Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003309

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-08-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мартинов Дмитро В'ячеславович
2. Dmytro Martynov

Кваліфікація: 141

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2040-872X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 141

Назва наукової спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Дата захисту: 24-09-2025

Спеціальність за освітою: електронні системи

Місце роботи здобувача: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10249

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 45.37

Тема дисертації:

1. Двонаправлені напівпровідникові перетворювачі для систем накопичення електроенергії з підвищеною якістю вихідної напруги

2. Bidirectional semiconductor converters for energy storage systems with enhanced output voltage quality

Реферат:

1. Дисертація присвячена підвищенню ефективності двонаправлених напівпровідникових перетворювачів для систем накопичення енергії. Актуальність роботи обумовлена розвитком технологій накопичення енергії, зростанням ролі відновлюваних джерел та потребою в оптимізації процесів перетворення. Двонаправлені перетворювачі забезпечують стабільність напруги та енергобаланс у мережах з високою часткою ВДЕ. Ключові завдання при розробці двонаправлених перетворювачів — мінімізація енергетичних втрат, покращення якості електричних параметрів, а також прискорення та здешевлення впровадження нових рішень. У роботі удосконалений принцип побудови двонаправленого перетворювача з використанням топології асиметричного інвертора з магнітозв'язаними дроселями, який, на відміну від існуючих, передбачає введення додаткового дроселя, що дозволяє значно зменшити циркуляційні струми і пов'язані з

ними втрати потужності. Запропонована топологія не потребує пауз між перемиканнями транзисторів, що дає змогу працювати на високій частоті й зберігати якісні вихідні параметри, одночасно зменшуючи масогабаритні характеристики. Розроблено нові аналітичні моделі асиметричного інвертора з магнітозв'язаними дроселями для систем накопичення енергії, що дозволяють ще на етапі проектування врахувати запобігання циркуляційним струмам, на відміну від відомих моделей. Вперше розроблено модель мережевого ШІМ-інвертора як нелінійної імпульсної системи з дискретним керуванням, де замість класичних підходів застосовано частотний критерій стійкості, модифікований Найквіст, для інвертора з LC-фільтром другого порядку. Це дозволяє точно визначити граничні значення коефіцієнти підсилення та відносної частоти перемикання для забезпечення абсолютної стійкості, що суттєво підвищує точність проектування систем керування. Розроблено нове аналітичне співвідношення, що пов'язує глибину модуляції та відносну похибку від модуляційних спотворень із коефіцієнтом гармонік у вихідній напрузі інвертора з LC-фільтром і на відміну від існуючих підходів, які передбачають спектральний розклад ШІМ-сигналу в ряд Фур'є, за умови малих гармонік та ефективного фільтрування, коли відносна похибка практично дорівнює коефіцієнту гармонік, що дозволяє кількісно оцінити спектральні спотворення на основі параметрів ШІМ без розкладу в ряд Фур'є і забезпечити аналітичне обґрунтування критеріїв при проектуванні фільтрів згідно з обмеженням допустимого коефіцієнта гармонічних спотворень. У першому розділі виконано аналіз структур двонаправлених напівпровідникових перетворювачів та їх порівняння за ефективністю, складністю керування й якістю вихідних параметрів. Показано потребу у рішеннях, не обмежених по частоті перемикання через відсутність наскрізних струмів, що дозволяє розширити діапазон регулювання без пауз між перемиканнями. У другому розділі розроблено та досліджено двонаправлений перетворювач з використанням топології асиметричного інвертора, здатного працювати як у режимі DC-DC, так і DC-AC перетворення. Особливістю запропонованої схеми є використання лише двох силових ключів без послідовного з'єднання транзисторів у фазних плечах, що повністю усуває наскрізні струми, циркулюючи струми та знижує втрати на зворотне відновлення завдяки застосуванню зовнішніх швидкодіючих діодів. Побудовано аналітичну модель перетворювача з магнітозв'язаними дроселями, на основі якої запропоновано методику розрахунку параметрів для забезпечення ефективної роботи пристрою в системах накопичення енергії. Встановлено умови, за яких циркуляційні струми у схемі відсутні. Досліджено вплив додаткового дроселя на обмеження циркуляційних струмів, втрати та виведено залежність між напругою й індуктивністю. Також доведено, що перетворювач може працювати в режимі переривчастої провідності незалежно від рівня магнітного зв'язку, що зменшує динамічні втрати й підвищує ефективність на високих частотах. У третьому розділі проведено аналіз впливу параметрів керування та вихідного LC-фільтра на якість напруги, що формується двонаправленим перетворювачем DC-AC в режимі інвертора, зокрема на рівень гармонічних спотворень. Запропоновано аналітичну модель для оцінки коефіцієнта гармонік на основі модуляційної похибки, що спрощує розрахунок фільтра ще на етапі проектування. Інвертор розглянуто як дискретну імпульсну нелінійну систему, для якої розроблено модифікований критерій Найквіста, що дозволяє визначити умови абсолютної стійкості системи керування залежно від коефіцієнта підсилення та частоти перемикання. Встановлено їх граничні значення для збереження стійкості при зміні навантаження. Проведено порівняльний аналіз фільтрації в режимах неперервної та переривчастої провідності для оцінки впливу на спектр спотворень та структуру модуляційних гармонік. У четвертому розділі виконано експериментальну перевірку розроблених схемотехнічних і теоретичних рішень на макеті двонаправленого перетворювача з топологією асиметричного інвертора.

2. This dissertation focuses on enhancing the efficiency of bidirectional semiconductor converters for ESS. The relevance of this research is driven by advancements in energy storage technologies, the growing prominence of renewable energy sources (RES), and the imperative to optimize energy conversion processes. Bidirectional converters are crucial for ensuring voltage stability and power balance in grids with a high penetration of RES. Key challenges in the development of these converters include minimizing energy losses, improving electrical parameter quality, and accelerating cost-effective implementation of new solutions. This work refines the design principle of bidirectional converters by employing an asymmetric inverter topology with magnetically coupled

inductors. Unlike existing designs, this approach introduces an additional inductor, which significantly reduces circulating currents and associated power losses. The proposed topology eliminates the need for dead-time intervals between transistor switching events, enabling high-frequency operation while maintaining high-quality output parameters and reducing the overall size and weight. Novel analytical models for the asymmetric inverter with magnetically coupled inductors in ESS have been developed. These models allow for the prevention of circulating currents during the design phase, a significant improvement over conventional models. Furthermore, a grid-tied PWM inverter is modelled for the first time as a nonlinear pulsed system with discrete control. This model utilizes a modified Nyquist frequency stability criterion for an inverter with a second-order LC filter, deviating from classical approaches. This innovation enables precise determination of the gain and relative switching frequency limits to ensure absolute stability, thereby substantially enhancing the accuracy of control system design. A new analytical relationship is established, linking modulation depth and relative error from modulation distortions to the harmonic content in the output voltage of an LC-filtered inverter. Unlike existing methods that rely on Fourier series decomposition of the PWM signal, this approach, assuming low harmonics and effective filtering (where relative error is practically equal to the harmonic content), allows for the quantitative assessment of spectral distortions based on PWM parameters without Fourier series expansion. This provides an analytical basis for designing filters in accordance with permissible harmonic distortion limits. Chapter 1 analyses bidirectional semiconductor converter structures, comparing efficiency, control complexity, and output parameter quality. It highlights the need for solutions not limited by switching frequency due to shoot-through current absence, expanding control range without dead-time. Chapter 2 details the development and investigation of an asymmetric inverter bidirectional converter, capable of both DC-DC and DC-AC conversion. A key feature is using only two power switches, eliminating shoot-through/circulating currents and reducing reverse recovery losses via external fast-recovery diodes. An analytical model with magnetically coupled inductors forms the basis for parameter calculation for efficient ESS operation. Conditions for absent circulating currents are established. The additional inductor's influence on limiting circulating currents and losses is investigated; voltage/inductance relationships are derived. It's also proven the converter can operate in discontinuous conduction mode regardless of magnetic coupling, reducing dynamic losses and enhancing high-frequency efficiency. Chapter 3 analyses control parameters and output LC-filter impact on DC-AC converter voltage quality in inverter mode, focusing on harmonic distortions. An analytical model for harmonic content based on modulation error simplifies filter calculation. The inverter is treated as a discrete pulsed nonlinear system; a modified Nyquist criterion is developed to determine absolute stability conditions. Limiting values for stability under varying loads are established. A comparative analysis of filtering in continuous/discontinuous conduction modes assesses distortion spectrum impact. Chapter 4 presents experimental validation of the developed circuit and theoretical solutions using an asymmetric inverter topology prototype.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Мартинов Д.В., Руденко Ю.В., Мартинов В.В. Дослідження двонаправленого перетворювача з використанням асиметричного інвертора з магнітозв’язаним двообмотковим дроселем в системах накопичення енергії. Технічна електродинаміка. 2025. №3. С.015.
- Мартинов В.В., Мартинов Д.В. Дослідження електромагнітних процесів в мікроінверторі для фотоелектричних застосувань на основі зворотньоходових джерел струму. Електротехніка і

електромеханіка. 2016. №4 (1). С.52–56.

- Руденко Ю.В., Мартинов Д.В. Розрахунок інвертуючого перетворювача постійної напруги з урахуванням режимів роботи методом усереднення. Праці ІЕД НАН України. 2025. Вип.70. С.058.
- Юрченко О.М., Мартинов Д.В., Мартинов В.В. Дослідження двонапрамного перетворювача постійної напруги для застосування в системах накопичення енергії. Праці ІЕД НАН України. 2025. Вип.65. С.121.
- Yurchenko O., Martynov V., Martynov D. Stability of the Equilibrium Position in Pulse Stabilizers with Pulse Width Modulation. 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2021. P.272–277.
- Novskyi V., Martynov V., Martynov D. Selection of the basic parameters of the grid-tied inverter with PWM in the mode of tracking the reference signal, 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2020. P.323–327.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; економія енергоресурсів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U000393 0122U000534

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Юрченко Олег Миколайович
2. Oleg Yurchenko

Кваліфікація: д.т.н., проф., 05.09.03, 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2107-2308

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Городній Олексій Миколайович

2. Oleksiy Horodnii

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5303-9564

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Чернігівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 05460798

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 95, Чернігів, Чернігівський р-н., 14035, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вербицький Євген Володимирович

2. Yevhen Verbytskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7275-5152

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гуцалюк В'ячеслав Якович

2. V'iacheslav Hutsaliuk

Кваліфікація: к.т.н., с.н.с., 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2496-1338

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чопік Василь Васильович
2. Vasyl Chopyk

Кваліфікація: к.т.н., с.н.с., 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5046-5223

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Шаповал Іван Андрійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Шаповал Іван Андрійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Мартинов Дмитро В'ячеславович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна