Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000448

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ №59-ас/ВС від 21.12.2023

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фесенко Артем Петрович
2. Artem Fesenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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: 23-11-2023

Спеціальність за освітою: Електронні системи

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ4/2023 (ID 2242)

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.29.29

Тема дисертації:

1. Інвертор з широким діапазоном регулювання вхідної напруги та покращеними масогабаритними параметрами
2. Inverter with a wide range of input voltage adjustment and improved mass-size parameters

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого та актуального наукового завдання – оптимізації масогабаритних параметрів перетворювача у складі систем електричного живлення на основі фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), а саме імпульсного інвертора у складі автономних стаціонарних систем живлення шляхом огляду, аналізу, порівняння, розрахунків, обґрунтування вибору та впровадження комплексу науково-практичних технічних і програмних методів та засобів. Частка джерел відновлюваної енергетики в загальносвітовій генерації зростає протягом останніх десятиліть. Системи на основі фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) забезпечують відносно невисокий відсоток навіть серед інших джерел «зеленої» енергетики. Проте саме сонячна генерація демонструє сталий та динамічний ріст протягом останніх десятиліть. Такі системи наділені рядом суттєвих переваг, таких як: можливість розміщення будь-де без прив’язки до географічних умов, відсутність шкідливих викидів в процесі генерації

енергії, відсутність рухомих частин, можливість монтажу на будь-які тверді горизонтальні чи нахилені поверхні, включаючи дахи житлових будинків, можливість роботи як на централізовану електромережу, так і в автономному режимі. Одним із ключових елементів системи сонячної енергетики окрім власне ФЕП є напівпровідниковий перетворювач, що забезпечує перетворення енергії постійного струму в звичний для побутових приладів змінний струм. Особливістю роботи перетворювача з ФЕП в якості джерела напруги є коливання вхідної напруги в широкому діапазоні при зміни зовнішніх умов. Вартість, габаритні розміри, маса, металоємність таких перетворювачів пропорційні їх максимальній потужності. В ході аналізу наявних комерційних рішень було визначено, що висока вартість та значні масогабаритні параметри подібних перетворювачів спричинені значною металоємністю пасивних елементів, стримують більш широке впровадження подібних систем. За результатами порівняльного аналізу та математичного моделювання ряду рішень було обрано як найбільш перспективну комбіновану топологію з високочастотною імпульсною частиною та низькочастотним ланцюжком розгортки. Функціонально запропонована імпульсна частина генерує струм що за формою відповідає модулю синусоїди, а ланцюжок розгортки забезпечує зміну знаку вихідної напруги. При цьому активні компоненти імпульсної частини працюють з високою частотою комутацію в десятки кілогерц, а ключі ланцюжка розгортки комутуються з частотою мережевої напруги. Такий розподіл дозволив оптимізувати параметри транзисторів відповідно до умов роботи в кожній з ланок, виходячи з очікуваного розподілу статичних та динамічних втрат, а також зменшити вартість компонентів ланцюжка розгортки. Було запропоновано замкнену систему керування перетворювачем з трирівневою широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Система керування (СК) реалізує постійний моніторинг струму та напруги ФЕП та вихідного струму перетворювача що дозволяє ефективно підтримувати форму вихідного струму та напруги в широкому діапазоні зміни вхідної напруги. СК формує декілька груп сигналів керування для різних частин перетворювача: високочастотні ШІМ-сигнали з фазовими зсувами для керування паралельними ланками імпульсної частини та низькочастотні сигнали для керування ключами ланцюжка розгортки. Для порівняльного аналізу ефективності обраного підходу з чергуванням фаз та ланцюжком розгортки було розроблено математичну модель втрат в напівпровідникових елементах. Дана модель дозволяє оцінювати статичні та динамічні втрати в транзисторах з врахуванням кількості паралельних модулів, параметрів ключів, потужності перетворювача, вхідної напруги. Виходячи з отриманих за результатами математичного моделювання даних, оптимальним є застосування двох паралельних модулів. За умови застосування трьох модулів ККД та енергія в котушках індуктивності не зазнають суттєвих змін, за умови ускладнення системи керування та збільшення розмірів друкованої плати перетворювача. За результатами аналітичного огляду, математичного та імітаційного моделювання для подальшої практичної реалізації та натурних експериментів було обрано топологію з двома паралельними ланцюжками імпульсної ланки та ланцюжком розгортки. Розроблено та реалізовано експериментальний макет перетворювача потужністю 1 кВт що дозволяє оцінити ефективність запропонованої топології в діапазоні потужності від 160 Вт до 1 кВт. Максимальна експериментально досягнута ефективність в режимі підвищення напруги складає понад 96% при потужності понад 450 Вт, в режимі зниження напруги понад 97% за потужності понад 650 Вт. Експериментально отримані результати повністю підтверджують теоретично очікувані та отримані за результатами математичного моделювання.Розроблена математична модель є універсальним інструментом оцінки ефективності обраного підходу для перетворювачів даного класу та сфери застосування, що відкриває шлях для подальших досліджень та модифікації інверторів з широким діапазоном регулювання вхідної потужності та оптимізованими масогабаритними параметрами.

2. The dissertation is devoted to the solution of an important and relevant scientific task – photovoltaic (PV) converter mass and size parameters optimization. Specifically, the inverter as part of autonomous stationary power supply systems by means of review, analysis, comparison, calculations, justification of the choice and implementation of complex scientific and practical technical and software methods and tools. The expansion of renewable energy sources in a global generation has been growing over the past decades. Systems based on photovoltaic (PV) cells provide a relatively low percentage even among other sources of "green" energy. However, solar generation shows steady and dynamic growth over recent decades. Such systems are endowed with a

number of significant advantages, such as placement possibility without reference to geographical conditions, the absence of harmful emissions in the process of energy generation, such systems don't include any moving parts, installation possibility on any horizontal or inclined surface (including the roofs of residential buildings), the possibility of working both on the centralized power grid and in autonomous mode. One of the key elements of the solar energy system, in addition to the PV, is a semiconductor converter, which provides the conversion of direct current energy into alternating current, which is commonly used for household appliances. A feature of the operation of the converter with PV as a voltage source is the fluctuation of the input voltage in a wide range when external conditions change. The cost, overall dimensions, weight, and metal capacity of such converters are proportional to their maximum power. It was determined that the metal-intensive passive components contribute a large part of the high cost and the bulky size of such converters. Which, in turn, restrains the further expansion of this type of system. The most metal-intensive components of the converter are inductors and radiators. Their size and mass are proportional to the energy flowing or dissipated by these elements. As a result of the analysis, a number of approaches to reducing the mass and size parameters of the inductor coils by reducing the energy per coil were revealed. Inductor current reduction for the DC/DC stage of the converter can be achieved by parallel connection of several DC/DC cells. Such an approach based on current dividing was determined as the most promising. The switch control signals contain phase shifts which provide some time gap between the transistors opening in different cells. The results of comparative analysis and mathematical simulation indicate that the most promising topology includes a high-frequency DC/DC stage and low-frequency unfolding circuit. The proposed DC/DC stage generates a module of sinusoidal waveform and the unfolding circuit only reverses the direction of the output current. At the same time, the switches of the DC/DC stage work with a high switching frequency of 64 kHz, and the keys of the unfolding circuit are switched with the frequency of the mains voltage. Such functional division makes possible optimization of the transistor parameters according to the operating conditions in each converter stage, based on the expected allocation of static and dynamic losses, as well as to reduce the cost of unfolding circuit components. Due to the features of PV cells as a voltage source, the converter control system requires some flexible algorithm to operate with the dynamic illumination changes and partial shading of the PV panel. Modern control systems provide algorithms for monitoring the maximum power point (MPP) of the PV. Such an algorithm makes it possible to optimize the power extraction from the solar panel under the condition of partial shading by load adjusting. A modified algorithm for tracking the global maximum power point (GMPP) was proposed, which allows for increasing the speed of the system up to three times. The speed increase allows for minimizing energy losses during the reconfiguration of the optimal operating point of the system. A three-level pulse-width modulation (PWM) closed-loop converter control system was proposed. The control system (SC) implements constant monitoring of the current and voltage of the PV and the output current of the converter. These parameters monitoring allows to effective maintain the form of the output current and voltage in a wide range of the input voltage changes. The SC generates several groups of control signals for different parts of the converter: high-frequency PWM.

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:

- Fesenko, A.; Matiushkin, O.; Husev, O.; Vinnikov, D.; Strzelecki, R.; Kołodziejek, P. Design and Experimental Validation of a Single-Stage PV String Inverter with Optimal Number of Interleaved Buck-Boost Cells. Energies 2021, 14, 2448.

- Shahsavar T. H.; Rahimpour S.; Kurdkandi N. V.; Fesenko A.; Matiushkin O.; Husev O.; Vinnikov D. Comparative Evaluation of Common-Ground Converters for Dual-Purpose Application. Energies 2023, 16, 2977.
- Stepenko S., Husev O., Vinnikov D., Fesenko A., Matiushkin O. Feasibility Study of Interleaving Approach for Quasi-Z-Source Inverter. Electronics. 2020, 9(2), 277.
- Фесенко, А.П. Огляд масогабаритних та вартісних параметрів комерційних сонячних інверторів / А.П. Фесенко, О.О. Гусев, А.І. Чуб, Д.В. Вінніков, О.О. Матюшкін // Технічні науки та технології. – 2018. – № 4 (14). – С. 183-193
- Фесенко А.П. Порівняльний аналіз інвертора на основі паралельної структури чергування фаз з підсилювальним каскадом і активним ланцюжком згладжування пульсацій вхідної потужності / А.П. Фесенко, О.О. Матюшкін, О.О. Гусев // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2018, № 26 (1302). С. 68–74.
- Fesenko A., Matiushkin O., Husev O., Velihorskyi O., Khandakji K. Feasibility Study of Interleaving Approach for Buck-Boost Inverter with Unfolding Circuit. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). Lviv, 2019. P. 415-419.
- Matiushkin O., Husev O., Roncero-Clemente C., Ivanets S., Fesenko A. Component Design Guidelines for New Single-Stage Buck-Boost Inverter with Unfolding Circuit. 2017 IEEE International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF). P. 40 – 45.
- Matiushkin O., Husev O., Strzelecki R., Ivanets S., Fesenko A. Novel single-stage buck-boost inverter with unfolding circuit. 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). P. 538-543.
- Matiushkin O., Husev O., Fesenko A., Vinnikov D. Global MPPT for Interleaved Buck-Boost DC-DC Converter. 2020 IEEE 61st International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON). Riga, Latvia. 2020.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гусев Олександр Олександрович

2. Oleksandr O. Husev

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бондаренко Олександр Федорович
2. Oleksandr F. Bondarenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чопик Василь Васильович
2. Vasyl Chopyk

Кваліфікація: к. т. н., 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бодунов Вадим Миколайович

2. Vadim M. Bodunov

Кваліфікація: к. т. н., 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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. Городній Олексій Миколайович

2. Oleksiy M. Gorodny

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.09.12

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Денисов Юрій Олександрович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Денисов Юрій Олександрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Лисенко Наталія Володимирівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна