

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Мартинюк Денис Іванович

УДК 621.32

**Підвищення енергоефективності фотоелектричної
енергоустановки шляхом використання гібридного акумулятора
електроенергії**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Коваль Вадим Петрович,
доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук, доцент
Федак Сергій Ігнатович
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "26" лютого 2018 р. о 17 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

Секретар
екзаменаційної комісії № 38

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Сонячна енергетика відноситься до відновлюваних джерел енергії і володіє практично безмежним потенціалом для використання з точки зору витрачених ресурсів. Також це один з екологічно безпечних джерел енергії, який не забруднює навколишнє середовище. Сьогодні галузь сонячної енергетики переживає стрімке зростання, по всьому світу активно досліджуються можливості збільшення ККД сонячних батарей, потужності фотоелектростанцій ростуть, розвиваються суміжні галузі (наприклад, системи зберігання енергії).

Важливим питанням в рамках будь-якої енергетичної галузі є питання ККД. Технічний ККД сонячних батарей безпосередньо залежить від матеріалу, який використовувався при їх створенні. Більше 90% сонячних панелей, які пропонуються сьогодні на ринку, працюють на кремнієвих напівпровідниках, які забезпечують ККД на рівні 15 - 25% [1]. Для порівняння, ККД сонячних панелей на основі перовскита становить 12% [2], а для тонких плівок на основі телуриду кадмію ККД досягає 22% [3]. Втім на практиці істотно впливає правильне позиціонування батарей, засноване на задах, які ви намагаєтеся досягти. Важливими чинниками є рівень інсоляції в регіоні установки, азимут і кут нахилу сонячних батарей, що обумовлює також відстань між панелями з урахуванням взаємного затінення [4].

Розвиток сонячної енергетики на території України додатково стимулюється державою за допомогою «зеленого тарифу», який ставить за обов'язок державі купувати у комерційних і приватних організацій електричну енергію, генеровану із застосуванням відновлювальних джерел (сонячні панелі, вітряки, біопаливо). «Зелений тариф» прописаний в законодавстві до 2030 року, тарифна ставка прив'язана до європейської валюти і буде послідовно знижуватися з 0.2 євро за 1 кВт • год в 2015 році до 0.14 євро за 1 кВт • год у 2030 році.

Таким чином, є необхідність в дослідженні і визначенні оптимальних параметрів для встановлення сонячних електростанцій. Цим і обумовлено тема і напрямок досліджень даної статті. Основним завданням буде визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей для трьох різних областей України (Чернігівській, Вінницькій та АР Крим) в різні сезони року, а також розрахунок кількості виробленої енергії на фотоелектростанції і терміну окупності.

Об'єкт дослідження: процес перетворення та накопичення енергії сонячною фотоелектричною установкою з гібридним накопичувачем енергії на проміжній шині постійного струму.

Предмет дослідження: залежності параметрів і режимів роботи фотоелектричної установки з гібридним накопичувачем енергії від рівнів надходження сонячної енергії та графіків електричного навантаження.

Мета роботи: обґрунтування параметрів і режимів роботи фотоелектричних установок з використанням іоністорів для зниження

експлуатаційних витрат на електропостачання на прикладі фермерських господарств по розведенню риби.

На підставі поставленої мети сформульовані завдання дослідження:

- проаналізувати особливості електропостачання технологічних процесів рибоводів і побудувати добові графіки електричних навантажень в періоди виробничих циклів;

- проаналізувати відомі схеми сонячних фотоелектричних установок і розробити структурно-схемні рішення із застосуванням іоністорів;

- привести аналітичний опис параметрів фотоелектричної установки з гібридним накопичувачем енергії;

- розробити методику розрахунку оптимальних параметрів фотоелектричних установок з гібридним накопичувачем енергії;

- розробити імітаційну модель для отримання характеристик фотоелектричних перетворювачів;

- виконати техніко-економічне обґрунтування застосування фотоелектричних установок для автономного електропостачання рибоводів

Методи досліджень: системний аналіз; теоретичні основи електротехніки і силової електроніки, методи оптимізації; імітаційне моделювання в програмному середовищі Matlab / Simulink; методика планування експерименту. Обробка розрахункових і експериментальних даних виконана з використанням інструментів програми Microsoft Office Excel.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримано аналітичні вирази, що зв'язують основні параметри фотоелектричної установки при застосуванні іоністорів;

- отримано вираз цільової функції вихідної потужності фотоелектричних установок, що містить коефіцієнт оптимальної потужності.

Практичне значення отриманих результатів:

- запропоновано структурно-схемні рішення, що застосовуються при проектуванні і розрахунку автономних та резервних фотоелектричних установок з використанням ємнісного накопичувача.

- розроблена методика інженерного розрахунку оптимальних параметрів сонячної фотоелектричної установки з гібридним накопичувачем енергії.

Апробація результатів роботи. Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. ТНТУ, 2018 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 125 арк. формату А4, графічна частина – 21 аркуш презентації.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, апробацію та впровадження результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і містить результати роботи по аналізу існуючої у світі інформації щодо тематики дипломної роботи. Розглянуто: майбутнє української фотовольтаїки, фундаментальне значення суперконденсаторів, принципи побудови наноструктурованих суперконденсаторів.

В результаті проведеного літературного огляду виявлено, що пропоновані методики розрахунку оптимальних параметрів автономних сонячних фотоелектричних установок (СФЕУ) вимагають подальшого доопрацювання в зв'язку з включенням в систему додаткових накопичувачів енергії (іоністорів).

У **другому розділі «Основна частина»** наведено основні результати дипломної роботи.

В результаті аналізу типів СФЕУ запропонована їх класифікація. Проведено аналіз структурних схем автономної, мережевої та гібридної СФЕУ. Визначено основні їх переваги та недоліки. Для об'єкту електропостачання вибрано автономну.

Виконано аналіз характеристик накопичувачів електроенергії для СФЕУ. Отримані залежності напруги та ємності електрохімічного акумулятора від струму розрядки підкреслюють необхідність використання паралельно із акумуляторами пристрою, який був би джерелом енергії у пікові періоди. Такими пристроями можуть бути іоністори. Для розрахунків побудовано та проведено аналіз графіків електричних навантажень фермерських господарств для вирощування риби.

Запропоновано схему автономної СФЕУ з гібридним накопичувачем електроенергії. Для неї розроблено еквівалентну електричну схему заміщення для якої виведено систему рівнянь, що описує електричні процеси.

Проведено Імітаційне моделювання характеристик сонячних модулів.

Розроблено експериментальну фотоелектричну установку з гібридним накопичувачем. Установка має гібридний накопичувач енергії. Вона складається з пристрою заряду іоністорів, системи балансування їх напруг, силових захисних напівпровідникових діодів і, при цьому пристрій заряду іоністорів має електронно-механічний комутатор із захисним діодом у вхідному колі і пов'язаний з батареєю іоністорів, на вихід яких включений один з силових захисних діодів, а другий діод підключений до електричного вузла, що з'єднує виходи контролера заряду-розряду, акумуляторної батареї і вхід пристрою заряду іоністора, при цьому другий вхід цього пристрою з'єднаний з виходом сонячної батареї, виходи силових захисних діодів і з'єднані зі входом автономного інвертора напруги.

Для перевірки працездатності і ефективності пропонованих технічних рішень виконана серія експериментів. Досліджено спільну роботу АКБ і іоністорів на навантаження.

На основі графіка навантаження фермерського господарства інтенсивного рибництва, за допомогою ресурсу «Photovoltaic Geographical Information System» і кліматичної бази даних «Meteonorm», промодельована добова і річна продуктивність СФЕУ потужністю 2,5 кВт для умов Тернопільської обл.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлена структура САПР, описано використання можливостей MS Excel для проведення розрахунків та представлення їх результатів і аналіз даних за допомогою діаграм.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено розрахунок капітальних витрат, визначення експлуатаційних показників, визначення ефективності інвестицій від впровадження фотоелектричної установки.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано інструктажі з охорони праці, класифікація приміщень за небезпекою електротравм, оцінка впливу вражаючих факторів надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу на об'єкти господарювання.

У шостому розділі «Екологія» наведено джерела забруднення гідросфери, евтрофування водних об'єктів та раціональне використання водних ресурсів, методи очистки стічних вод, водоохоронні зони.

ВИСНОВКИ

1. За даними, отриманими безпосередньо в ході досліджень режимів і рівнів енергоспоживання в рибоводних господарствах, побудовано і проаналізовані добові графіки електричного навантаження в періоди виробничих відтворюючих циклів з наступними характеристиками: коефіцієнт заповнення знаходиться в межах 0,69 ... 0,86; коефіцієнт нерівномірності – 0,63 ... 0,76; максимальний діапазон регулювання навантаження – 3 ... 5,5 кВт; час використання максимального навантаження – 4574 ... 5475 год.

2. Для живлення електроприймачів рибоводних ділянок і господарств з номінальною потужністю навантаження до 5-7 кВт доцільно застосування системи автономного електропостачання на основі сонячної фотоелектричної установки, що забезпечує добове генерування електроенергії до 15 кВт·год.

3. Розроблено структурно-схемні рішення сонячних фотоелектричних установок із застосуванням іоністорів, які можуть працювати як паралельно з централізованою електромережею, так і в автономному режимі для забезпечення резервного і надійного електропостачання електроприймачів.

4. Виконано аналітичний опис співвідношення основних параметрів фотоелектричної установки з гібридним накопичувачем енергії.

5. Розроблено методіку розрахунку енергоефективних параметрів фотоелектричної установки із застосуванням іоністорів. Наведено вираз, що

пов'язує акумуляторні батареї й іоністори в складі гібридного накопичувача енергії. Введено коефіцієнт оптимальної потужності, що виражає залежність оптимальної потужності сонячної батареї від пікової потужності споживача і коефіцієнта використання встановленої потужності згідно з графіком електричного навантаження.

6. Визначено параметри фотоелектричної установки для електропостачання фермерського господарства інтенсивного рибництва: при обсязі виробництва товарної риби 7 т/рік номінальна вихідна потужність установки повинна становити 3 кВт, потужність сонячної батареї – 1,6 ... 1,8 кВт, сумарна ємність акумуляторів напругою 12 В – 650 А·год.

7. У програмному середовищі Matlab / Simulink побудована імітаційна модель, що дозволяє відображати сімейство характеристик сонячних модулів в залежності від рівня інтенсивності сонячного випромінювання і температури. Розбіжність даних результатів моделювання з технічними характеристиками не перевищує 7 %.

8. Розроблена принципова електрична схема для дослідження параметрів і режимів роботи автономної фотоелектричної установки з ємнісним накопичувачем.

9. Проведено експериментальні дослідження зарядно-розрядних характеристик елементів гібридного накопичувача енергії в складі автономної фотоелектричної установки. При використанні тільки акумуляторної батареї при струмі навантаження 9,8 А протягом 2 год. падіння напруги на проміжній шині постійного струму склало 1,9 В. У той же час, при використанні іоністорів спільно з акумуляторами, за рівний проміжок часу падіння напруги склало 0,8 В. Згідно вимірним даним, при використанні блоку іоністорів спільно з акумуляторами, рівень розряду протягом двох діб зменшився на 13,5 %, разом з цим знизилася кількість повних циклів заряд / розряд.

10. В результаті застосування іоністорів забезпечується скорочення експлуатаційних витрат на 30 % за рахунок продовження ресурсу акумуляторної батареї в 1,8 рази.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Мартинюк Д. Гібридні акумулятори електроенергії в фотоелектричних енергоустановках / Мартинюк Д. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 118. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Мартинюк Д. І. Підвищення енергоефективності фотоелектричної енергоустановки шляхом використання гібридного акумулятора електроенергії . – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний

університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У роботі приведено аналітичний опис параметрів фотоелектричної установки з гібридним накопичувачем енергії, розроблено методику розрахунку оптимальних параметрів фотоелектричних установок з гібридним накопичувачем енергії та розроблено імітаційну модель для отримання характеристик фотоелектричних перетворювачів.

Ключові слова сонце, енергоефективність, гібридний накопичувач енергії, фотоелектрична установка.

ANNOTATION

Martyniuk D.I. Increasing the energy efficiency of a photoelectric power plant by using a hybrid electric battery. - **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics . – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the paper an analytical description of the parameters of a photoelectric installation with a hybrid energy storage is given, a method for calculating the optimal parameters of photovoltaic installations with a hybrid energy storage device is developed, and an imitation model for obtaining characteristics of photovoltaic converters has been developed.

Key words: solar, energy efficiency, hybrid energy storage, photoelectric installation.