtsi, Ukraine

² Radiophysical Faculty, National Taras Shevchenko University of
Kyiv, 03022, Glushkov av., 2, building 5, Kyiv, Ukraine.

³ V. Lashkarev Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine.
03028, Prospect Nauki 41, Kyiv,
Ukraine. E-mail: romb@isp.kiev.ua

The process of formation of thermodonor (TD) centers in the Czochralsky silicon after low-energy implantation of carbon ions and next heat treatments have been investigated in the different modes. Possibility of formation of the shallow p-n junctions is shown. Dependences of the TD center parameters on the modes of ion implantation and annealing are studied. Activating energy of the centers makes 0.012 eV, that is a typical value for the single-charged TD in CZ- Si. It is shown that during the annealing process of the samples, implanted by carbon, the amorphous nanoclusters of a spherical form appear. The size of clusters makes about 1 nm, and their concentration is of ~ 5x10¹⁶ cm⁻³ (near to the measured TD concentration). There exists a correlation between a concentration of the generated interstitial defects and concentration of thermodonor centers.

ОТРИМАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК CdZnS ТА СТРУКТУР CdZnS/p-CdZnTe

Фрасуняк В.М., Орлецький І.Г.

Кафедра електроніки і енергетики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail: v.frasunyak@gmail.com

Анотація. – Представлено результати дослідження умов одержання та властивостей тонких плівок CdZnS, отриманих методом спреї-піролізу. Оцінено їх параметри та створено структури CdZnS/p-CdZnTe. Досліджено темнові і світлові вольт-амперні характеристики, явища струмопереносу та визначено основні параметри отриманих гетероструктур.

Ключові слова: тонка плівка, спреї-піроліз, гетероструктура.

I. Вступ

Багаточисельними дослідженнями доказано, що структури n-CdS/p-CdTe є перспективними фотоперетворювачами. Використання потрійних твердих розчинів на основі даних матеріалів, параметри яких можна змінювати компонентним складом дозволяє краще узгоджувати пари, співставляти поглинання та дифузійні довжини неосновних носіїв зарядів і тим самим покращувати ефективність перетворення, змінювати спектральний діапазон чутливості, зменшувати концентрацію дефектів на межі розділу. Крім того передбачається висока радіаційна стійкість та температурна стабільність виготовлених на основі таких матеріалів фотоперетворювачів.

II. Експериментальні дослідження і результати

Для отримання плівок CdZnS методом спреї-піролізу готувалися спиртові або водні розчини відповідних солей різної концентрації, підбиралися температурні режими піролізу. Встановлено, що найбільш досконалі плівки CdZnS отримуються при концентраціях розчину 0,1-0,2 М. Температура піролізу складала 400-450 °С. Товщину плівок оцінювали інтерферометром Лінніка. Для дослідження властивостей самих плівок використовували скляні (кварцові) та ситалові підкладки.

Дослідження питомого електроопору тонких плівок $Zn_xCd_{1-x}S$ показали, що при збільшенні солей цинку в розчині питомий опір плівки зростає. При $x = 0$ (плівка CdS) $\rho = 3 \div 5 \cdot 10^4$ Ом·см і по мірі збільшення вмісту цинку питомий електроопір плівки твердого розчину $Zn_xCd_{1-x}S$ зростає до значення $\rho \sim 10^6$ Ом·см. Зменшення електропровідності плівок можна пояснити ростом ширини забороненої зони зі збільшенням вмісту Zn, що підтверджується проведеннями дослідженнями з визначення оптичної ширини E_g .

Спектральна залежність пропускання тонких плівок $Zn_xCd_{1-x}S$, досліджувалася за допомогою спектрофотометра СФ-2000 в діапазоні довжин хвиль $\lambda = 200 \div 800$ нм. Для зручності розрахунку оптичних параметрів отримували плівки з однаковою товщиною $d \approx 0,3$ мкм, що відповідало зміщенню інтерференційної картини не менше як на один інтервал. Плівки $Zn_xCd_{1-x}S$ при всіх досліджуваних значеннях вмісту цинку, характеризуються високим пропусканням на рівні $T = 55 \div 70$ % у видимій і інфрачервоній області спектру. Спостерігається чітка тенденція зміщення краю власного поглинання у короткохвильову область при збільшенні вмісту атомів цинку в розчині, що пов'язано з ростом ширини забороненої зони твердого розчину $Zn_xCd_{1-x}S$. Лінійна залежність $\alpha^2 = f(h\nu)$ вказує на присутність прямих дозволених переходів між зонами при поглинанні світла.

Оцінено ширину забороненої зони плівок різного компонентного складу, яка в діапазоні концентрацій $0 < x < 0,8$ змінюється в межах $2,4 \text{ eV} < E_g < 3,27 \text{ eV}$. Дані закономірності зміни E_g були використані при виготовленні сонячних елементів методом спреї-піролізу з фронтальним шаром на основі $Zn_xCd_{1-x}S$ для покращення у конструкції фотоперетворювачів типу «вікно» - поглинач оптичних характеристик прозорого «вікна».

Для виготовлення гетероструктур підкладки виготовлялися із кристалів p-CdZnTe, вирощених методом Бріджмена при низькому тиску пари кадмію в ампулі ($P_{Cd} \approx 0,02$ атм) і характеризувалися питомим опором $\rho = 10^2$ Ом·см. Оскільки властивості поверхнево-бар'єрних структур істотно залежать від наявності на поверхні підкладки домішкових локальних центрів та структурних дефектів, напилення плівок CdZnS при створенні CdZnS/p-CdZnTe структур проводили на механічно і хімічно оброблених поверхнях $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ($x \leq 0,10$).

Дослідження вольт-амперних характеристик (ВАХ) показали, що всі отримані структури CdZnS/pCdZnTe володіють випрямляючими властивостями. При напругах зміщення $U = 0,4$ В прямий струм перевищує зворотний більш ніж на порядок. В діапазоні прямих зміщень, менших за значення контактної різниці потенціалів ($U < 0,2$ В), залежності $\ln I = f(U)$ мають лінійний характер, що вказує на експоненційну залежність прямого струму від напруги. Визначений коефіцієнт ідеальності структури $n \approx 2$, що вказує на переважачий рекомбінаційний механізм проходження струму. При вищих напругах значення діодного коефіцієнта n значно більше, що дозволяє припустити про тунельно-рекомбінаційний механізм струмоперенесення у отриманих структурах при прямих зміщеннях. Зворотні гілки ВАХ в діапазоні $0 \div 1$ В описуються степеневим законом $I(U) \sim U^m$, де показник степеня m близький до одиниці, що пов'язується з тунелюванням та значним впливом струмів витоку на поверхні.

III. Висновки

Досліджені режими одержання тонких плівок CdZnS та створенні структури CdZnS/pCdZnTe які володіють випрямляючими властивостями і є фоточутливими. При невеликих прямих зміщеннях переважають генераційно-рекомбінаційні процеси, при більших зміщеннях певний внесок дають тунельні струми. Оцінені параметри отриманих гетеро структур CdZnS/pCdZnTe.

OBTAINING AND PROPERTIES OF FILMS CdZnS AND STRUCTURES CdZnS/p-CdZnTe

Frasunyak V.M., Orletsy I.G.

Department of the Electronic and Energetic, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The results of study of the conditions of preparation and properties of thin films CdZnS, obtained by spray pyrolysis. Reviewed by a set of parameters and structure CdZnS/p-CdZnTe. Studied the dark and light current-voltage char-quality of current transport phenomena and defined main parameters obtained heterostructures.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ВПЛИВ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО ШАРУ SiO_2 НА ПАРАМЕТРИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$

Орлецький І.Г., Фрасуняк В.М.

Кафедра електроніки і енергетики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: lesuper@mail.ru

Анотація. - Досліджено фотоелектричні властивості структур напівпровідник-діелектрик-напівпровідник (НДН) $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$. Встановлені режими виготовлення тонкого діелектричного шару на поверхні монокристалічних пластин кремнію перед формуванням плівки $\text{SnO}_2:\text{F}$ (FTO). З'ясовані енергетичні параметри потенціального бар'єру та механізми руху носіїв заряду крізь енергетичний бар'єр НДН структури.

Ключові слова: спреї-піроліз, тонкі плівки, питомий опір, розчин.

I. Вступ

Для підвищення ефективності роботи сонячних елементів із структурою $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$ важливе значення надається моделюванню властивостей діелектричного шару SiO_2 в процесі виготовлення фотоперетворювача. Спосіб виготовлення діелектрика на поверхні монокристалічних пластин кремнію і його електрофізичні властивості суттєво впливають на фотоелектричні властивості структур НДН [1].

II. Фотоелектричні властивості гетероструктур $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$

Для виготовлення структур $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$ використовувався метод спреї-піролізу 1,4 М розчину чотирьохлористого олова $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в етиловому спирті. Для зменшення опору розтікання фронтального шару фотоперетворювача станатна плівка була легована фтором. Поверхневий опір $\text{SnO}_2:\text{F}$ становив $\sim 80 \text{ Ом}/\square$. Тунельно тонкий шар діелектрика SiO_2 формувалася з використанням аміачно-перекисного позчину. Зовнішні контакти структури виготовлялися термічним випаровуванням у вакуумі хрому і міді.

Встановлено оптимальний час вирощування шару SiO_2 для фотоперетворювачів $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$ в межах 10 хв. При більшій тривалості окислення пластин кремнію (до 30 хв.) на навантажувальних вольт-амперних характеристиках (ВАХ) спостерігається зменшення напруги холостого ходу від 0,47 В до 0,4 В при збереженні значення величини густини фотоструму $J_{\text{кз}} = 20 \text{ мА}/\text{см}^2$. Для з'ясування причин зміни світлових ВАХ при тривалому окисленні пластин кремнію був побудований профіль енергетичної діаграми структури $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$. Особливістю гетероструктури є те, що участь у формуванні прямого струму беруть тільки електрони які можуть рухатися крізь бар'єр внаслідок емісії, тунелювання, рекомбінації і, найчастіше, за участю всіх вказаних механізмів з різною часткою вкладу. На межі розділу напівпровідника і оксиду існує значна кількість енергетичних станів – пасток для електронів і дірок, які за певних умов активно беруть участь у струмотворенні (рис.1).

Аномальні залежності світлових ВАХ при тривалому окисленні кремнієвих пластин пов'язані із впливом енергетичних станів на межі поділу діелектрика SiO_2 та n-Si. При збільшенні товщини діелектрика внаслідок окислення густини цих станів зростає. За умов освітлення та зміщення електричного переходу у прямому напрямку виникає додатковий струм через стани на межі SiO_2 та n-Si, який зменшує значення фотоструму і напругу холостого ходу фотоперетворювача. Дані стани не впливають на механізми форму-

вання струму при прямому зміщенні. За певних умов, коли концентрація станів на межі розділу є значною, фотострум сонячного елемента може проявлятися лише при подаванні на структуру зворотного зміщення.

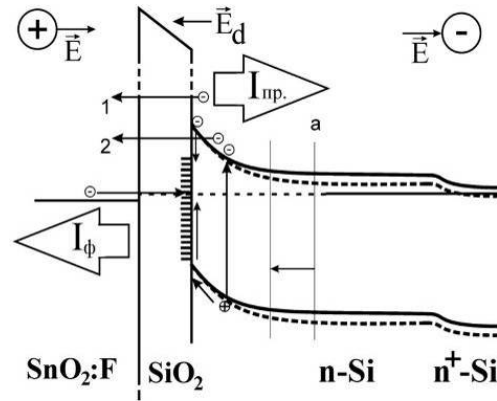


Рис. 1. Енергетична діаграма гетероструктури $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$ і механізми формування струмів

III. Висновки

Застосування тунельно тонкого діелектричного шару SiO_2 у сонячних елементах $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$ підвищує напругу холостого ходу до 0,47 В. Оптимальний час вирощування шару SiO_2 для фотоперетворювачів $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$ становить 10 хв. Надмірна тривалість окислення пластин кремнію приводить до аномалій ВАХ і зниження напруги холостого ходу до 0,4 В при збереженні значення величини густини фотоструму $J_{\text{кз}} = 20 \text{ мА}/\text{см}^2$. Така зміна фотоелектричних властивостей структур пов'язана з участю станів на межі поділу діелектрика і напівпровідника у механізмах проходження струму при освітленні.

IV. Список літератури

- [1] Pananakakis G., Kamarinos G. and Viktorovitch P. Influence of kinetic and electrostatic properties of interface states on the efficiency of a MIS tunnel solar cell // Rev.Phys.Appl. – 1979, (14) – PP.639-647.

INFLUENCE SiO_2 DIELECTRIC LAYER PARAMETERS SOLAR CELLS

$\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$

Orletsky I.G., Frasunyak V.M.

Department of the Electronic and Energetic, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Photovoltaic properties of the structures studied semiconductor-insulator-semiconductor (SIS) $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{SiO}_2/\text{n-Si}/\text{n}^+\text{Si}$. Thin tunnel dielectric layer SiO_2 in solar cells increases the open-circuit voltage to 0.47 V. The optimal time fabrication SiO_2 is 10 minutes. Excessive length of oxidation of silicon wafers leads to anomalies and reduce CVC circuit voltage to 0.4V while maintaining the value of photocurrent density 20 mA/cm^2 . This change photoelectric properties of the structures associated with the participation of states at the insulator and the semiconductor in mechanism of current when illuminated.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ОТРИМАННЯ НА РІВНОВАЖНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ CdTe:V

Парфенюк О.А.¹, Курик А.О.², Ілашук М.І.¹, Гавалешко Н.М.¹, Чупира С.М.¹

¹Кафедра електроніки і енергетики, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: o.parfenyuk@chnu.edu.ua

²Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Київ, Україна, E-mail: a.kuryk@isp.kiev.ua

Анотація. – Досліджено рівноважні характеристики монокристалічного CdTe:V, вирощеного методом Бріджмена, при двох концентраціях домішки у розплаві ($5 \cdot 10^{18}$ і $1 \cdot 10^{19}$) см⁻³ та різних режимах охолодження злитків. Весь вирощений матеріал був напівізольюючий *n*-типу провідності ($\rho_{300K} \approx 2 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{10}$) Ом·см. Установлена залежність властивостей кристалів (величина холлівської рухливості носіїв, термостабільність) від швидкості охолодження матеріалу після вирощування.

Ключові слова: CdTe, домішка, компенсація, дефект.

I. Вступ

Монокристалічний CdTe з майже власною концентрацією вільних носіїв вважається перспективним для практичного використання напівпровідником.

Для отримання напівізольюючого CdTe найчастіше використовують його легування мілкими (Cl, In) чи глибокими (Ge, Sn, Pb, V, Ti, Ni) домішками. З перерахованих легуючих елементів найменше вивчена компенсуюча дія домішок елементів з незаповненою 3d-оболонкою. У даній роботі досліджено вплив умов вирощування на електрофізичні властивості монокристалів CdTe:V.

II. Результати та їх обговорення

Зразки для досліджень виготовляли з різних ділянок двох кристалічних зливків, вирощених методом Бріджмена. Відмінності при отриманні зливків полягали у тому, що у одному з них (А) концентрація домішки V у розплаві (C_V^0) дорівнювала $1 \cdot 10^{19}$ см⁻³ і швидкість охолодження (v) після вирощування була 200 град/год, а у другому (В), відповідно, $C_V^0 = 5 \cdot 10^{18}$ см⁻³ та $v = 50$ град/год. Довжина вирощених зливків дорівнювала 80 мм, а діаметр – 16 мм.

З кожного зі зливків були виготовлені 3 зразки з нижньої (Н), середньої (С) та верхньої (В) частин. Електричні вимірювання (290-430К) коефіцієнта Холла R_H і електропровідності σ проводили на постійному струмі. З метою встановлення термостабільності кристалів, всі вимірювання проводили як у напрямку підвищення температури, так і її наступного пониження.

Параметри зразків, виготовлені зі зливків А і В, наведені у табл. 1 і 2.

ТАБЛИЦЯ 1

Параметри зразків CdTe:V (А) при 300К

Тип	$\rho \cdot 10^{-9}$, Ом·см	R_H , см ³ /Кл	n , см ⁻³	μ_n , см ² /В·с	ΔE , еВ
Зразок Н					
n	2,19	$1,4 \cdot 10^{12}$	$4,5 \cdot 10^6$	585	0,87
Зразок С					
n	2,34	$9,0 \cdot 10^{11}$	$6,9 \cdot 10^6$	539	0,78
Зразок В					
інверсія	1,69				0,77

ТАБЛИЦЯ 2

Параметри зразків CdTe:V (В) при 300К

Тип	$\rho \cdot 10^{-9}$, Ом·см	R_H , см ³ /Кл	n , см ⁻³	μ_n , см ² /В·с	ΔE , еВ
Зразок Н					
n	10,9	$3,3 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^6$	285	0,83
Зразок С					
n	9,66	$1,1 \cdot 10^{12}$	$5,9 \cdot 10^6$	137	0,79
Зразок В					
n	5,49	$6,4 \cdot 10^{11}$	$9,7 \cdot 10^6$	127	0,87

Видно, що обидва вирощені зливки характеризуються малими значеннями рівноважних концентрацій і є досить однорідними по довжині. Холлівська рухливість електронів зменшується у напрямку до верхньої частини кристалів, що може бути викликано збільшенням концентрації розсіюючих центрів через явище сегрегації домішок та контакт кристала з газовою фазою.

Експериментальні значення R_H і рухливості μ_n , отримані при пониженні і підвищенні Т на зразках, виготовлених зі зливка А, розміщуються на тих же залежностях, що підтверджує високу термостабільність матеріалу.

У зразках, виготовлених зі зливка В, у процесі вимірювання циклу відбувалися незворотні зміни у напрямку зменшення R_H (максимальні значення – до 2 разів) і μ_n , причому рухливість набувала активаційного характеру. Спостережувані зміни можуть бути спричинені додатковим генеруванням дефектів акцепторного типу при нагріванні та біполярним характером провідності.

III. Висновки

Домішка V проявляє у CdTe компенсуючу та стабілізуючу дію. Однак, при аналізі названих процесів у вирощених зразках необхідно враховувати вплив на них всього спектру власних і домішкових дефектів, концентрація яких суттєво залежить від технологічних особливостей отримання кристалів.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL CONDITIONS ON THE EQUILIBRIUM

CHARACTERISTICS OF CdTe;V

Parfenyuk O.A.,¹ Kuryk A.O.², Ilashchuk M.I.¹, Gavaleshko N.M.¹, Chupura S.M.¹

¹ Department of electronics and energy engineering, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

² V.E. Lashkarev Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences, Kyiv, Ukraine

There were investigated equilibrium characteristics of single crystal CdTe:V grown by Bridgman technology with two impurity concentrations of $5 \cdot 10^{18}$ and $1 \cdot 10^{19}$ cm⁻³ in the melt and at different cooling regimes. The grown material was semi-insulating with *n*-type conductivity ($\rho_{300K} \approx 2 \cdot 10^9 - 1 \cdot 10^{10}$ cm⁻³). The dependence of crystal properties (Hall mobility of carriers, thermostability) on the speed of cooling after the growth was determined.

Key words: CdTe, impurity, compensation, defect.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРІВ CdTe:Li

Мельник В.В., Сльотов М.М.

Кафедра оптоелектроніки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна,

E-mail: vjvmet@mail.ru

Анотація: Досліджено спектри оптичного відбивання шарів телуриду кадмію, легованого літієм.

Ключові слова: телурид кадмію, дифузія, оптичне відбивання.

I. Вступ

Завдяки унікальним фізичним властивостям телурид кадмію є одним з перспективних матеріалів для створення різноманітних напівпровідникових приладів, зокрема, перетворювачів сонячного випромінювання у електричну енергію. В основному для даної мети використовуються тонкоплівкові бар'єрні структури, що дозволяє зменшити витрати матеріалу та до деякої міри спростити процес виготовлення сонячних батарей, особливо великої площі.

У даній роботі представлені результати пошуку таких технологічних методів, які б дозволяли створювати тонкі шари при якомога нижчих температурах, що дозволить спростити виготовлення бар'єрних структур та підвищити відтворюваність їх параметрів і характеристик.

II. Технологія виготовлення шарів та обговорення результатів досліджень

В якості базового матеріалу використовувалися низькоомні монокристали n-CdTe, вирощені методом Бріджмена. Досліджувані шари CdTe:Li виготовлялися методом дифузії з водного розчину солі Li_2CO_3 при температурі кипіння розчину.

Дослідження оптичного відбивання здійснювалося на універсальній установці на базі дифракційного монохроматора МДР-23 зі стандартною системою синхродетектування, яка дозволяє проводити запис звичайних та диференціальних спектрів в автоматичному режимі. В якості джерела випромінювання використовувалася ксенонова лампа, яка має гладкий спектр в досліджуваній області енергій фотонів.

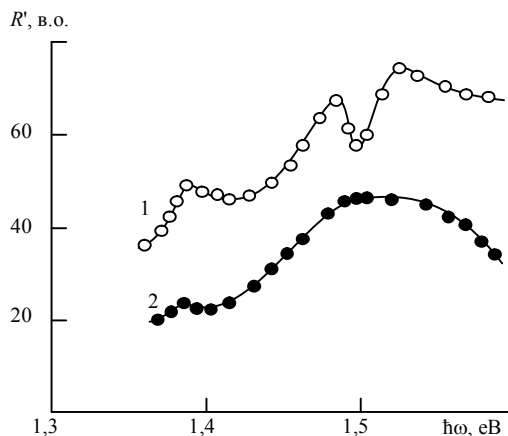
На спектрах відбивання вихідних зразків (крива 1 на рис. 1) в області досліджуваних енергій фотонів спостерігаються три екстремуми при $\hbar\omega_{\max 1}=1,3911$ eV, $\hbar\omega_{\max 2}=1,4833$ eV та $\hbar\omega_{\max 3}=1,4972$ eV. Положення останнього максимуму корелює з літературними даними про ширину забороненої зони телуриду кадмію при кімнатній температурі. Максимум з $\hbar\omega_{\max 2}=1,4833$ eV зумовлений рівнями з глибиною залягання 14 меВ, якими можуть бути власні точкові дефекти [1]. Енергетична віддаль між крайовою та низькоенергетичною особливостями відповідає літературним даним про глибину залягання рівня, зумовленого атомами срібла (108 меВ)

Після проведення дифузії на поверхні підкладки утворюються шари телуриду кадмію з іншими властивостями, про що свідчить зміна форми спектра відбивання (крива 2 на рис. 1). Розташування низькоенергетичного максимуму залишилося незмінним, а у високоенергетичній частині утворилася одна досить широка безструктурна смуга.

Причиною цього може бути утворення біля існуючих максимумів близько розташуваних додаткових смуг, напівширина яких не дозволяє розрізнити їх у результаті проведених вимірювань. Ці смуги можуть бути зумовлені як до-

мішковими атомами, так і власними точковими дефектами та їх комплексами, які утворилися внаслідок дифузії.

Другою причиною може бути зміна стану поверхні під час проведення дифузії, хоча візуально поверхня залишилася дзеркальною. На користь такого припущення може свідчити зменшення абсолютних значень відбивання у всьому досліджуваному спектральному діапазоні. Для остаточного



встановлення впливу домішки літію на формування оптичних властивостей телуриду кадмію необхідні додаткові дослідження.

Рис. 1. Спектри оптичного відбивання вихідних (1) та легуваних літієм (2) кристалів CdTe.

III. Висновки

Низькотемпературна дифузія літію у низькоомні монокристали телуриду кадмію не призводить до утворення на поверхні інших сполук. Зміну форми високоенергетичної частини спектра оптичного відбивання можна пояснити наявністю мілких домішкових рівнів, які утворилися в результаті легування та зміною стану поверхні.

IV. Список літератури

- [1] Телурид кадмію: домішково-дефектні стани та детекторні властивості/ Корбутяк Д.В., Мельничук С.В., Корбут Є.В., Борисюк М.М. / Київ: Іван Федоров.-2000.-198 с.

OPTICAL PROPERTIES OF CdTe:Li LAYERS

Melnyk V.V.¹, Sliotov M.M.¹

¹Optoelectronics Department, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

We studied the optical reflection spectra of layers of CdTe:Li, produced by diffusion from an aqueous salt solution of Li_2CO_3 at the boiling point of the solution.

Found that the optical reflection spectra of low-energy peak location of $\hbar\omega_{\max} = 1,3911$ eV remains unchanged, and the high-side formed a pretty broad structureless band. This change in shape of the spectrum can be explained by the presence of shallow impurity levels are formed by doping and changes in surface condition

АНАЛІЗ ТА ОБРОБКА МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Новіков С.М., Трічева К.В.

Кафедра фізики твердого тіла, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Чернівці, Україна, E-mail:tricheva_kristina@mail.ru

Анотація. – Сучасні тенденції в обробці медичних зображень включають двовимірну й тривимірну обробку за допомогою персонального комп'ютера. Досліджено можливості використання сучасних методів відображення інформації при дослідженні зображень та результатів їх обробки.

Ключові слова: сегментація, фільтрація, піксель, Matlab

I. Вступ

Можливості ранньої і точної діагностики, а саме, лікування, різко зросли в останні роки. В значній мірі, це пов'язано з розвитком різних методів дослідження, які дають лікарю зображення нормальних та патологічних змін органів і тканин – медичні діагностичні зображення. З швидким зростанням загального рівня комп'ютеризації та технічного оновлення медико-профілактичних закладів України гостро постала проблема систематизувати набуту графічну інформацію, отриману в процесі діагностики, лікування та профілактики.

Метою даної роботи є проведення теоретичного аналізу сучасних методів відображення інформації при дослідженні зображень та результатів їх обробки.

II. Огляд досліджень і розробок

У 1895 році Рентген відкрив X-промені, і вперше отримав медичне зображення. Вперше стало можливим візуалізувати тканини неінвазивно (тобто, не через операції) всередині людського тіла. Це відкриття отримало широкого розголосу в пресі, і X-хвильова манія відразу захопила Європу і США.

Сьогодні радіографія є звичною і невід'ємною частиною медицини. З її допомогою патології можна спостерігати безпосередньо, а не діагностувати їх із симптомів.

Технологія отримання зображень значно покращилася з кінця XIX століття. Багато різних методів візуалізації були розроблені і використовуються в клінічній практиці.

Для аналізу та інтерпретації цифрових зображень існує цілий ряд методів аналітичної та ітераційної обробки, які широко застосовуються в промисловості, мистецтві, медицині, космосі при керуванні процесами виявлення об'єктів, розпізнаванні образів, формування зображень, поліпшення якості та автоматизації обробки медичних зображень, включаючи зображення, що створюються електронними мікроскопами, X-хвильовими апаратами, томографами тощо. Удосконалення цих методів є предметом сучасних досліджень та розробок.

Американські вчені [1] використовують математичні методи для аналізу та обробки медичних зображень, зокрема диференціальні рівняння в приватних похідних. Основна ціль такого математичного аналізу – гарантувати, що побудовані алгоритми засновані на математичних моделях будуть вести себе згідно встановлених вимог медичного аналізу зображень.

Важливою складовою аналізу медичних зображень є сегментація. Загалом, методи сегментації засновані на двох основних властивостях пікселів по відношенню до їх околиці: розриву і подібності. Іспанські дослідники [2] пропонують синтезувати ці методи для отримання оптимального результату. Алгоритми сегментації зображень базуються на одній з двох характеристик яскравості сигналу – розривності або

однорідності. В першому випадку підхід базується на розбитті зображення на основі різких змін сигналу, таких як перепади яскравості на зображенні. Зазвичай пошук розривів здійснюється за допомогою ковзних масок. Друга категорія методів базується на визначенні однорідності зображення згідно наперед обраних критеріїв. Прикладами таких методів є порогова обробка, злиття та розбиття областей. За допомогою Matlab сегментацію можна виконати застосовуючи функцію `qtdecomp` за методом розподілу. Суть методу полягає в наступному: зображення розбивається на блоки, що не перекриваються, кожний блок за допомогою деякого критерію перевіряється на однорідність. Якщо блок неоднорідний, то він розбивається на блоки меншого розміру. Процес завершується тоді, коли жодний з блоків не може бути розділений.

У роботах російських вчених [3] для реєстрації медичних зображень використовуються еволюційні алгоритми. У Санкт-Петербурзькому державному електротехнічному університеті «ЛЕТ» ім. В.І. Ульянова (Леніна) (СПбГЕТУ) на кафедрі біотехнічних систем кандидатом технічних наук Віллевальде А. Ю. була розроблена система аналізу та обробки медичних зображень, що забезпечує підвищення ефективності виявлення дослідником невеликих мало контрастних об'єктів на них за рахунок узгодження просторових і енергетичних характеристик зображень з властивостями зорової системи дослідника [4].

Системи обробки зображення потребують компромісу між роздільною здатністю зображення, шумом, дозою та іншими факторами, а оцінка діагностичних систем може бути зроблена тільки завдяки використанню теорії ймовірності та статистики, які є основним інструментом при вивченні медичного зображення та розпізнаванні образів.

Комп'ютерна обробка зображень можлива після перетворення сигналу зображення з безперервної форми в цифрову форму. Ефективність обробки залежить від адекватності моделі, що описує зображення, необхідної для розробки алгоритмів обробки. Модель зображення представляє систему функцій, що описують істотні характеристики зображення: функцію яскравості, що відбиває зміну яскравості в площині зображення, просторові спектри й спектральні інтенсивності зображень, функції автокореляції.

Також при обробці зображень широко використовується аналіз спектрів зображень, які одержують прямим двовимірним перетворенням Фур'є функції, що описує зображення. На основі кореляційного підходу найбільш успішним є метод матриць взаємозв'язку (co-occurrence matrices – GLCM), дані якої характеризують частоту пар різних градацій сірого кольору, що присутні в зображенні, і визначаються шляхом кореляційного аналізу пікселів зображення, при цьому якщо піксель відповідає вибраній градації, то він враховується як одиничне значення, якщо ні, то як нульове. У випадку кольорових зображень даний підхід використовують до аналізу кожного з трьох базових кольорів.

Зазвичай зображення, сформовані різними інформаційними системами, спотворюються дією завад. Це ускладнює як їхній візуальний аналіз, так і автоматичну обробку. При вирішенні деяких завдань обробки зображень у ролі завад можуть виступати ті або інші компоненти самого зображення. Ослаблення дії завад досягається фільтрацією. А саме при фільтрації яскравість (сигнал) кожної точки вихідного зображення, спотвореного завадою, замінюється деяким

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

іншим значенням яскравості, яке в меншій мірі було спотворене завадою.

Для визначення контурів зображень використовують статистичний аналіз фрагментів зображення та їх взаємну кореляцію з метою знаходження стрибкоподібних змін кольору і освітленості. Існує ряд методів визначення контурів зображень реалізовано в середовищі Matlab. У випадку динамічного фону дані методи не дозволяють отримати інформативний результат, так як перетворюють зображення в безліч контурних об'єктів. В цьому можна переконатись здійснивши розпізнавання контурів зображення за допомогою функції edge, вибравши один з запропонованих фільтрів Собеля, Превіта, Робертса, лапласіан-гаусіана або за методом Канні.

III. Висновок

Проаналізувавши існуючі на сьогоднішній день алгоритми та методи обробки медичних зображень, можна підвести підсумок, що актуальною задачею є перетворення зображень з ціллю покращення їх візуальної якості і підвищення інформативності.

IV. Список літератури

- [1] Sigurd Angenent. Mathematical methods in medical image processing / Sigurd Angenent, Eric Pichon, Allen Tannenbaum.– Bulletin (New Series) of the American Mathematical Society. – 2009. – P.32.
- [2] [Електронний ресурс] / Cufi X., Munoz X., Freixenet J., Marti J.A Review on Image Segmentation Techniques Integrating Region and Boundary Information / режим доступу <http://eia.udg.es/~xmunoz/papers/advances02.pdf>
- [3] [Електронний ресурс] Деткова Ю.Д. Обработка медицинских изображений с применением эволюционных алгоритмов в задачах биоинформатики / режим доступу <http://img.avalon.ru/News/20100629/Detkova.pdf>
- [4] Виллевальде А. Ю. Система анализа и обработки медицинских изображений с малоконтрастными объектами : диссертация кандидата технических наук: 05.11.17 / Виллевальде Анна Юрьевна; [Место защиты: С.-Петерб. гос. электротехн. ун-т (ЛЭТИ)]. – Санкт-Петербург, 2008. – 143 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/297.

TREATMENT AND REHABILITATION DISTORTED IMAGE

Tricheva K.V., Novikov S. N.

Department of the Solid State Physics, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Opportunities for early and accurate diagnosis, such as treatment, have strongly increased in recent years. Largely this is due to the development of various research methods that supply the doctor with images of normal and pathological changes in organs and tissues – medical diagnostic images. The problem of systematization of acquired image information, obtained in the course of diagnosis, treatment and prevention has sharply appeared with the rapid growth of the overall level of computerization and upgrading of healthcare institutions of Ukraine. The purpose of this study is to make a theoretical analysis of modern information display methods in the study of images and the results of their treatment.

Analyzing existing algorithms and methods for processing medical images, we can summarize that the urgent task is to transform the image with the aim of improving their visual quality and informativeness.

ІМПУЛЬСНИЙ ВИСОКОСТАБІЛЬНИЙ СИГНАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ МАГНІТОТРАНЗИСТОРІВ

Годинюк І.М.¹, Голяка Р.Л.², Готра З.Ю.³, Політанський Л.Ф.⁴

^{1,4} Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: ⁴poltrusl@i.ua

^{2,3} Кафедра електронних приладів, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, E-mail: ²holyaka@yahoo.com

Анотація. – Робота присвячена проблемі сигнального перетворення в сенсорних пристроях магнітного поля на магнітотранзисторах. Розглянуто результати підвищення ефективності та стабільності роботи сигнального перетворювача імпульсного типу. Перетворення здійснюється вимірюванням часу заряду конденсаторів колекторних кіл магнітотранзисторів.

Ключові слова: сенсор магнітного поля, магнітотранзистор, сигнальний перетворювач.

I. Вступ

Розвиток гальваномагнітних сенсорів відбувається в напрямках підвищення чутливості та просторової роздільної здатності, розширення функціональних можливостей, зокрема, вимірювання двох та трьох проекцій вектора індукції магнітного поля, забезпечення стабільності при дії зовнішніх факторів тощо [1]. В даний час значний інтерес представляють сенсорні пристрої магнітного поля на магнітотранзисторах [2].

Актуальність даної роботи обумовлена необхідністю підвищення експлуатаційних характеристик сигнальних перетворювачів сенсорних пристроїв магнітного поля на основі магнітотранзисторів, що відповідають вимогам сучасної електроніки, зокрема, схемотехніці низьковольтних сигнальних перетворювачів на комутованих конденсаторах [3].

II. Теоретичні відомості

В роботі розглядається питання стабілізації роботи сигнального перетворювача з динамічним навантаженням колекторних кіл біполярного двоколекторного магнітотранзистора при дрейфі напруги живлення пристрою. Така стабілізація має особливу актуальність в низьковольтних пристроях з малопотужними джерелами живлення, які характеризуються значною нестабільністю напруги живлення. «Класичним» варіантом мінімізації дрейфу функції перетворення сигнального перетворювача є використання стабілізаторів напруги живлення. Однак, такі стабілізатори напруги обумовлюють зменшення напруги сигнального перетворювача, що, особливо в низьковольтних схемах, обмежує допустимий діапазон напруг живлення. Нами пропонується альтернативний до «класичного» варіант схемної реалізації сигнального перетворювача, функція перетворення якого не залежить від напруги живлення, а відтак, стабілізатор напруг живлення не потребується.

III. Основні результати

Структурна схема запропонованого сигнального перетворювача з стабілізацією опорною напругою наведена на рис. 1. Схема складається з формувача протифазних напруг на ОА₁ та Т₁, кола стабілізації емітерного струму двоколекторного магнітотранзистора МТ на ОА₂, опорної інтегруючої ланки часового перетворення на ОА₃, конденсаторів динамічного навантаження С₁, С₂ та трьох компараторів

СМ₁, СМ₂, СМ₃. Керування схеми здійснюється імпульсами опорної напруги V_{REF}.

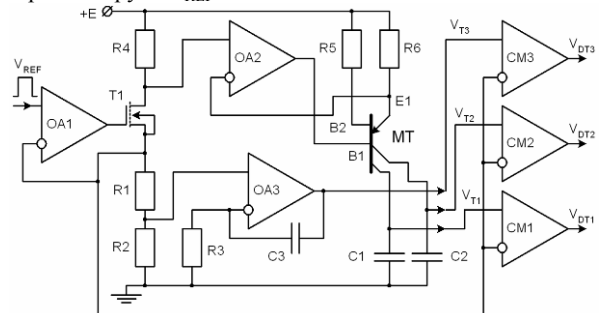


Рис. 1. Схема сигнального перетворювача

Схема сигнального перетворювача забезпечує високо-стабільну та лінійну залежність струму магнітотранзистора, а відтак, і його функції вимірювального перетворення, від опорної напруги V_{REF} та його незалежність від напруги живлення Е. Перетворення здійснюється вимірюванням часу заряду конденсаторів колекторних кіл магнітотранзисторів.

IV. Висновки

Представлено схему імпульсного високостабільного сигнального перетворювача біполярного двоколекторного магнітотранзистора з динамічним навантаженням. Модельні та експериментальні дослідження запропонованого перетворювача показують, що дрейф функції перетворення не перевищує 0,1% при нестабільності напруги живлення до 10% (зокрема, 4,5...5,0 В).

V. Список літератури

- [1]Fraden J. Handbook of modern sensors: Physics, design, and applications. Springer. – 2004. – 580 p.
- [2]Leepattarapongpan C. Magnetotransistor Based on the Carrier Recombination-Deflection Effect // IEEE Sensors Journal. Vol.10. Issue 2. – 2010. – PP. 294 – 299.
- [3]Hotra Z., Holyaka R., Hodynyuk I. Noise immunity investigation of Galvanomagnetic Field Sensors / MEMSTECH -2012. - P. 109–110.

PULSE HIGH STABLE SIGNAL TRANSDUCER FOR MAGNETOTRANSISTORS

Hodynyuk I.¹, Holyaka R.², Hotra Z.², Politaniskij L.¹

¹ Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine.

² Department of Electronic Devices, National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine.

The work is dedicated to a signal processing problem of magnetic field devices based on magnetotransistors. Efficiency and stabilization of pulse type signal transducer are presented. Signal processing is performed by capacitors charge time measurement in magnetotransistor collectors' circuits.

Keywords: magnetic field sensor, magnetotransistor, signal transducer.

IV-а міжнародна науково-практична конференція

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна

РІДКОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БІОСЕНСОРІВ

Вісьтак М.В.

Кафедра біофізики, Львівський національний медичний університет ім. Д. Галицького, Львів, Україна

Анотація. – У статті представлено результати експериментальних та теоретичних досліджень рідкокристалічних матеріалів для біосенсорів. На основі реєстрації зміни переорієнтації молекул рідкокристалічних матеріалів при внесенні біооб'єктів, а саме клітин, вірусів, бактерій тощо показана можливість створення матеріалів первинних перетворювачів біосенсорів. Проведено порівняння теоретично розрахованих та експериментально знятих коноскопічних картин, та показано залежність їх зміни від концентрації біооб'єктів у рідкокристалічному матеріалі.

Ключові слова: рідкокристалічні матеріали, біологічні об'єкти, коноскопічні картини, оптичні сенсори.

I. Вступ

В основу розробки рідкокристалічних біосенсорів покладено явище зміни орієнтації термотропних нематичних рідких кристалів при внесенні в них різного роду біологічних об'єктів [1]. Такими біооб'єктами можуть бути фосфоліпиди, клітини, бактерії, віруси тощо. Це явище може бути використано для експрес діагностики інфекційних захворювань. Зміна оптичних характеристик рідкокристалічних матеріалів при внесенні в них біооб'єктів може бути зареєстрована в поляризованому світлі, а це може бути покладено в основу роботи первинного перетворювача біосенсора. Оптичне випромінювання із первинного перетворювача подається на фотоприймач, а з нього через аналогово-цифровий перетворювач для обробки та відображення на комп'ютер.

II. Основні результати

Для якісної орієнтації рідкокристалічних речовин використовуються, як механічні методи (натирання), так і нанесення орієнтуючих покриттів для гомогенної та гетерогенної орієнтації молекул рідкого кристала. В роботі повідомлено про використання плівок протеїну в якості орієнтуючих покриттів. При внесенні клітин, бактерій, вірусів в рідкокристалічну речовину відбувається переорієнтація молекул рідкого кристала і в деяких випадках суттєва переорієнтація, а саме від гомеотропної до планарної.

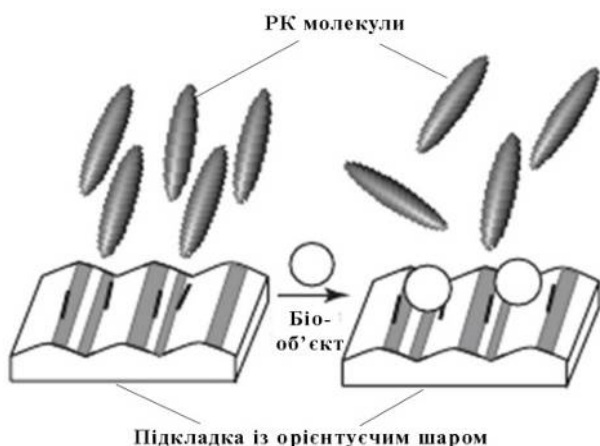


Рис. 1. Процес переорієнтації молекул рідкого кристала під дією біологічного об'єкту

Таким чином РК речовини можуть бути використані як матеріали перетворювачів біосенсорів швидкої діагностики інфекційних захворювань.

Зміна орієнтації РК матеріалів може бути підтверджена при використанні коноскопічних картин [2].

Ми провели математичне моделювання коноскопічних картин. Отримані теоретичні коноскопічні картини порівнювались із експериментальними, які отримані при внесенні клітин ссавців, вірусів та бактерій в рідкокристалічні матеріали.

Показано, зміну вигляду коноскопічних фігур від концентрації біооб'єктів. Враховуючи, що розміри клітин, бактерій, вірусів змінюється в інтервалі від 10 до 100 нм відповідають нанометровому діапазону. Проведено аналогію зміни орієнтації рідкокристалічних речовин при внесенні в них наночастинок та нанотрубок з зміною орієнтації РК речовин із біооб'єктами [3].

III. Висновки

Виявлено зміну коноскопічних картин внаслідок переорієнтації молекул рідкокристалічного матеріалу при внесенні біологічних об'єктів, а саме клітин, вірусів та бактерій.

Встановлено, що переорієнтація молекул рідкокристалічного матеріалу може відбуватися із паланарної до гомеотропної, внаслідок зміни концентрації біологічного об'єкту.

Показано можливість використання нематичного рідкокристалічного матеріалу із введеними в нього біологічними об'єктами як матеріалу первинного перетворювача біооб'єктів.

IV. Список літератури

- [1] Scott J. Woltman Gregory P. Crawford / Liquid crystals Frontiers in Biomedical Applications // World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. - 2007. - p. 493.
- [2] Nastishin Ya. Optical conoscopy of distorted uniaxial liquid crystals: computer simulation and experiment / Ya.Nastishin, O.B.Dovgvi, O.G. Vlokh // Ukrainian journal of physical optics. – 2002. – № 3. – V.3. – P.98-106.
- [3] Вісьтак М.В. Виявлення токсичних концентрацій монооксиду вуглецю на організм людини із використанням нанорозмірних домішок магнетитів, легованих у рідкокристалічну матрицю / М.В.Вісьтак, О. С. Сушинський, // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – № 2(66). 2014. – с. 38-43.

LIQUID CRYSTAL MATERIALS FOR BIOSENSORS

Vistak M.V.¹

¹ Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

This paper presents the results of experimental and theoretical studies liquid crystal materials for biosensors. The operation of such sensors based on registration the changes of liquid crystalline molecules their reorientation at the introduction of bioobjects, such as cells, viruses, bacteria, etc. In paper the possibility of creating of materials for primary transducer of biosensors are declared. The comparison of theoretically calculated and experimentally taken conosopic images, and shows the dependence of changes in the concentration of bioobjects in the liquid crystal material is presented.

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖШАРОВОЇ ВІДСТАНІ В InSe

Ластівка Г.І., Раранський М.Д., Ковалюк З.Д., Балазюк В.Н., Хандожко В.О.

Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, E-mail: lasgal@ukr.net

Анотація. – робота присвячена дослідженню температурної залежності періодів кристалічної ґратки InSe та резонансної частоти ЯКР ^{115}In . Встановлена кореляція у температурних залежностях параметрів спектру ЯКР і періоду елементарної ґратки шаруватого кристала InSe. Вважається, що причиною цього ефекту є значна залежність ширини Ван-дер-Ваальсівської щілини від температури.

Ключові слова: мультиплетність спектрів, політипи, ЯКР, гексадекапольна взаємодія.

I. Вступ

Моноселенід індію належить до ряду анізотропних напівпровідників типу A^3B^6 із шаруватою структурою, які є надзвичайно перспективними для твердотільної електроніки. Великий практичний інтерес до даних сполук обумовлений тим, що отримані на їх основі гетероструктури мають високу фоточутливість та радіаційну стійкість й можуть використовуватися в сонячній та атомній енергетиці, медицині. Шаруватість кристалічної структури напівпровідників A^3B^6 дає можливість здійснювати їх інтеркалювання (введення атомів або молекул у міжшаровий простір), що дозволяє застосовувати їх у твердотільних накопичувачах енергії – джерелах струму і конденсаторах фарадної ємності. Досить детально фізичні властивості InSe вивчені у ряді робіт, зокрема [1-3]. Метою даної роботи є дослідження періодів кристалічної ґратки в InSe методом ядерного квадрупольного резонансу (ЯКР) та температурної залежності спектрів ^{115}In .

II. Експериментальні методи

Монокристали InSe є зручними об'єктами для дослідження фізичних властивостей методом ЯКР. Наявність сильної анізотропії кристалічної ґратки даної сполуки приводить до некубічного оточення катіонів, що є наслідком виникнення градієнта електричного поля на атомних ядрах In. Значний квадрупольний момент ядер індію й досить велике природне поширення ізоотопу ^{115}In (95,94%) [4] створюють сприятливі умови для спостереження ЯКР в InSe. Важливою характеристикою є мультиплетність спектрів ЯКР, яка обумовлена наявністю кристалографічно нееквівалентних позицій хімічно еквівалентних атомів. Саме в InSe спостерігаються складні мультиплетні спектри, що є також наслідком присутності політипних модифікацій шаруватого кристала.

Для дослідження ЯКР в InSe була використана імпульсна методика спостереження спектрів з Фур'є-перетворенням в діапазоні частот $20 \div 22$ МГц [5]. Для покращення співвідношення сигнал/шум нами було використано усереднення сигналів за допомогою цифрового осцилографа Bordo-421[6].

З метою оцінки ступені структурної досконалості кристалу InSe попередньо здійснювалося X-дифракційне дослідження експериментальних зразків методом Берга-Барета в $\text{CuK}\alpha$ випромінюванні при симетричній схемі дифракції. Дослідження теплового розширення здійснювалося в діапазоні температур $80 \div 300$ К на дифрактометрі «Дрон-3» за допомогою модифікованої низькотемпературної камери КРН2.

III. Результати та їх обговорення

Теплове розширення в шаруватому кристалі InSe

У даній роботі методом Дебая-Шеррера встановлено, що сполука $\text{In}_{1,03}\text{Se}_{0,97}$ кристалізується в гексагональну сингонію з просторовою групою P_{6_3}/mmc і періодами елементарної комірки $a = 4,0036$ Å і $c = 16,644$ Å при $T = 293$ °С, що добре узгоджується з відомими літературними даними [7]. Було підтверджено, що досліджувані кристали мають шарувату структуру, яка проявляється у Ван-дер-Ваальсових зв'язках між шарами і ковалентних – в середині шарів.

Результати X-хвильових досліджень структури кристалів InSe наведені у низці робіт, зокрема в [8, 9], де показано, що вирошені методом Бріджмена сполуки кристалізуються в γ -модифікації [8]. Ромбодрична елементарна комірка γ -InSe вміщує дві формульні одиниці, які формують структуру одного шару [10]. Ця формульна одиниця утворюється відповідно до структури Se–In–In–Se. Взаємодія In–Se виявляє іонно-ковалентний характер, а субшари In–Se зв'язані між собою ковалентним зв'язком In–In, який спрямований перпендикулярно до площини атомного шару.

Проте, в інших роботах стверджується, що політипний склад, крім γ – модифікації, може вміщувати і ε – фазу [11]. Наявність ε – політипу може бути зумовлена існуванням в металічному шарі двох зв'язаних ковалентним зв'язком атомів In та їх нееквівалентне розташування відносно сусідніх шарів [12]. Саме останнє підтверджується складною формою спектрів ЯКР в InSe.

Очевидно, що це припущення можна перевірити температурними залежностями спектрів ЯКР.

Дослідження температурної залежності періодів кристалічної ґратки монокристалів $\text{In}_{1,03}\text{Se}_{0,97}$ виконувалися у монохроматичному $\text{CuK}\alpha$ випромінюванні в діапазоні $80 \div 300$ К (рис. 1, а, б). Вимірювання здійснювалися для двох інтерференційних максимумів (303) і (0012).

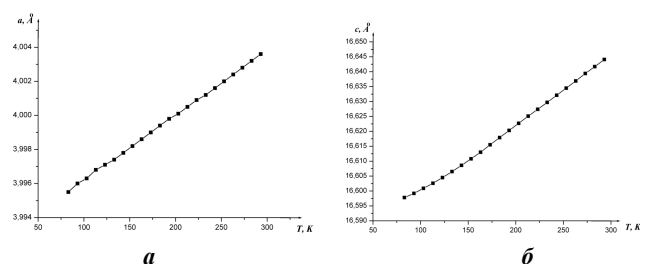


Рис. 1. Температурна залежність періодів ґратки InSe:

а – постійна елементарної комірки в напрямку [100],

б – в напрямку вісі c

Як слідує з наведеного рис. 1, температурні залежності періодів ґратки є функціями, які монотонно зростають. Характерно відзначити, що зміна періоду Δc значно перевищує Δa , що є свідченням послаблення міжшарового зв'язку у напрямку [001].

Температурна залежність частоти ЯКР в InSe

Максимальна інтенсивність сигналу ЯКР спостерігається при орієнтації високочастотного поля у напрямку перпендикулярному до кристалічної вісі c . Мультиплетний спектр ЯКР ^{115}In в InSe для спінового переходу $3/2 \leftrightarrow 5/2$ наведений на рис. 2.

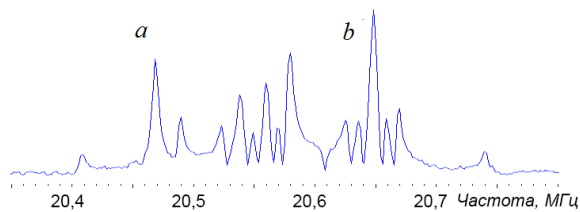


Рис. 2. Мультиплетна структура спектра ЯКР ^{115}In в InSe для спінового переходу $3/2 \leftrightarrow 5/2$, частота резонансу $20,4 \div 20,8$ МГц при $T = 25^\circ\text{C}$

Присутність в кристалі ϵ - фази приводить до того, що є відмінність в оточенні атомів в ґратці вздовж осі c і має спостерігатися зміна конфігурації різного електронного оточення катіонів In. На нашу думку, саме такі перетворення будуть виявлятися у зміні параметрів спектра ЯКР.

Дослідження температурної залежності резонансної частоти спектра ЯКР ^{115}In проводилось на віддаленому кристалі InSe в інтервалі температур $20 \div 100^\circ\text{C}$ (рис. 3).

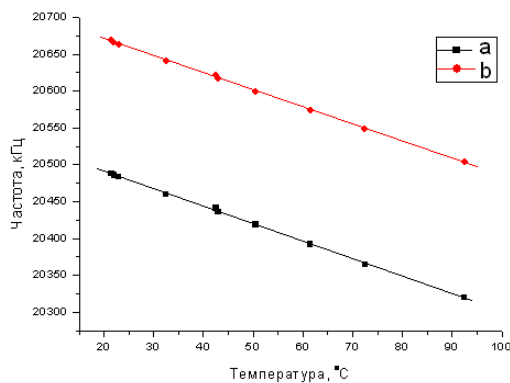


Рис. 3. Температурна залежність резонансної частоти ЯКР для виділених ліній спектра **a**, **b**

На рис. 4 наведена залежність частотної відстані між політипними лініями **a** і **b** мультиплету.

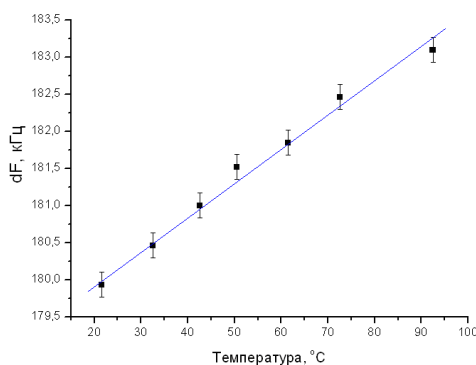


Рис. 4. Температурна залежність ширини спектра ЯКР в діапазоні $20,4 \div 20,8$ МГц. dF – частотна відстань між реперними лініями **a** і **b** (рис. 2)

Залежність на рис. 4 має лінійний характер, що також узгоджується з лінійною залежністю періодів ґратки a і c .

Оскільки більш суттєвою є зміна постійної c , то ми маємо можливість зробити висновок, що саме цей параметр при зміні температури впливає на оточення зв'язаної пари катіонів In зі сторони сусідніх шарів. Саме висока чутливість ЯКР до зміни локального електронного оточення ядер дає можливість виявити цей ефект в температурній залежності резонансної частоти.

IV. Висновки

Дослідження температурної залежності періодів елементарної комірки InSe a і c в інтервалі температур $80 \div 300$ K виявили монотонний ріст параметрів із збільшенням температури та відсутність структурних фазових переходів. Спектри ЯКР, які виміряні у високотемпературній області $20 \div 100^\circ\text{C}$ підтверджують збільшення міжшарової відстані із зростанням температури.

Зокрема, в даній області температур не виявлено фазових міжполітипних перетворень, оскільки форма спектрів ЯКР не змінюється. Крім того, наявність політипів в досліджуваному кристалі дає складний резонансний спектр ЯКР, що займає широкий інтервал частот порядку 350 кГц.

V. Список літератури

- [1] Terhell J.C.J.M. *Progr. Cryst. Growth and Characterization of Polytype Struct.*, V.7, (1983), p.p. 55-110.
- [2] Бродин М.С. Экситонные процессы в слоистых кристаллах / Бродин М.С., Блонский И.В. – Киев: Наук. думка, 1986.–256с.
- [3] Chevy A. *J. Cryst. Growth*. Vol.67, No.1, (1984), p.p. 119-124.
- [4] Власова М.В. Радиоспектроскопические свойства неорганических материалов. Справочник / М.В. Власова и др. - К.: Наукова думка, 1987. – 720 с.
- [5] А.Г. Хандожко, В. А. Хандожко, А.П. Самила. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, Том 6, № 12(66), (2013).- С. 21-25.
- [6] Цифровой осциллограф BORDO B-421. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.cims.bs.u.by/files/B-421.pdf>.
- [7] Tedenac J.C., Vassilev G.P., Daouchi B., Rachidi J. *Cryst. Res. Technol.* 32(4), (1997), pp. 605-616.
- [8] Brebner J.L. and Jandl S. *Sol. State Comm.* 13, (1973), P 1555.
- [9] K. Schubert and all. *Z. Metallkunde*. 46, (1955), P. 216.
- [10] Рушанский К.З. *ФТТ*, Т. 46, вып.1, (2004), с. 177-184.
- [11] De Blasi C., Manno D., Rizzo A. *J. of Crystal Growth*, V. 100, Issue 3, (1990), P. 347-353.
- [12] Basinski Z.S., Dove D.B., Mooser E. *Helv. Phys. Acta*. V. 34, (1961), P. 373–378.

THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF INTERLAYERED DISTANCE IN InSe

Lastivka G., Raransky N., Kovalyk Z., Balasyuk V., Khandozhko V.
Department of the Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

This work is devoted to research of temperature dependence of constants of a crystal lattice of InSe and resonant frequency of NQR ^{115}In .

The research of temperature dependence of the periods of an elementary cell of InSe a and c in the range of temperatures $80 \div 300$ K was pointed to the monotonous growth of parameters with increase in temperature and lack of structural phase transitions. NQR spectrum of which are measured in high-temperature area $20 \div 100^\circ\text{C}$ confirm increase in interlaminar distance with increase in temperature.

In particular, in the field temperatures it isn't revealed phase of the between polytypes transformations as the form of NQR spectrum doesn't change. Besides, due to existence of polytypes the resonant spectrum of NQR is complex and occupies a wide interval of frequencies, about 350 kHz.

ПЕРЕЛІК АВТОРІВ

Babichuk I.S.....	180	Воробйов Ю.В.....	190
Eliashiv O.M.....	140	Гавалешко Н.М.....	200
Ganus V.O.	180	Гавалешко О.С.	164
Gorbulik V.I.....	180	Галькевич О.О.,	61
Haliuk S.D.	78	Галюк С.Д.	25, 74, 85
Ivaniuk Petro.....	87	Гевик В.Б.	170
Klyui N.I.	180	Гераїмчук М.Д.....	47
Kushnir M.	82	Герасим В.	196, 197
Muzhailo A.A.....	150	Гладун Н.Г.....	76, 146
Nikoskinen Keijo	78	Гнат А. З.	182
Politanskii L.F.	78	Гнатюк С.Є.....	99
Rusyn V.	122	Годинюк І.М.	204
Semenenko M.O.	180	Годованюк В.М.	62
Spivak V.M.	150	Голевич О.Б.....	70
Stancu A.	82	Голота В.І.....	157
Stoleriu L.	122	Голяка Р.Л.	204
Tanasiuk V.S.....	78	Гончаров А.В.	114
Usevich I.O.	140	Горбулик В.І.....	178, 196
Vlasiuk G.G.	150	Горлей П.П.	167
Vovchuk D.A.	78	Готра З. Ю.	130, 182, 204
Абакумов В.Г.....	48, 56	Готра Л.М.....	106
Андрушак В.Ю.....	42	Гресь О.В.	83
Анискина А.А.	154	Григоренко С.М.	132
Анпилогов Д.И.....	119	Григорчак І.І.....	172, 176
Антоненко А.С.....	47	Гринишин Ю.Б.....	186
Бабич Б.Б.	168	Грицив Д.И.	71
Балабан О.В.....	25, 46, 176	Гунько М.М.	161, 170
Балазюк В.Н.	161, 170, 206	Гуцул В.І.....	175, 185
Бердега В.Ф.	148	Гуцул І.В.	175
Бешлей М.І.	106, 108	Дегтяр О.С.....	121
Біщанюк Т. М.	172, 176	Джала Р. М.,	64
Бобало Ю.Я.,	25, 46	Дідик Р.І.	191
Бобицький Я.В.....	37	Докторович І.В.	62
Боднарук О.О.....	174	Дорош Н.В.....	183
Бойко С.І.	157	Драюк В.М.....	148
Бойко Ю.М.,	33	Дремлюженко С.Г.	193
Болонна Є.І.	138	Дудикевич В.Б.	141, 143
Бондарев А.П.,	20, 50, 125	Душейко М.Г.	178
Бондарюк Д.В.,	38	Дячок Д.Т.	183
Борисова О.В.	168	Евсеєнко О.Н.....	165
Браїловський В.В.,	58	Еліяшів О.М.	28, 76
Горбулик В. В.	196, 197	Єгорова Є.В.,	61
Варишук В.І.,	37	Єрьоменко О.І.....	33
Васил'єв Є.	197	Желтухин О.В.,	61
Вербенєць Б. Я.,.....	64	Заярнюк П.М.,	46, 125
Вербицький В.Г.....	168	Зінковський Ю.Ф.	93
Верига А.Д.	25, 60, 83	Іванчук М.М.....	83
Врублевський А.Р.....	23	Івашишин Ф.О.	172, 176
Вільданов В.О.....	59	Іващук А.В.	178
Вісьтак М.В.	182, 205	Івченко Д.В.....	91
Водолазька М.В.	159	Івченко О.В.....	91
Войтович О. П.	145	Ілащук М.І.	200
Войцехівська О.М.....	186	Кагало І.О.....	106
Волочій Б.Ю.	39, 102	Каземірський Т.А.	43
Воробець Д.В.,	42	Карпінська Г.К.	123

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

Карпухин А.В.	71	Молчанов А.О.	120
Кирик М.І.	110	Недоступ Л.А.	20, 46, 125
Кириленко І.С.	116	Нелін Є.А.	159
Кириченко Л.О.	80	Нестеренко Б.Б.	118
Кінзерська О.В.	167	Нічий С.В.	184
Кіселічник М.Д.,	20, 46	Новіков С.М.	192, 202
Клепиковський А.В.	54	Новосядлий С.П.	19
Клето Г.І.	184, 196	Новотарський М.А.	118
Климаш М.М.	25, 106, 108	Обедзинський О.Ю.	193
Климаш Ю.В.	110	Ободовський Є.О.	97
Клюй М.І.	178	Озірковський Л.Д.	102
Ключка К.М.	100	Онищенко В.А.,	39
Кобицкая Ю.А.	80	Орлецький І.Г.	190, 198, 199
Ковальчук О.О.	104	Павленко В.Д.	132
Ковалюк З.Д.	206	Павлик Б.В.	191
Ковалюк Я.В.	155	Палагін В.В.	114
Когут І.Т.	157	Паньків М.В.	187
Колбунов В.Р.	154, 158	Парфенюк О.А.	200
Колчар В.М.	34	Пашук О.В.	143
Комарніцький А.О.	72	Перепелицин А.Є.	61
Константинович А.В.	195	Пешкін А.М.	95
Константинович І.А.	195	Пислар І.В.,	58
Косован Г.В.	72	Платоненко А.В.	137
Кремер І.П.	130, 183	Плесканка Н.М.	110
Крет Т.Б.	141	Погорецький Д.С.	50
Круліковський О.В.	68	Політанський Л.Ф.	28, 68, 74, 76, 85, 200
Кулешова І.О.	41	Політанський Р.Л.	25, 60, 76, 83
Курик А.О.	200	Поліщук А.С.	38
Кучак А.І.	185	Попов В.Г.	196, 197
Кучмій Г.Л.	183	Попович П.В.	48, 123
Лазарев О.О.,	38	Пошак О.В.	58
Лантвойт М.О.	52	Протасов С.Ю.	100
Ластівка Г.І.	206	Пшеченко Д. С.	145
Лесінський В.В.	60	Раранський М.Д.	161, 170, 206
Липовецкая Ю.В.	158	Редько О.О.	131
Лис Р.М.	191	Рожественська М.Г.	58
Литовченко В.	197	Розорінов Г.М.	137
Лищинская Л.Б.,	32	Романюк Б.М.	196
Ліповських А.В.	97	Рябой О.С.	161
Лісовий І.П.	23	Савицький С.М.	165
Лозінський В.Б.	178	Сальник Ю.П.	39
Лукач С.М.,	59	Сальников Д.В.	165
Луцик Я.В.	126	Саміла А.П.,	16, 42, 43, 59
Любченко О. І.	196	Селюченко М.О.	108
Любчик В.Р.,	52	Семененко А.С.,	56
Магалу Д.В.	146	Семенюк А.Й.	183
Максимів І.П.,	50	Семенюк Н.Ю.	138
Манько В.О.	117	Семенюк О. М.	64
Манько О.О.	117	Сеті Ю.О.	186, 187
Маханець О.М.	185	Ситник О.О.	100
Махній В.П.	18, 167, 190	Скицько А.І.	74
Мачулянський О.В.	168	Склярчук В.М.	188, 190
Мащак А.В.	102	Склярчук О.Ф.	188
Мельник Л.В.	19	Скрипник Ю.А.	68
Мельник М. І.,	64, 161	Скубак О.М.	117
Мельник В.В.	201	Слинько Є.І.	167
Микитин Г.В.	141, 143	Слободзян Д.П.	191
Микитюк З. М.	182	Сльотов М.М.	164, 201
Михалевський Д.В.	90	Сльотов О.М.	164

*IV-а міжнародна науково-практична конференція
Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки
23-25 жовтня 2014 р., Чернівці, Україна*

Смілик В.О.....	168	Хандожко В.О.	16, 206
Стахов В.П.,	32	Хандожко О.Г.....	16
Стецюк В. І.	127	Харламов А.С.....	80
Стребежев В.М.	184, 194	Хлопов Б.В.	155
Стребежев В.В.	184	Хоптинський Р.П.....	127
Стрихалюк Б.М.	112	Хохлачова Ю.Є.	136
Ступак Г.В.	104	Храпко С.М.	74
Сушинський О.Є.	182	Червинський В.В.	104
Тарадаха П.В.....	16, 20, 125	Чехмestрук Р.Ю.,	32
Татарин В.Я.,	37	Чупира С.М.	200
Ткач М.В.....	186, 187	Шикоряк Й.А.....	191
Ткаченко А.А.....	71, 174	Шинкарук О.М.,	52
Ткаченко І.В.....	174	Шкілюк О.П.....	102
Тонкошкур А.С.....	154, 158	Шпак А.В.	155
Трапезон К.О.	97	Шпатар П.М.	138
Трїчева К.В.	202	Шпур О.М.....	112
Туровський А. О.....	65	Щїпний О.О.....	146
Уваров Б.М.	93	Юр'єв В.Г.	62
Ульяницький К.С.....	167	Юрїйчук І.М.	184, 193
Уманець В.М.	114	Юрчик Р.Л.,	59
Ушенко О.Г.....	30	Якименко Ю.І.	178
Федулов В.	197	Яновицький О.К.	73
Фечан А. В.	130, 182	Янчишин Р.А.	42
Філінюк Н.А.	32	Яремко І.Н.....	116
Філінюк М.А.,	38	Яремчук І.В.	192
Фодчук І.М.	126, 192		
Фрасуняк В.М.....	198, 199		

Наукове видання

Верига А.Д., Лесінський В.В., Саміла А.П.,
Галюк С.Д., Круліковський О.В.

Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки

Матеріали IV -ої міжнародної науково-практичної конференції

*Відповідальний за випуск
Технічний редактор
Верстка*

*Кіндій В. М.
Петрушко В. Й.
Верига А.Д.*

Підписано до друку 21 жовтня 2014 року.
Формат 60x84/8. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 12,30. Обл.вид. арк. 25,76.
Тираж 300.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
видавців, виготовлювачів та розповсюджувачів
книжкової продукції
серія ДК № 617 від 2.10.2001 року

Видавничо-інформаційний центр «Місто»
Україна, 58022 м. Чернівці, вул. Головна, 173А;
тел. (0372) 58-53-11, 58-53-12

Друк: ФОП Шкрета Я.В.
тел. (0372) 58-54-54