

Відгук

офіційного опонента, доцента кафедри електронних пристроїв та систем Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" кандидата технічних наук, доцента Бондаренка Олександра Федоровича, на дисертаційну роботу Тительмаєра Костянтина Олександровича «Високоєфективні перетворювачі напруги для портативних фотоелектричних систем», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії

Актуальність теми дисертаційної роботи

Останніми роками відбувається стрімкий розвиток портативної техніки різноманітного призначення. В тому числі дуже інтенсивно розвивається портативна техніка у складі якої в якості первинного джерела енергії використовуються фотоелектричні панелі. Напівпровідникові перетворювачі електричної енергії відіграють ключову роль у забезпеченні високих техніко-економічних показників такої техніки. Від особливостей їх реалізації залежать ефективність перетворення електричної енергії, масо-габаритні показники, вартість і тому подібне. Гнучкі фотоелектричні панелі, які з'явилися зовсім нещодавно, відкривають принципово нові можливості для військових застосувань. Обладнання з такими панелями в тому числі може розміщуватися на одязі чи спорядженні бійців і використовуватися як допоміжне джерело живлення для електричних та електронних пристроїв.

Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки України «Енергетика та енергоефективність». Її підготовлено в Чернігівському національному технологічному університеті в рамках виконання науково-дослідної роботи «Портативні високоєфективні фотоелектричні джерела живлення для військових застосувань» № 0116U004695.

Зважаючи на викладене вище, тема дисертаційної роботи, безумовно, є актуальною.

Оцінка структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Тительмаєра К.О. має такі основні структурні елементи: титульний аркуш; анотація; зміст; перелік умовних позначень; вступ; п'ять розділів; висновки; список використаних джерел; додатки. Загальний обсяг роботи складає 176 сторінок, у тому числі 131 сторінку основного тексту, 47 рисунків, 13 таблиць, список використаних джерел з 195 найменувань і 3 додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі наукового дослідження, викладено наукову новизну і практичне значення результатів досліджень, визначено особистий внесок здобувача, наведено дані

про зв'язок роботи з науковими програмами, апробацію результатів роботи, публікації та впровадження.

У першому розділі проведено огляд основних тенденцій розвитку портативних відновлювальних джерел. Виявлено, що найбільш широкоживаними та економічно вигідними є портативні системи на базі гнучких фотоелектричних перетворювачів. За результатами аналізу наукових публікацій встановлено, що найбільш доцільними з точки зору підвищення ефективності та зменшення масо-габаритних показників портативних фотоелектричних систем є неізолювані топології двонаправлених перетворювачів постійної напруги.

У другому розділі проведено порівняльний аналіз та обґрунтований вибір топології двонаправленого перетворювача постійної напруги малої потужності на основі комплексного показника. Виділено особливості роботи, переваги та недоліки основних типів неізолюваних двонаправлених перетворювачів постійної напруги, з яких виділені дві найбільш перспективні схеми для подальшого дослідження: двофазний DC-DC перетворювач з чергуванням фаз та каскадний перетворювач. Сформульовано критерії для їх порівняння. Порівняльний аналіз показав, що характеристики статичних втрат, об'єм індуктивних компонентів та конденсаторів, що характерні для каскадного перетворювача, є гіршими, ніж для топології з чергуванням фаз у всіх випадках розглянутих співвідношень між V_{in} та V_o . Каскадна топологія виграє лише по критерію сумарної напруги на всіх транзисторах. Відповідно, в подальшому в дисертації розглядалася топологія двонаправленого перетворювача з чергуванням фаз.

У третьому розділі розглянуто особливості реалізації нового, так званого, бездатчикового оптимізатора потужності. Запропоновано три схеми для реалізації гістерезисного елемента і обґрунтовано вибір нижнього та верхнього рівнів порогової напруги, які вибираються відповідно до бажаної ширини і положення смуги гістерезису, максимальної потужності, напруги та струму. Проведено аналіз роботи запропонованого оптимізатора на постійне навантаження. Відзначено, що він може працювати в трьох різних режимах, залежно від співвідношення між параметрами навантаження та фотоелектричної панелі: поза діапазоном, прямий і гістерезисний режими. Встановлено переваги і недоліки запропонованої гістерезисної схеми.

У четвертому розділі досліджено варіанти реалізації системи керування для малопотужного портативного фотоелектричного джерела живлення: – з використанням ПІД-регулятора; – на основі передбачення за моделлю Model Predictive Control. Модель запропонованого двонаправленого перетворювача проаналізовано за допомогою методу усереднення малосигнальної лінеаризованої моделі в просторі станів в безперервному режимі та в режимі граничної провідності. Систему керування двонаправленим перетворювачем

налаштовано за допомогою програми MATLAB SISOtool. Основними критеріями налаштування регуляторів визначено мінімальне перерегулювання і мінімальна статична похибка. Для системи керування на основі передбачення по моделі запропоновано і реалізовано відповідний алгоритм керування з урахуванням обмежених обчислювальних можливостей мікроконтролерів.

У п'ятому розділі на основі теоретичних досліджень, моделювання оптимізатора потужності та двонаправленого двофазного перетворювача з різними системами керування розроблено експериментальні макети та досліджено ККД. Наведено результати експериментальних досліджень – вимірів ККД, теплових фотографій оптимізатора та двофазного перетворювача з чергуванням фаз на основі GaN транзисторів. Максимальний ККД розробленого двонаправленого перетворювача напруги на базі двофазної топології з чергуванням фаз в режимі зарядки акумуляторів від фотоелектричних панелей отримано на рівні 97,6%, а у режимі живлення навантаження від акумуляторної батареї на рівні 96,0%.

У додатках наведено список публікацій здобувача за темою дисертації, акти про використання результатів дисертаційної роботи та проведення польових досліджень лабораторного зразка перетворювача.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше запропоновано обґрунтування доцільного вибору топології напівпровідникового перетворювача з урахуванням комплексу основних показників його якості, який включає в себе статичні втрати, перенапругу на напівпровідникових компонентах і масо-габаритні показники пасивних компонентів, та дозволяє порівняти топології напівпровідникових перетворювачів з однаковими заданими параметрами.

2. Вперше запропоновано аналітичний метод розрахунку оптимального коефіцієнта магнітозчеплення парної кількості індуктивностей для двонаправленого перетворювача напруги з чередуванням фаз, що дозволяє розрахувати магнітозчеплену індуктивність з мінімальними розмірами при заданому коефіцієнті пульсацій струму.

Оцінка обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, обґрунтовані належним чином. Такий висновок можна зробити, зважаючи на змістовний огляд науково-технічної літератури за темою дисертації, використання сучасних методів дослідження, ретельне проведення імітаційного моделювання в MATLAB і PSIM, порівняння отриманих результатів з результатами фізичних експериментів та їх критичний аналіз. Отримані в дисертації результати, висновки та

рекомендації є логічно і математично аргументованими. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату з урахуванням факторів та явищ, які мають місце в реальних перетворювачах електричної енергії для портативних фотоелектричних систем.

Практичне значення отриманих результатів

На основі запропонованих автором рішень розроблено допоміжне фотоелектричне джерело живлення на базі гнучких ФЕП з накопичувачем електроенергії та покращеними ефективністю і масо-габаритними показниками, яке рекомендовано для використання в розробках ТОВ «П'єзосенсор» та ПАТ «ЧеЗаРа».

Також, розроблено та експериментально перевірено високоефективний двонаправлений перетворювач напруги з чергуванням фаз із ефективністю до 96,0% в режимі передачі енергії з підвищенням напруги (розряд акумулятора), і до 97,6% в режимі з пониженням напруги (заряд акумулятора).

Окрім того, розроблено та експериментально перевірено гістерезисний оптимізатор потужності, який забезпечує ефективне слідування за точкою максимуму потужності фотоелектричної панелі в широкому діапазоні навантажень.

Розроблено та перевірено математичні моделі системи керування двонаправленим перетворювачем електроенергії на базі класичних регуляторів і з використанням керування з передбаченням за моделлю.

Основні теоретичні положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі при підготовці фахівців за спеціальністю 172 «Телекомунікація та радіотехніка» кафедрою біомедичних радіоелектронних апаратів та систем Чернігівського національного технологічного університету.

Апробація результатів дисертації

Основні положення і окремі результати роботи доповідалися і обговорювалися на таких конференціях: міжнародній науково-технічній конференції «II International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF-2016)» (м. Харків, 2016); міжнародній науково-технічній конференції «IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)» (м. Київ, 2017); міжнародному симпозиумі «17th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology III"» (Kuressaare, Estonia, 2018).

Оцінка ступеню опублікування наукових результатів

Основний зміст дисертації викладено в 10 публікаціях, з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 3 статті у закордонних періодичних наукових виданнях, 3 публікації в тезах доповідей міжнародних конференцій

та 1 розділ книги. Загалом, 5 публікацій проіндексовано в наукометричній базі даних Web of Sciences і 3 публікації – в наукометричній базі Scopus.

Оцінка мови, стилю, оформлення дисертації

Дисертаційна робота має внутрішню єдність та логіку. Мова і стиль дисертації та автореферату місцями ускладнюють сприйняття матеріалу але в цілому задовільні та відповідають вимогам стандартів оформлення науково-дослідних робіт. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації та об'єктивно відображає основні результати роботи.

Обсяг і структура дисертації відповідають вимогам та рекомендаціям атестаційного органу України.

Зауваження до роботи

1. Формулювання об'єкту і предмету дослідження не відповідають існуючим рекомендаціям, згідно з якими: «Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для дослідження. Предмет дослідження міститься в межах об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження. Саме на нього спрямована основна увага дисертанта, оскільки предмет дослідження визначає тему (назву) дисертаційної роботи» (Бюлетень ВАК України, № 9-10, 2011, Вимоги до оформлення дисертацій та авторефератів дисертацій).

2. На мій погляд, заявлені пункти 3 і 4 наукової новизни не є власне науковими результатами. Формулювання складені таким чином, що їх можна віднести до категорії практичних результатів.

3. П. 3 висновків до розділу 1: «Поява нових типів широкозонних GaN напівпровідникових елементів дозволяє суттєво підвищити робочі частоти перетворювачів, а також значно збільшити їх питому потужність» містить загальновідомі факти і не може представляти як авторський.

4. В оглядовій частині дисертаційної роботи і списку використаних джерел не представлено результати патентного пошуку, що ускладнює цілісне сприйняття поточного стану області техніки, яка досліджується.

5. З тексту підрозділу 4.2 не зрозуміло, чи було враховано під час налаштування ПІД-регулятора обмежену полосу пропускання реальних операційних підсилювачів, на яких будуються аналогові регулятори. Якщо ні, то є необхідним коментар стосовно її впливу на процеси в перетворювачі як замкненій системи.

6. За текстом дисертації та автореферату зустрічаються орфографічні, синтаксичні та стилістичні помилки.

Треба відмітити, що наведені зауваження та недоліки не є принциповими і не впливають на кінцеву оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

За результатами розгляду дисертаційної роботи можна зробити такі висновки.

1. Дисертаційна робота в цілому є самостійно виконаним завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Вона містить нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують важливу науково-практичну задачу підвищення ефективності перетворення електричної енергії від портативних фотоелектричних систем.

2. Дисертація відповідає спеціальності 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії. Основні наукові положення дисертації досить повно та об'єктивно викладені у публікаціях та авторефераті.

3. За своїм змістом і науковим рівнем дисертаційна робота повністю відповідає вимогам, що висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата наук (пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» від 24 липня 2013 р., Постанова Кабінету Міністрів України № 567 зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015 та № 567 від 27.07.2016), а її автор – Тительмаєр Костянтин Олександрович – заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.12 – напівпровідникові перетворювачі електроенергії.

Офіційний опонент, доцент кафедри
електронних пристроїв та систем
КПІ ім. Ігоря Сікорського
кандидат технічних наук, доцент



Лосей до СВР
17.09.2020р.
Мамич