

ВІДГУК**офіційного опонента**

доктора технічних наук, професора кафедри АЕМСЕП
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пересади Сергія Михайловича

на дисертаційну роботу

Пахалюка Богдана Петровича на тему:

«Напівпровідникові перетворювачі з покращеними масогабаритними параметрами для бездротової зарядки на основі імпедансної ланки в резонансному режимі»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження

Бездротові системи передачі та багатокритеріальна оптимізація систем передачі енергії є актуальними науковими темами на даному етапі розвитку технологій. Метою розв'язання цих задач є покращення експлуатаційних характеристик, ефективності перетворювача та якості вихідної електроенергії. Перспективним напрямком розв'язання цих задач є використання нетрадиційних топологій інверторів. В роботі Пахалюка Б. П. розглянуто метод бездротової передачі електроенергії з використанням імпедансної ланки з двома передавальними котушками, які працюють в резонансі. Такий підхід раніше не використовувався. Враховуючи це можна стверджувати що тема дослідження, продемонстрована в роботі Пахалюка Б. П., є актуальною і важливою в сучасних умовах.

Зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана в Національному університеті «Чернігівська політехніка» за пріоритетним напрямком розвитку науки і техніки України «Енергетика та енергоефективність» в рамках науково дослідних тем «Високоєфективна система бездротової зарядки низьковольтних накопичувачів енергії легких електричних транспортних засобів» №0117U007260, «Високоєфективні системи бездротової передачі електричної енергії на основі нових топологій напівпровідникових перетворювачів» №0118U003865, «Забезпечення максимальної ефективності автономних електроенергетичних систем на основі фотоелектричних перетворювачів для спеціальних застосувань» №0123U100975.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Провівши ретельний аналіз викладеного в дисертації матеріалу, можна зробити висновок, що наукові результати, висновки та методи, наведені в

дисертації, є повністю обґрунтованими та достовірними. Структура дисертації є логічною і демонструє системний підхід до аналізу основної теми дослідження та вибору методів. Достовірність отриманих результатів досліджень підтверджується чітко побудованою методологією, яка включає різні методи, такі як теорія кіл, положення фундаментальної теорії резонансних систем, перетворення Лапласа, математичне моделювання та фізичні експерименти.

Достовірність методів, результатів досліджень, висновків і рекомендацій перевірено на великій кількості міжнародних і національних науково-практичних конференцій.

Структура і зміст дисертаційної роботи.

Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам

Структура дисертації складається з наступних частин: Вступ, шість розділів та висновки. Основний текст дисертації викладено на 154 сторінках, а загальний обсяг дисертації становить 233 сторінки.

Перший розділ дисертації присвячено огляду сучасного стану технології бездротової передачі електроенергії. У наступних розділах представлені найважливіші методи передачі електричної енергії з їх перевагами та недоліками. Також надається більш детальний аналіз найважливіших технологій бездротової передачі енергії з основними функціональними принципами та особливостями їх використання. Також наведено порівняльну характеристику сучасного стану ринку малопотужних транспортних засобів та основних експлуатаційних параметрів, що вимагаються від системи бездротової передачі електроенергії.

Другий розділ дисертації присвячений аналізу підходів до реалізації бездротової системи передачі енергії з використанням індуктивного методу передачі енергії та аналізу обмежень цієї технології. Було проаналізовано та порівняно різні рішення інверторів, включаючи рішення з однією та двома котушками передачі та рішення з імпедансним з'єднанням. Також було проаналізовано різні системи компенсації. Проаналізовано обмеження передачі енергії з урахуванням різної ваги та розмірів передавальної та приймальної котушок.

У третьому розділі виконано аналіз бездротового методу передачі енергії, заснований на використанні імпедансної ланки. Були проаналізовані основні стани схеми та розроблена математична модель з використанням методу припасування. Також була проаналізована робота котушок передавача при різних положеннях відносно приймача.

Четвертий розділ присвячений багатопараметричній оптимізації бездротової системи передачі електроенергії з імпедансним зв'язком за допомогою генетичного алгоритму. Наведено обмеження на основні та другорядні параметри оптимізації для отримання системи передачі енергії з покращеними масогабаритними показниками.

У п'ятому розділі представлено двоконтурну систему керування, яка включає можливість компенсації затримок зв'язку, що значно підвищує стійкість роботи регулятора за наявності значних варіацій параметрів моделі та затримки зв'язку.

Шостий розділ присвячений експериментальній перевірці запропонованого рішення з використанням імпедансної ланки на низьких рівнях потужності. Використання імпедансної ланки дозволило підвищити ефективність на 32% порівняно з традиційним рішенням, при цьому використовуючи менше реактивних компонентів і, як наслідок, меншу вагу і габарити.

Дисертація є добре структурованою, послідовною і завершеною роботою, виконаною автором самостійно. Результати досліджень представлені відповідно до встановлених вимог.

Наукова новизна одержаних результатів

Серед наукових здобутків Пахалюка Б. П. на особливу увагу заслуговують такі:

1. Запропоновано запровадження рішення високочастотного інвертора і передавача з використанням імпедансної ланки для бездротових систем індуктивної передачі електроенергії в резонансному режимі, що дозволяє мінімізувати кількість напівпровідникових і реактивних елементів та спростити систему керування.
2. Запропоновано деталізовану модель використання імпедансної ланки в бездротовій системі передачі електроенергії, яка дозволяє розраховувати пасивні компоненти враховуючи номінальну робочу точку.
3. Розроблено і обґрунтовано структуру системи керування, яка враховує значну затримку передачі даних між приймаючою та передавальною сторонами, що в свою чергу підвищує функціональність та надійність пристрою.
4. Розроблено метод оптимізації системи бездротової передачі енергії з імпедансною ланкою з використанням генетичного алгоритму, що дозволяє зменшити масогабаритні параметри.

Практичне значення результатів дослідження

- Для порівняння запропонованого рішення на основі імпедансної ланки в резонансному режимі було розроблено малопотужний прототип і показано, що запропоноване рішення має вищу ефективність і менший розмір реактивних компонентів, ніж існуюче конвенціональне рішення.
- Запропонована система керування може працювати при великих затримках зв'язку, тому робоча частота контролера знижується, що

дозволяє зменшити витрати на розробку та інтеграцію системи зв'язку зі зворотним зв'язком.

- Результати досліджень, отримані в ході виконання проекту, можуть бути використані в навчальному процесі «Технології бездротової передачі енергії» (спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»), при підготовці фахівців освітньо-наукового ступеня «доктор філософії» з ціллю вдосконалення курсу та оновлення лабораторного циклу.

Повнота викладення наукових результатів дисертації в опублікованих працях

В ході проведеного дослідження основними результатами є: 14 наукових праць. До цих праць належать: чотири статті у виданні, індексованому у міжнародній наукометричній базі даних Web of Science, дві статі у наукових фахових виданнях, дев'ять праць апробаційного характеру. Також було отримано 2 патенти в ході проведеного дослідження.

Приведені наукові публікації відповідають вимогам п. 8, 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дотримання норм академічної доброчесності

На основі аналізу наданих матеріалів не було виявлено жодного з фактів порушення академічної доброчесності.

Дисертація відповідає нормам і принципам академічної доброчесності та нормам авторського права, порушень цих норм та академічного плагіату не виявлено. Дисертація містить посилання на релевантні джерела, перелічені у списку використаних джерел, а особистий внесок автора в опубліковану роботу підтверджено у співавторстві.

Висновки та пропозиції, що викликають певні сумніви, зауваження на окремі суперечності та можуть слугувати підґрунтям дискусії під час захисту дисертації

Зауважуючи високий рівень дисертаційного дослідження слід зазначити наступні зауваження та дискусійні положення.

1. Автором дисертації виконано професійний аналіз підходів до реалізації бездротової системи передачі енергії з використанням індуктивного методу передачі енергії та аналізу обмежень цієї технології, який представлено у другому розділі. В той же час у висновках до розділу

просто вказано, що “обране рішення з найкращими показниками”, що не може розглядатися як вдалий висновок. Чи існують критичні обмеження обраного підходу?

2. В роботі розглядається структура двоконтурної системи керування з розділенням у часі процесів у внутрішньому контурі регулювання струму і зовнішньому напруги. Яким воно має бути?
3. Автором використано декілька припущень у вигляді спрощень у моделюванні структури об’єкта керування, які базуються на попередньому досвіді. Наскільки ці припущення є критичними і обґрунтованими?
4. Аналітичний розрахунок параметрів регуляторів струму не проводився, що можливо було зробити використавши одну із відомих апроксимацій ланки чистого запізнення безперервною лінійною ланкою. Це можна було також зробити і для системи з еталонною моделлю.
5. Незважаючи, на заявлений резонансний режим, форми струму в передавальних котушках далекі від синусоїдальних. Чим це може бути пояснено? Особливо у порівнянні з класичними рішеннями.
6. В роботі використана нетипова для систем керування термінологія: стабільність-стійкість, помилка-похибка, висока динаміка-швидкодія, затримка визначається експонентою-ланкою чистого запізнення.

Загальні висновки та оцінка дисертації

Підсумовуючи раніше наведені твердження можна стверджувати що дисертаційна робота на тему «Напівпровідникові перетворювачі з покращеними масогабаритними параметрами для бездротової зарядки на основі імпедансної ланки в резонансному режимі» є детально пропрацьованою, завершеною роботою, яка має наукову новизну і достовірні результати.

Дослідження, яке було проведено в рамках дисертаційної роботи відповідає спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

За змістом, структурою, обсягом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022.

Враховуючи вищезазначене можна зробити висновок, що Пахалюк Богдан Петрович, автор дисертації на тему «Напівпровідникові перетворювачі з покращеними масогабаритними параметрами для бездротової зарядки на основі імпедансної ланки в резонансному режимі» заслуговує на присудження ступеня

доктор філософії за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Опонент:

доктор технічних наук,
професор кафедри АЕМСЕП
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

С.М. Пересада