

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Корецької Олександри Олегівни на тему «Моделі та засоби побудови енергоефективних IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – "Комп'ютерні системи та компоненти"

Актуальність теми роботи. Дисертаційна робота Корецької О.О. присвячена актуальним питанням розробки компонентів комп'ютерних систем, зокрема, розробці моделей та методів побудови IoT пристроїв в умовах обмеженого енергозабезпечення.

Однією з важливих характеристик IoT пристроїв є термін живлення від автономних джерел енергії, таких як батарейне / акумуляторне живлення або відновлювальні джерела енергії. В зв'язку з цим пошук рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання, займає одне з найголовніших місць в сучасних наукових дослідженнях в розробці IoT пристроїв.

Одним з перспективних джерел енергії є п'єзоелектричні перетворювачі. Проте мале значення енергії, що генерується п'єзоелементом, стримує широке використання п'єзоелектричних перетворювачів в якості джерел живлення. Таким чином, розробка нових моделей та засобів підвищення енергоефективності IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів, що сприятиме подовженню часу роботи IoT пристроїв з автономним живленням, є актуальною задачею.

Додатково актуальність та практичну значущість отриманих в дисертаційному дослідженні результатів підкреслює зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами та планами, а саме з трьома науково-дослідними роботами: «Розроблення поліметричних датчиків інформаційно-вимірювальних систем з живленням елементів від енергії вимірювального сигналу» (№ ДР 0115U000316); «Розроблення бездротових енергонезалежних інформаційно-вимірювальних мереж критичного застосування військово-цивільного призначення» (№ ДР 0117U000447); «Розробка нових комбінованих композитних пористих матеріалів з об'ємозмінними теплофізичними властивостями військово-цивільного застосування» (№ ДР 0119U100353); та однієї госпдоговірною науково-дослідною роботою на тему «Розробка технічного рішення виготовлення високоточного маяка-трекера для змагань повітряних куль під егідою міжнародної федерації авіаційних видів спорту (FAI)» (договір № 154 від 13.06.2017), в яких здобувач була виконавцем.

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи Корецької Олександри Олегівни на тему «Моделі та засоби побудови енергоефективних IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів» не викликає жодних сумнівів.



Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та їх достовірність. У дисертаційній роботі викладено авторський підхід до вирішення важливої наукової-технічної задачі - підвищення енергоефективності IoT пристроїв, за рахунок розробки моделей та засобів побудови енергоефективних IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів. Ступінь обґрунтованості теоретичних положень дисертаційної роботи та їх достовірність підтверджено практичними фізичними експериментами на макетах і дослідних зразках. Обґрунтованість отриманих результатів підтверджується застосуванням коректних та доцільних методів дослідження, а саме: теорії автоматичного керування, теорії коливальних систем із зосередженими параметрами та теорії електричних ланцюгів – при дослідженні функціональних моделей п'єзоперетворювачів; методів аналізу анізотропії поляризованої п'єзокераміки – при отриманні аналітичних розрахунків параметрів п'єзокераміки з урахуванням орієнтаційних ефектів доменів у п'єзокераміці; методів математичного моделювання – при розробці математичної моделі функціонування комп'ютерної системи в умовах обмеженого енергозабезпечення; фізичних експериментів на макетах і дослідних зразках, методів теорії ймовірності і математичної статистики – при проведенні експериментальних досліджень.

Обґрунтованість практичних результатів дисертаційної роботи засвідчується актами впровадження та отриманими патентами на корисні моделі. Крім того результати роботи мають достатню апробацію на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях, де отримали підтримку науковців в даному напрямку досліджень.

Таким чином, ступінь обґрунтованості та достовірність основних наукових положень дисертації та отриманих результатів є достатніми.

Структура і зміст роботи. У вступі обґрунтовано актуальність обраного дисертанткою напрямку досліджень, наведено його зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та завдання дослідження, відображені наукова новизна, практична цінність роботи та особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію, публікації та використання результатів дисертаційного дослідження.

У першому розділі дисертаційної роботи приведено результати огляду літературних джерел та проаналізовано стан предмета досліджень в області побудови енергоефективних IoT пристроїв з автономним живленням. На основі проведеного аналізу побудовано структурно-логічну схему дисертаційного дослідження, а також конкретизовано ряд задач, вирішенню яких присвячено наступні три розділи.

У другому розділі наведено результати розробки моделей компонентів IoT пристроїв, а саме: асиметричних біморфних доменно-дисипативних п'єзоперетворювачів при їх консольному закріпленні. На підставі аналізу орієнтаційних ефектів доменів в п'єзокераміці та їх впливу на основні параметри п'єзоелементів виконано функціональне моделювання

консольного асиметричного біморфного доменно-дисипативного п'єзоперетворювача, що використовується в якості джерела накопичення енергії для подовження тривалості роботи IoT пристроїв при їх автономному живленні.

У третьому розділі дисертаційної роботи наведені результати розробки математичної моделі побудови IoT пристроїв в умовах обмеженого енергозабезпечення та показана програмна реалізація розробленої моделі. В цьому розділі дисертаційної роботи було показано, що найбільш важливими вхідними параметрами IoT пристроїв є характеристики отримуваних завдань, такі як: директивний термін, час виконання завдання, а найсуттєвішими вихідними параметрами систем IoT пристроїв на базі п'єзоперетворювачів є енергоспоживання, час виконання завдань та кількість перетворювачів, що генерують енергію.

Четвертий розділ присвячений практичній реалізації отриманих наукових результатів. В цьому розділі представлено описи розроблених стендів та конструкцій IoT пристроїв, в яких реалізовані усі отримані теоретичні положення, та наведено результати експериментальних досліджень.

У висновках сформульовано основні результати дисертаційного дослідження.

У додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, описи та зображення розроблених IoT пристроїв, описи отриманих патентів та перелік публікацій за темою дисертації.

Наукова новизна дослідження. В роботі отримані такі наукові результати.

Вперше отримано:

– функціональні моделі консольних біморфних доменно-дисипативних п'єзоперетворювачів, що дозволяє розраховувати лінійні розміри п'єзоелементів і пластин під час проектування п'єзоперетворювачів з максимальним рівнем вихідного сигналу.

Набули подальшого розвитку:

– аналітичний опис параметрів п'єзокераміки з урахуванням орієнтаційних ефектів доменів у п'єзокераміці за рахунок врахування конструктивних і фізичних параметрів біморфних п'єзоелементів, що дозволяє проектувати п'єзоперетворювачі зі збільшеним рівнем вихідного сигналу;

– математична модель функціонування комп'ютерної системи в умовах обмеженого енергозабезпечення, за рахунок врахування енергії, яка генерується п'єзокерамічними перетворювачами, що дозволяє будувати IoT пристрої з подовженим терміном роботи.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення роботи полягає в розширенні науково-технічної бази проектування IoT

пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів. Зокрема, серед отриманих практичних результатів слід виділити наступні.

Отриманий аналітичний опис параметрів п'єзокераміки з урахуванням орієнтаційних ефектів доменів у п'єзокераміки, що дозволяє визначати форми біморфних п'єзоелементів, їх електродів, а також необхідного механічного напруження для збільшення потужності вихідного сигналу.

Розроблені функціональні моделі, що дозволяють розраховувати лінійні розміри п'єзоелементів, а також біморфних та консольних пластин при проектуванні IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів з максимальною тривалістю живлення від енергії п'єзоперетворювача.

Розроблена математична модель функціонування IoT пристроїв в умовах обмеженого енергозабезпечення, що дозволяє визначати можливість та час автономної роботи таких пристроїв.

Отримані результати дозволяють подовжити до 10 % час роботи IoT пристроїв при їх батарейному живленні, проектувати системи аварійної сигналізації з можливістю роботи від енергії, що генерується п'єзоперетворювачем, а також зменшити на 15 % вартість IoT пристроїв.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені в навчальному процесі Чорноморського національного університету імені Петра Могили та Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, а також при розробці IoT Smart Toys стартапу Subomania.

Повнота викладення наукових результатів у фахових виданнях, зроблених висновках та рекомендаціях. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 22 наукових працях, в тому числі у 8 статтях у фахових наукових журналах, рекомендованих МОН України (з яких сім статей проіндексовані у наукометричній базі Index Copernicus), 12 тезах доповідей на наукових конференціях (з яких одна робота проіндексована у наукометричній базі Scopus) та 2 патентах України на корисні моделі.

Основні положення дисертаційної роботи, окремі розділи і наукові результати, отримані в ході дисертаційного дослідження, доповідалися, обговорювалися та були схвалені на 5 Міжнародних та 6 Всеукраїнських наукових конференціях у Харкові, Миколаєві, Вінниці та Черкасах.

Наукові положення дисертації, висновки та рекомендації викладені у публікаціях у повному обсязі. Результати роботи пройшли достатню апробацію.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації, а сам автореферат містить всі необхідні елементи.

Отже повнота відображення матеріалів дисертаційного дослідження та вимоги щодо кількості публікацій та апробацій відповідають вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій.

Зауваження щодо змісту й оформлення роботи.

1. В назві дисертації здобувач зазначає, що дисертаційна робота присвячена побудові енергоефективних IoT пристроїв, не обмежуючи при

цьому підклали вдосконалюваних пристроїв, в той час як в тексті роботи здобувач розглядає лише окремі IoT пристрої (так звані «мобільні»), що піддаються впливу вібрації, яка й фіксується п'єзоперетворювачем. Вважаю, що було б доречно або обмежити предмет дослідження, або навести в дисертаційній роботі відомості про те, як отримані результати впливають на характеристики й інших підкласів IoT пристроїв.

2. У другому розділі роботи дисертант детально розглядає вплив механічної напруги та орієнтаційних ефектів доменів у структурі п'єзоелементу на значення п'єзомодулів (п.2.1 на стор.47-60). Проте майже не зазначає, як саме ці ефекти впливають на вибір форми та розмірів п'єзоелементів та на отримання максимального рівня вихідного сигналу.

3. Деякі, з отриманих в ході досліджень формул, (наприклад: (2.3), (2.13), (2.14) та (2.17)), наведені здобувачем у дисертаційній роботі в їх кінцевому вигляді, при цьому процес їх отримання ні в авторефераті, ні в дисертаційній роботі не наведений, що дещо ускладнює визначення коректності виведення цих формул. Доречно було б процес виведення ключових формул навести у додатках в повному обсязі.

4. При розгляді функціональних моделей у п.2.2 дисертант наводить отримані ним АЧХ (рис. 2.15, стор. 68) та перехідну характеристику (рис.2.16, стор. 69). При цьому зазначає в якості умов вимірювання лише значення опорів та кутів між векторами поляризації п'єзоелемента та напруженості поля між вихідними електродами, не вказуючи при цьому, які саме фізичні параметри (тип п'єзокераміки, форму, лінійні розміри тощо) мали досліджувані п'єзоперетворювачі при отриманні цих характеристик.

5. У третьому розділі при описі роботи розробленого програмного продукту дисертант наводить лише чотири вікна зображень – два для введення і два для виведення інформації (рис.3.10, стор. 95). Для більш ефективної оцінки можливостей розробленого продукту доречно було б навести в тексті роботи всі блоки параметрів п'єзоперетворювачів, що підлягають введенню чи виведенню, або навести, наприклад у додатку, всі вікна введення та виведення інформації.

6. В четвертому розділі дисертант зазначає, що для експериментів було використано 14 типів п'єзоелементів та 4 типи металевих пластин, а також, що усі теоретичні результати отримали підтвердження під час проведення експериментальних досліджень. Проте експериментальні залежності та їх порівняння з теоретично отриманими даними наведено лише на рис. 4.10 – 4.12. Доречно було б навести порівняння теоретичних та експериментальних результатів для всіх основних характеристик та конструкцій перетворювачів, що розглядалися дисертантом.


7. В роботі присутні деякі русизми, орфографічні, граматичні та стилістичні помилки, які не впливають суттєво на загальне сприйняття матеріалу.

Узагальнена оцінка дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації 154 сторінки, робота містить посилання на 152 джерела.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, оформлена з дотриманням прийнятих правил і норм. Ілюстративний матеріал також відповідає пропонованим вимогам і забезпечує необхідну наочність отриманих результатів. Автореферат написаний лаконічно та грамотно, а його зміст відповідає змісту дисертації.


Незважаючи на зазначені вище недоліки, дисертаційна робота в цілому являє собою закінчене наукове дослідження і присвячена вирішенню актуальної та важливої науково-технічної задачі – підвищення енергоефективності IoT пристроїв на базі п'єзокерамічних перетворювачів. Робота відповідає всім вимогам, що пред'являються МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, Корецька Олександра Олегівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – «Комп'ютерні системи та компоненти».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри приладобудування,
мехатроніки та комп'ютеризованих
технологій Черкаського державного
технологічного університету,
к.т.н., доцент


Ю. Ю. Бондаренко

Підпис *Бондаренко Ю.Ю.* засвідчує
Вчений секретар Черкаського державного
технологічного університету;




Н.Ю. Лега