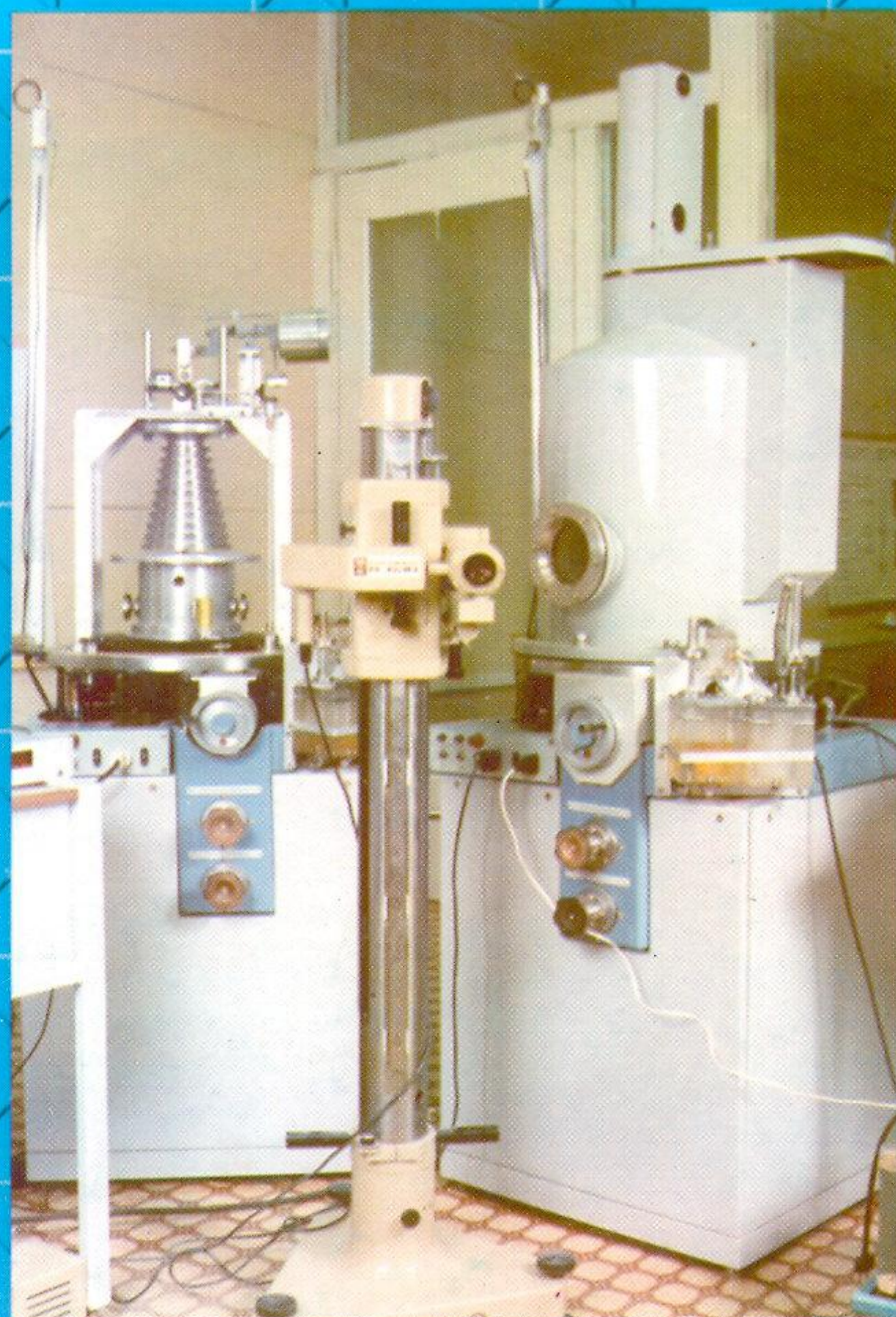


УКРАЇНСЬКИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ



ВИПУСК 1

2002



Головний редактор: *Г.С.Сидоренко, канд. техн. наук, ст. наук. співр.*

Заступник головного редактора,
науковий редактор: *Ю.Ф.Павленко, д-р техн. наук, проф.*

Відповідальний секретар: *Л.Д.Камишанова*

Члени редколегії:
В.Б.Большаков, д-р техн. наук, ст. наук. співр.
Г.Я.Гафанович, канд. техн. наук, ст. наук. співр.
В.Ю.Камінський, д-р техн. наук, ст. наук. співр.
О.С.Клейман, д-р техн. наук, проф.
М.І.Кравченко, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.
В.С.Купко, канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Б.Ф.Марков, канд. техн. наук, доц.
Ю.П.Мачехін, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.
Л.А.Назаренко, д-р техн. наук, проф.
Г.Ю.Народницький, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.
О.В.Прокопов, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співр.
М.С.Рожнов, канд. хім. наук, ст. наук. співр.
І.В.Руженцев, д-р техн. наук, проф.
В.С.Соловійов, д-р техн. наук, проф.
В.М.Чинков, д-р техн. наук, проф.

Засновник і видавник — Державне науково-виробниче об'єднання “Метрологія”.
Свідоцтво про державну реєстрацію
Сер. КВ №2237 від 26 вересня 1996 р.

Адреса редакції: 61002, Харків, вул. Мироносицька, 42,
ДНВО “Метрологія”.

Телефон: (0572) 40-33-43
Факс: (0572) 43-61-93

На першій сторінці обкладинки — державний первинний еталон одиниці тиску для абсолютних тисків у діапазоні від $2,7 \cdot 10^2$ до $1,3 \cdot 10^5$ Па

УКРАЇНСЬКИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Науково-
технічне
видання



ВИПУСК 1 2002

ЗМІСТ

Загальна та законодавча метрологія

- | | | |
|-------------|--|---|
| В.Л.Баранов | Применение дифференциальных преобразований для моделирования случайных процессов в метрологических исследованиях | 5 |
|-------------|--|---|

Вимірювання часу та частоти

- | | | |
|--------------------------------------|--|----|
| В.В.Бавыкина, Ю.А.Коваль, А.А.Ткачук | Исследование радиоимпульсного метода сравнения шкал времени эталонов | 11 |
| В.Н.Романько | Компенсация воздействия упругих напряжений на стабильность частоты кварцевых генераторов | 19 |

Вимірювання електричних та магнітних величин

- | | | |
|---------------------------|--|----|
| А.С.Давыдов, А.Н.Попенака | Анализ методических погрешностей широтно-импульсных многожителей устройств при преобразовании полигармонических сигналов | 23 |
| В.Я.Гальченко, А.К.Павлов | Параметрический нелинейный синтез круговых и прямоугольных многоконтурных систем источников магнитных полей | 26 |
| О.Ю.Валуysкая | Анализ фазовой погрешности регистрации пьезодатчиком и передачи по линии связи сигнала топливоподачи дизеля | 31 |
| Е.Н.Белоконь | Метод противопоставления в технике измерения электрических сопротивлений | 34 |

Вимірювання оптичних та оптико-фізичних величин

- | | | |
|---|---|----|
| Ю.П.Мачехин, В.М.Бабич, П.Конс, А.И.Расчектаева | Использование самокалибрующихся фотодиодов в колориметрических измерениях | 37 |
| Н.В.Гурьев, А.Д.Купко, Л.А.Назаренко | Двухдиодный трап-детектор | 40 |

Вимірювання механічних величин

В.Д.Красовский, Э.П.Янушкевич	Мультипликативный метод воспроизведения силы	45
----------------------------------	--	----

Вимірювання геометричних величин

Н.И.Кравченко	Лазерные системы, реализующие дисперсионный метод измерения длины	49
Г.Я.Гафанович, В.Ф.Рубанов	Оценка методов и средств измерения параметров зубчатых зацеплений	57

Стандартні зразки складу та властивостей речовин і матеріалів

Реестр межгосударственных стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов государств-участников соглашения	62
--	----

Ювілеї

К 70-летию ученых ХГНИИМ Георгий Яковлевич Гафанович Вячеслав Иванович Магда	64
--	----

Інформація

Про розширене засідання колегії Держстандарту України	66
Форум качества KOOMET	67
Перша нарада кореспондентів та координаторів KOOMET у галузі “Акустика і вібрація”	68
Інформаційне повідомлення про проведення III Міжнародної науково-технічної конференції “Метрологія та вимірювальна техніка” (Метрологія – 2002)	68
Інформація щодо проведення семінару “Вираження невизначеності вимірювань”	70
Калібрувальні лабораторії, акредитовані на право проведення калібрування засобів вимірювальної техніки для інших підприємств, організацій і для громадян-суб’єктів підприємницької діяльності, згідно з ПМУ 18-2000, на 01.02.2002 р.	70
Перелік засобів вимірювальної техніки, які занесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні на підставі результатів державних випробувань (грудень 2001 р.–лютий 2002 р.)	70

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ НЕЛИНЕЙНЫЙ СИНТЕЗ КРУГОВЫХ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ МНОГОКОНТУРНЫХ СИСТЕМ ИСТОЧНИКОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В.Я.Гальченко, А.К.Павлов

Описан подход к синтезу устройств, генерирующих магнитное поле требуемой конфигурации в заданной области. Приведены результаты синтеза магнитных систем с рабочей областью, располагающейся на оси источника магнитного поля.

Синтез источников магнитного поля с заданными свойствами поля в объеме является сложной научно-технической задачей и представляет интерес при решении практических задач метрологии, приборостроения, электротехники, дефектоскопии, медицины. Создание новых приборов невозможно без совершенствования средств метрологического обеспечения, и, в частности, поверочных устройств: мер магнитной индукции, мер градиента, мер магнитного потока, мер магнитного момента и т.д. [1-3].

Применение для решения этой актуальной задачи локального метода синтеза, метода подбора параметров, метода предельных параметров не всегда приводит к приемлемым результатам в смысле точности синтеза требуемого распределения магнитного поля, обеспечения достаточных размеров рабочей зоны источника поля в сравнении с его габаритами [1]. Предпочтительным представляется совершенствование интегрального метода синтеза, обеспечивающего решение широкого круга задач проектирования средств метрологического обеспечения.

В качестве источников магнитного поля в данной статье рассматриваются системы из n соосно расположенных замкнутых контуров круговой или прямоугольной формы. Распределение магнитного поля задается в виде семейства m контрольных точек с известными значениями напряженности в них. Рабочая область источника магнитного поля может располагаться: на оси проектируемого источника; в плоскости, перпендикулярной оси источника; в объеме, произвольно заданном в пространстве (см. рис. 1).

Если рабочая область источника располагается на оси, то значение напряженности магнитного поля в каждой из контрольных точек описывается выражениями:

а) для круговых магнитных систем –

$$H(q_i) = \sum_{j=1}^n \frac{Iw}{2} \frac{R_{k_j}^2}{(R_{k_j}^2 + (Z_{q_i} - Z_{k_j})^2)^{3/2}}, \quad (1)$$

где I – ток в контуре; w – количество витков в контуре; R_{k_j} – радиус контура; Z_{k_j} – z -координата контура; Z_{q_i} – z -координата контрольной точки;

б) для прямоугольных магнитных систем –

$$H(q_i) = \sum_{j=1}^n \frac{Iw}{l_j} \left[\arctg \left(\frac{l_j + |Z_{q_i} - Z_{k_j}|}{a_j b_j} \times \sqrt{(l_j + |Z_{q_i} - Z_{k_j}|)^2 + a_j^2 + b_j^2} \right) + \arctg \left(\frac{l_j - |Z_{q_i} - Z_{k_j}|}{a_j b_j} \times \sqrt{(l_j - |Z_{q_i} - Z_{k_j}|)^2 + a_j^2 + b_j^2} \right) \right], \quad (2)$$

где a_j – высота контура; b_j – ширина контура; l_j – толщина обмотки.

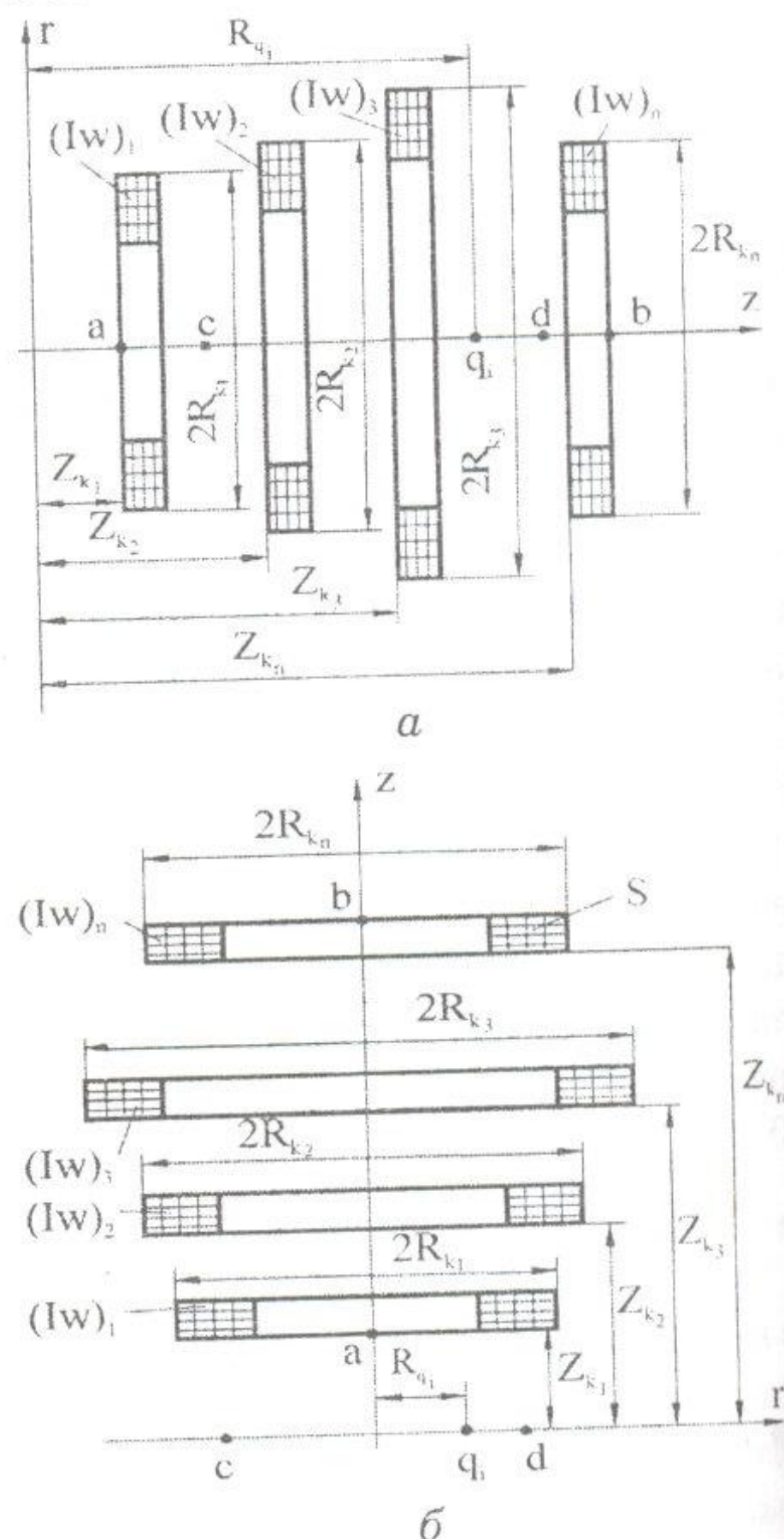


Рис.1. Источники магнитного поля в виде многоконтурных систем: а – с рабочей областью на оси; б – с рабочей областью, расположенной в плоскости, перпендикулярной оси; [a,b] – интервал, на котором находятся контуры; [c,d] – рабочая область; q_i – i -я контрольная точка

Если рабочая область источника располагается в плоскости, перпендикулярной его оси, то значение напряженности магнитного поля в каждой из контрольных точек описывается выражениями:

а) для круговых магнитных систем –

$$H(q_i) = \sum_{j=1}^n \frac{Iw}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{(R_{k_j} + r_{q_i})^2 + (Z_{q_i} - Z_{k_j})^2}} \times \left[E(k) \frac{R_{k_j}^2 - r_{q_i}^2 - (Z_{q_i} - Z_{k_j})^2}{(R_{k_j} - r_{q_i})^2 + (Z_{q_i} - Z_{k_j})^2} + K(k) \right], \quad (3)$$

где r_{q_i} – r -координата контрольной точки; $E(k)$, $K(k)$ – полные эллиптические интегралы 1-го и 2-го рода соответственно;

$$k^2 = \frac{4R_{k_j}r_{q_i}}{(R_{k_j} + r_{q_i})^2 + (Z_{q_i} - Z_{k_j})^2};$$

б) для прямоугольных магнитных систем –

$$H_z(q) = \frac{Iw}{4\pi ch} \sum_{j=1}^2 (-1)^{j+1} \left\{ \sum_{\mu=3}^6 (-1)^{\mu+1} \sum_{s=3}^6 (-1)^{s+1} \times \left[(y - y_s) \operatorname{arsh} \frac{z - z_\gamma}{\sqrt{(x - x_\mu)^2 + (y - y_s)^2}} + (z - z_\gamma) \operatorname{arsh} \frac{y - y_s}{\sqrt{(x - x_\mu)^2 + (z - z_\gamma)^2}} - (x - x_\mu) \times \operatorname{arctg} \frac{(y - y_s)(z - z_\gamma)}{(x - x_\mu)\sqrt{(x - x_\mu)^2 + (y - y_s)^2 + (z - z_\gamma)^2}} \right] - \sum_{\mu=1}^2 (-1)^{\mu+1} \sum_{s=3}^6 (-1)^{s+1} \times \left[(x - x_\mu) \operatorname{arsh} \frac{z - z_\gamma}{\sqrt{(x - x_\mu)^2 + (y - y_s)^2}} + (z - z_\gamma) \operatorname{arsh} \frac{x - x_\mu}{\sqrt{(y - y_s)^2 + (z - z_\gamma)^2}} - (y - y_s) \times \operatorname{arctg} \frac{(x - x_\mu)(z - z_\gamma)}{(y - y_s)\sqrt{(x - x_\mu)^2 + (y - y_s)^2 + (z - z_\gamma)^2}} \right] \right\}; \quad (4)$$

где $x_1 = -\frac{a}{2}$; $x_2 = \frac{a}{2}$; $x_3 = -(d + c)$; $x_4 = -d$; $x_5 = d$;

$x_6 = d + c$; $y_1 = -\frac{b}{2}$; $y_2 = -(e + c)$; $y_3 = -e$; $y_4 = e$;

$y_5 = e$; $y_6 = e + c$; $z_1 = g$; $z_2 = g + h$; $a = a_1 - c$;

$b = b_1 - c$; $d = \frac{a_1}{2} - c$; $e = \frac{b_1}{2} - c$;

a_1 и b_1 – длина и ширина контура; c и h – длина и ширина поперечного сечения контура соответственно.

Аналогичные выражения могут быть записаны для круговых и прямоугольных катушек с учетом поперечного сечения S (прямоугольного, трапецеидального и т.п.).

Учитывая, что для рассматриваемых случаев функция зависимости магнитного поля от геометрии источника нелинейна (1) – (4), сформулируем задачу синтеза магнитного устройства как задачу нелинейной оптимизации. Оптимизируемый функционал имеет вид

$$F = \sum_{i=1}^m |H_D - H_T|^\gamma \rightarrow \min,$$

где H_D – действительное значение напряженности магнитного поля в контрольной точке; H_T – требуемое значение напряженности магнитного поля в контрольной точке; $\gamma = 2, 3, \dots$.

Выбор функционала именно такого вида обусловлен его свойствами, что делает использование данного функционала в решении задачи параметрического синтеза более предпочтительным. Для функционала, записанного с использованием метода наименьших квадратов, характерным является недостаток, заключающийся в ограниченной точности аппроксимации отдельных слагаемых, то есть низкая точность аппроксимации в некоторых точках при больших значениях m может компенсироваться высокой точностью в других точках. Этого недостатка лишены минимаксные функционалы, но они не сохраняют характеристики “гладкости”, что требует привлечения специальных методов оптимизации. Функционал вида F совмещает в себе достоинства и тех, и других функционалов; являясь “гладким”, он не допускает значительных отклонений точности аппроксимации в отдельных точках. Поэтому целесообразным является использование “гладких” среднестепенных аппроксимаций F минимаксного критерия, причем при достаточно больших значениях γ решения задач, полученные с использованием минимаксного критерия и функционала F , практически совпадают.

Задача оптимизации, сформулированная таким образом, в общем виде описывается интегральным уравнением Урысона 1-го рода и относится к классу некорректных задач. Поиск ее решения многими из известных стандартных методов затруднителен из-за явления овражности целевой функции. Особенно большие трудности возникают в случае, когда овраги многомерные, что обусловлено количеством переменных, по которым производится оптимизация.

Для решения данной задачи используются алгоритмы поиска решения в многомерной овражной ситуации, описание которых приведено в [4]. Поиск решения в них осуществляется в пространстве переменных, определяющих геометрию магнитной системы. Верификация алгоритмов производилась на ряде тестовых функций, имеющих аналитическое решение, а также на численных экспериментах по моделированию магнитных устройств. Результаты некоторых численных экспериментов по синтезу магнитных устройств приведены ниже.

Таблица 2

№ контура	$Z_{\text{нач}}, Z_{\text{кон}}$	$a_{\text{нач}}, a_{\text{кон}}$	$b_{\text{нач}}, b_{\text{кон}}$	$l_{\text{нач}}, l_{\text{кон}}$
1	-0,0480	0,0200	0,0200	0,0020
	-0,1182	0,2366	0,0021	0,0000
2	-0,0360	0,0200	0,0200	0,0020
	-0,0469	0,0133	0,0377	0,0163
3	-0,0240	0,0200	0,0200	0,0020
	0,0416	0,0273	0,0120	0,0002
4	-0,0120	0,0200	0,0200	0,0020
	-0,0096	0,0328	0,0231	0,0007
5	0,0000	0,0200	0,0200	0,0020
	0,0859	0,0208	0,0208	0,0031
6	0,0120	0,0200	0,0200	0,0020
	0,0075	0,0197	0,0200	0,0093
7	0,0240	0,0200	0,0200	0,0020
	-0,0504	0,0188	0,0243	0,0124
8	0,0360	0,0200	0,0200	0,0020
	0,0262	0,0188	0,0214	0,0007
9	0,0480	0,0200	0,0200	0,0020
	-0,0227	0,0238	0,0239	0,0000

В табл. 1, 2 и на рис. 2а,б приведены результаты синтеза источников однородного магнитного поля с рабочей областью, располагающейся на оси. В таблицах использовались следующие обозначения: $Z_{\text{нач}}, Z_{\text{кон}}$ – z-координаты контура до и после оптимизации; $R_{\text{нач}}, R_{\text{кон}}$ – радиусы кругового контура до и после оптимизации; $a_{\text{нач}}, a_{\text{кон}}$ – высота прямоугольного контура до и после оптимизации; $b_{\text{нач}}, b_{\text{кон}}$ – ширина прямоугольного контура до и после оптимизации; $l_{\text{нач}}, l_{\text{кон}}$ – толщина обмотки прямоугольного контура до и после оптимизации. При оптимизации контрольные точки располагались с шагом 1 мм. Показатель степени функционала F принимал во всех последующих расчетах значение $\gamma=8$. В табл. 1 содержатся данные о начальных и полученных в результате оптимизации геометрических параметрах круговых контуров (начальные радиусы всех контуров системы принимались равными 0,02 м). Фиксировались $I=0,3$ А, $w=20$ витков, функционал минимизировался варьированием радиусов контуров. В табл. 2 содержатся данные о начальных и полученных в результате оптимизации геометрических параметрах прямоугольных контуров. Фиксировались $I=0,2$ А, $w=3$ витка, функционал минимизировался варьированием z-координат, а также геометрических размеров сторон a, b, l прямоугольных контуров. Нулевые значения, принимаемые геометрическими параметрами контуров источника, интерпретируются как избыточность начальной структуры источника поля.

Таблица 1

№ контура	$Z_{\text{нач}}, Z_{\text{кон}}$	$R_{\text{кон}}$
1	-0,08	0,065596
2	-0,06	0,059953
3	-0,04	0,109212
4	-0,02	0,098463
5	0,00	0,078282
6	0,02	0,097918
7	0,04	0,111194
8	0,06	0,057846
9	0,08	0,070845

На рис. 2а приведены зависимости распределения напряженности магнитного поля в контрольных точках для источника магнитного поля с круговыми контурами, а также распределение отклонений получаемого поля от требуемого (максимальное абсолютное отклонение полученного магнитного поля от требуемого составляет 0,1567 А/м; максимальное относительное отклонение – 0,0783 %; дисперсия – 0,4076; $H_T(z) = 200$ А/м).

На рис. 2б приведены зависимости распределения напряженности магнитного поля в контрольных точках для источника магнитного поля с прямоугольными контурами (максимальное абсолютное отклонение полученного магнитного поля от требуемого составляет 1,5886 А/м; максимальное относительное отклонение – 0,7943 %; дисперсия – 3,3335; $H_T(z) = 200$ А/м).

В ряде задач проектирования устройств, генерирующих магнитное поле требуемой конфигурации, необходимо учитывать ограничения на геометрические размеры, что осуществляется путем соответствующей замены переменных. При заданных ограничениях на параметр x_i вида $a_i \leq x_i \leq b_i$ выполняется переход к задаче оптимизации относительно новой переменной z_i с выполнением одного из преобразований:

$$x_i = b_i + (a_i - b_i) \sin^2 z_i;$$

$$x_i = 0,5(a_i + b_i) + 0,5(b_i - a_i) \sin z_i.$$

В табл. 3 и на рис. 2в приведены результаты синтеза магнитной системы, генерирующей однородное магнитное поле с заданными ограничениями на z-координаты контуров прямоугольной формы. В табл. 3 содержатся данные о начальных и полученных в результате оптимизации геометрических параметрах прямоугольных контуров. Фиксировались $I=0,09$ А, $w=2$ витка, функционал минимизировался варьированием z-координат, а также геометрических размеров сторон a, b, l прямоугольных контуров с учетом ограничения: $-0,04 \text{ м} \leq Z_i \leq 0,04 \text{ м}$.

На рис. 2в приведены зависимости распределения напряженности магнитного поля в контрольных точках для источника магнитного поля с прямоугольными контурами и соответствующее распределение отклонений получаемого поля от требуемого (максимальное абсолютное отклонение полученного магнитного поля от требуемого составляет 5,5095 А/м; максимальное относительное отклонение – 2,7547 %; дисперсия – 10,6364; $H_T(z) = 200$ А/м).

Для визуализации, ввода и модификации входных данных, а также для отображения результатов расчетов разработан графический интерфейс, выполняющий роль препроцессора и постпроцессора

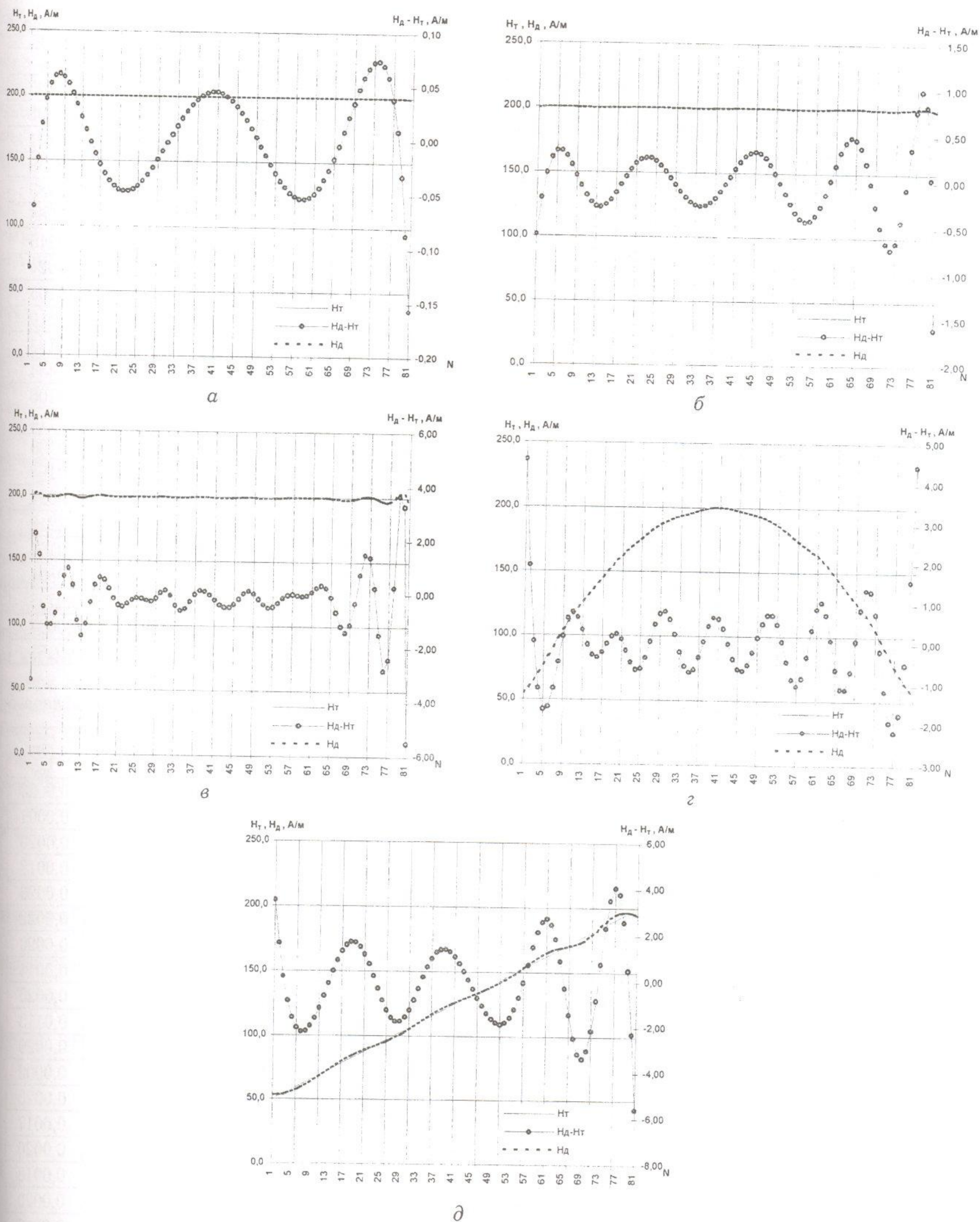


Рис. 2. Графическое представление результатов параметрического нелинейного синтеза источников магнитных полей

программного комплекса. В состав предлагаемого программного комплекса входит модуль, позволяющий задать требуемое распределение магнитного поля в виде одной из элементарных функций (прямой, параболы и т.д.) либо сложных конфигураций поля в виде табличных данных. В табл. 4, 5 и на рис.2г,д приведены результаты синтеза магнитных систем, генерирующих неоднородные

магнитные поля. В табл.4 и на рис.2г представлены результаты синтеза поля, имеющего распределение в виде параболы, а в табл. 5 и на рис. 2д – результаты синтеза магнитного поля с линейным распределением. В табл.4 содержатся данные о начальных и полученных в результате оптимизации геометрических параметрах круговых контуров (начальные радиусы всех контуров принима-

Таблица 4

лись равными 0,01 м). Фиксировались $I=0,09$ А, $w=10$ витков, функционал минимизировался варьированием радиусов и z -координат контуров. В табл. 5 содержатся данные о начальных и полученных в результате оптимизации геометрических параметрах прямоугольных контуров. Фиксировались $I=0,15$ А, $w=3$ витка, функционал минимизировался варьированием z -координат, а также геометрических размеров сторон a , b , l прямоугольных контуров.

Таблица 3

№ контура	$Z_{\text{нач}},$ $Z_{\text{кон}}$	$a_{\text{нач}},$ $a_{\text{кон}}$	$b_{\text{нач}},$ $b_{\text{кон}}$	$l_{\text{нач}},$ $l_{\text{кон}}$
1	-0,0360	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0354	0,0078	0,0153	0,0046
2	-0,0360	0,0200	0,0200	0,0020
	-0,0330	0,8063	0,0016	0,0036
3	-0,0320	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0400	0,0040	0,0247	0,0009
4	-0,0280	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0232	0,0152	0,0137	0,0015
5	-0,0240	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0250	0,0084	0,0126	0,0008
6	-0,0200	0,0124	0,0200	0,0020
	-0,0156	0,0100	0,0106	0,0021
7	-0,0160	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0396	0,0036	0,1139	0,0014
8	-0,0120	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0097	0,0153	0,0110	0,0068
9	-0,0080	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0080	0,0076	0,0181	0,0089
10	-0,0040	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0014	0,0057	0,0355	0,0053
11	0,0000	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0330	0,0105	0,0128	0,0008
12	0,0040	0,0100	0,0200	0,0020
	0,1441	0,0074	0,0308	0,0045
13	0,0080	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0066	0,0080	0,0115	0,0006
14	0,0120	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0137	0,0112	0,0126	0,0016
15	0,0160	0,0100	0,0200	0,0020
	0,1038	0,0061	0,0611	0,0023
16	0,0200	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0161	0,0126	0,0099	0,0016
17	0,0240	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0241	0,0077	0,0109	0,0025
18	0,0280	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0221	0,0153	0,0165	0,0021
19	0,0320	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0323	0,0063	0,0103	0,0019
20	0,0360	0,0200	0,0200	0,0020
	0,0097	0,3997	0,0042	0,0011
21	0,0360	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0359	0,0083	0,0142	0,0052

№ контура	$Z_{\text{нач}},$ $Z_{\text{кон}}$	$Z_{\text{кон}}$	$R_{\text{кон}}$
1	-0,0400	-0,0305	0,0108
2	-0,0400	-0,0748	0,0003
3	-0,0360	0,0004	0,0261
4	-0,0320	0,1250	0,2549
5	-0,0280	-0,1210	0,1183
6	-0,0240	-0,1500	0,1788
7	-0,0200	-0,0206	0,0110
8	-0,0160	-0,0089	0,0924
9	-0,0120	-0,0122	0,0105
10	-0,0080	-0,0079	0,0119
11	-0,0040	0,0007	0,0143
12	0,0000	0,1844	0,1454
13	0,0040	-0,0008	0,0108
14	0,0080	0,0073	0,0114
15	0,0120	0,0126	0,0105
16	0,0160	0,0168	0,0193
17	0,0200	0,0210	0,0094
18	0,0240	0,0453	0,1210
19	0,0280	-0,0216	0,0150
20	0,0320	0,0301	0,0894
21	0,0360	0,1383	0,0732
22	0,0400	0,0303	0,0097
23	0,0400	0,1266	0,0153

Таблица 5

№ контура	$Z_{\text{нач}},$ $Z_{\text{кон}}$	$a_{\text{нач}},$ $a_{\text{кон}}$	$b_{\text{нач}},$ $b_{\text{кон}}$	$l_{\text{нач}},$ $l_{\text{кон}}$
1	-0,0500	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0213	0,0185	0,0257	0,0001
2	-0,0375	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,2627	0,0103	0,0211	0,0018
3	-0,0250	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,4174	0,0088	0,0192	0,0022
4	-0,0125	0,0100	0,0200	0,0020
	0,3529	0,0090	0,0209	0,0014
5	0,0000	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0023	0,0101	0,0212	0,0113
6	0,0125	0,0100	0,0200	0,0020
	-0,0562	0,0134	0,0057	0,0002
7	0,0250	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0211	0,0126	0,0169	0,0017
8	0,0375	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0359	0,0101	0,0178	0,0018
9	0,0500	0,0100	0,0200	0,0020
	0,0463	0,0097	0,0193	0,0015

На рис. 2г приведены зависимости распределения напряженности магнитного поля и отклонений поля в контрольных точках для источника магнитного поля с круговыми контурами (максимальное абсолютное отклонение полученного магнитного поля от требуемого составляет 4,5661 А/м; максимальное относительное отклонение – 9,1323 %; дисперсия – 9,5755; $H_T(z) = -93750z^2 + 200$ А/м). На

рис. 2д представлены аналогичные зависимости для источника магнитного поля с прямоугольными контурами (максимальное абсолютное отклонение полученного магнитного поля от требуемого составляет 5,5990 А/м; максимальное относительное отклонение – 2,7995 %; дисперсия – 16,4335; $H_T(z)=1875z+125$ А/м).

Разработанный программный комплекс может без ограничений использоваться для синтеза магнитных систем с рабочей областью, находящейся в плоскости, перпендикулярной оси источника [5], а также в объеме, произвольно расположенном в пространстве.

Результаты теоретических исследований, показавших достаточно высокую эффективность предлагаемого подхода, использовались для практической реализации источников магнитных полей, входящих в состав различных устройств и приборов, внедренных на предприятиях Украины.

Источник однородного магнитного поля с рабочей зоной, совпадающей с его габаритным размером по длине, применяется в составе комплекта технологического оборудования для импульсного намагничивания (размагничивания) элементов конструкций датчиков МВ-25, используемых в авиации. Источник поля эксплуатируется с 2000 г. на Киевском авиаремонтном заводе гражданской авиации № 410. Кроме того, результаты работы получили практическое применение при проектировании накладных вихретоковых дефектоскопов с импульсной П-образной конфигурацией поля возбуждения, что позволило обеспечить локальность контроля объектов, улучшенные условия отстройки от влияния краевых зон контролируемого из-

делия, повышенную чувствительность к нарушениям сплошности объекта [5].

Список литературы

1. Средства измерений параметров магнитного поля /Ю.В. Афанасьев, Н.В. Студенцов, В.Н. Хорев и др.-Л.:Энергия,1979.-320с.
2. Алиевский Б.Л., Орлов В.Л. Расчет параметров магнитных полей осесимметричных катушек.- М.: Энергоатомиздат, 1983.-112с.
3. Штамбергер Г.А. Устройства для создания слабых постоянных магнитных полей.- Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние,1972.-176с.
4. Павлов А.К., Гальченко В.Я., Велигура А.В. // 3б. матер. 5-ї Міжнар. наук.-метод. конф. "Інформаційні технології навчання у вищих закладах освіти". Ч.2.-Суми: Вид-во СумДУ, 2001.-С.5-9.
5. Гальченко В.Я., Павлов О.К., Воробйов М.О. // Методи і прилади контролю якості. -2002. - № 8. -С. 3-5.

PARAMETRICAL NON-LINEAR SYNTHESIS OF CIRCULAR AND RECTANGULAR SYSTEMS OF MAGNETIC FIELDS SOURCES

V.Y.Galchenko, A.K.Pavlov

The approach to synthesis of the devices, which generate the magnetic field of the required configuration in the given field is described. The results of synthesis of magnetic system having the working area that is situated on the axis of magnetic field source are given.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гальченко Володимир Якович – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри Луганського державного медичного університету
Павлов Олексій Костянтинович – інженер ЗАТ "Утел", м. Луганськ

УДК 621.317(075.8)

АНАЛИЗ ФАЗОВОЙ ПОГРЕШНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ПЬЕЗОДАТЧИКОМ И ПЕРЕДАЧИ ПО ЛИНИИ СВЯЗИ СИГНАЛА ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЯ

О.Ю.Валуйская

Описана система получения и передачи информации при исследовании топливоподачи дизеля. Приводится анализ компонентов фазовой погрешности системы получения и передачи информации с помощью пьезодатчика. Сделан анализ возможности улучшения отношения сигнал/шум. Приве-

дена схема замещения системы получения и передачи информации.

В последние годы широкое распространение получили технические средства безразборной диагностики дизелей, позволяющие производить ак-

1		2	3	4
1547	Лічильники холодної та гарячої води крильчасті	MNK/MTK/MTW	У1549-01	Фірма "Lorenz GmbH & Co KG", Німеччина
1548	Лічильники холодної та гарячої води	WTK/WTW	У1550-01	———— " ————
1549	Теплолічильники	TEM/TEM-C	У1551-01	———— " ————
1550	Ваги автомобільні	DFT	У1552-01	Фірма "SCHENCK PROCESS GmbH", Німеччина
1551	Ваги вагонні	DGW	У1553-01	———— " ————
1552	Пристрої вагові тензометричні	UWT	У1554-01	———— " ————
1553	Перетворювачі вимірювальні	Liquisys... CxM...	У1555-01	Фірма "Endress+Hauser GmbH+Co", Німеччина
1554	Перетворювачі вимірювальні	Mycom... CxM..., MyPro... CxM...	У1556-01	———— " ————
1555	Кондуктометри	Smartec... CLD...	У1557-01	———— " ————
1556	Манометри вантажопоршневі	МП-6 класу точності 0,02	У1558-01	Дослідний завод "Еталон", м. Донецьк
1557	Прилад цифровий для вимірювання та регулювання температури	ТРЦ 02	У1559-01	ПНВП "Промприлад", м. Житомир
1558	Комплекси технічних і програмних засобів обліку палива	НД2017	У1560-01	ТОВ "НД ЛТД", м. Київ
1559	Лічильники води крильчасті	Лиман	У1561-01	ПМСП "МЕТРОЛОГІЯ", м. Миколаїв
1560	Лічильники газу мембранні	GALLUS-2002	У1562-01	Фірма "Schlumberger Industries SA", Франція
1561	Табло відлікові цифрові	ТОЦ	У1563-01	ВАТ "Дослідно-експериментальний завод № 20 цивільної авіації", ТОВ "Верба", ТОВ "Автоматика-Сервіс", м. Київ

Журнал зареєстровано у Вищій атестаційній комісії (ВАК) України

Рекомендовано до друку науково-технічною радою ХДНДІМ (протокол №2 від 07.02.2002 р.)

Оригінал-макет для прямого репродукування виготовлено редакційно-видавничою групою "Українського метрологічного журналу"

Редактор Л.Д.Камишанова. Художник В.І.Рудь
Комп'ютерна група О.А.Пустовойтовська, Д.Б.Костарев. Коректор С.М.Некрасова

Підписано до друку 20.03.2002 р. Формат 60×84/8. Офсетний друк.
Ум.-друк. арк. 7,8. Обл.-вид. арк. 7,3. Тираж 420 прим. Зам. 112. Ціна договірна.

Надруковано в ХДНДІМ
61002, Харків, вул. Мироносицька, 42

Державні науково-дослідні установи (2)
та.
центри стандартизації, метрології і сертифікації

