

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
доц.

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА
” 2025 р.



ВИТЯГ

з протоколу № 9 від 20 лютого 2025 р. розширеного засідання
кафедри відновлюваних джерел енергії
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

– з кафедри відновлюваних джерел енергії:
декан ФЕА, д.т.н., проф. Будько В.І.; член-кор. НАНУ, д.т.н., професор
Кудря С.О.; в.о. завідувача кафедри ВДЕ, д.т.н., професор Остапчук О.В.;
д.т.н., професор Головка В.М.; професор каф. ВДЕ, д.т.н., доцент
Гаєвський О.Ю.; к.т.н., доцент Будько М.О.; к.т.н., доцент Кириленко К.В.;
к.т.н., доцент Бардик Є.І.; к.т.н., доцент Болотний М.П.; докт. філософії,
асист. Бондаренко О.Л.; асистент Вожаков Р.В.

– з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:
– з кафедри електричних мереж і систем:
в.о. зав. каф. ЕМС, к.т.н., доц. Кацадзе Т.Л.
– з кафедри теоретичної електротехніки:
зав. каф. ТЕ, д.т.н., проф. Островерхов М.Я.
– з кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу:
зав.каф. АЕМС ЕП, д.т.н., доц. Ковбаса С.М.

Запрошені з інших організацій:

– з Інституту відновлюваної енергетики НАН України:
д.т.н., с.н.с. Кузнецов М.П.; д.т.н., доц. Суржик Т.В.; к.т.н., доц. Жовмір М.М.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри відновлюваних джерел енергії Іванчука Владислава Юрійовича за матеріалами дисертаційної роботи «Визначення параметрів фотоелектричних батарей в польових умовах», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Освітньо-наукова програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Тему дисертаційної роботи «Визначення параметрів фотоелектричних батарей в польових умовах» затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 4 від "22" листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 4 від "27" січня 2025 року).

Науковим керівником затверджений доктор фізико-математичних наук, доцент Гасвський О.Ю.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.т.н., проф. Будько В.І.; д.т.н., проф. Кудря С.О.; д.т.н., проф. Остапчук О.В.; д.т.н., проф. Головка В.М.; к.т.н., доц. Кириленко К.В.; к.т.н., доц. Бардик Є.І.; д.т.н., доц. Ковбаса С.М.; д.т.н., проф. Островерхов М.Я.; к.т.н., доц. Кацадзе Т.Л.; д.т.н., с.н.с. Кузнецов М.П.; д.т.н., доц. Суржик Т.В.; к.т.н., доц. Жовмір М.М.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

д.т.н., проф. Будько В.І.; д.т.н., проф. Кудря С.О.; д.т.н., проф. Остапчук О.В.; д.т.н., проф. Головка В.М.; к.т.н., доц. Кириленко К.В.; к.т.н., доц. Бардик Є.І.; д.т.н., доц. Ковбаса С.М.; д.т.н., проф. Островерхов М.Я.; к.т.н., доц. Кацадзе Т.Л.; д.т.н., с.н.с. Кузнецов М.П.; д.т.н., доц. Суржик Т.В.; к.т.н., доц. Жовмір М.М.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

На ринку енергії від нетрадиційних та відновлюваних джерел найбільш стрімко зросла за останнє десятиліття частина сонячної електричної енергії,

яка генерується фотоелектричними станціями різного масштабу. Фотоелектричні системи являють собою найбільш прямий спосіб перетворення сонячної енергії в електричну, завдяки використанню властивостей напівпровідникових матеріалів.

Через високі інвестиційні витрати та забезпечення оптимізованого використання сонячної енергії перед встановленням фотоелектричної системи необхідна ретельна оцінка ефективності генеруючих компонентів станцій – фотоелектричних модулів (ФМ). Оскільки початкова вартість системи є досить високою, точне та надійне моделювання фотоелектричних систем перед встановленням є актуальною задачею. Також значна кількість ФМ знаходиться довгий час в експлуатації і потребує оцінки їх стану в польових умовах, тому важливими задачами є визначення основних параметрів ФМ, а також з'ясування їх змін в різних зовнішніх умовах, на яких може ґрунтуватися діагностика ФМ.

В свою чергу, класичні підходи до моделювання фотоелектричних модулів не враховують всіх аспектів зниження ефективності за рахунок резистивних втрат, процесів рекомбінації на різного типу дефектах та багаторівневих пастках, притаманних промисловим ФМ, виготовленим за сучасними технологіями.

Визначення поточного стану та характеристик ФМ, що працюють в складі фотоелектричних станцій, неможливе без достатньо точного вимірювального засобу, що дозволяє проводити експериментальні дослідження ФМ в реальних умовах експлуатації. Такі засоби мають бути оперативними, компактними, побудованими на базі мікрокомп'ютера, з можливістю обробки в реальному часі даних вимірювання.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалися на кафедрі відновлюваних джерел енергії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Наукові та практичні результати роботи використані в Інституті відновлюваної енергетики НАН України при виконанні науково-дослідних робіт з шифром «Комплекс-3» (ДР № 0118U003385) та «Комплекс-Інтегро» (ДР № 0123U100782), а також передані кафедрі відновлюваних джерел енергії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» для використання у навчальному процесі при проведенні лекційних занять, практичних та лабораторних робіт з дисциплін «Фотоенергетика» та «Фотоелектричні станції» (бакалаврський рівень), а також у дипломному проектуванні за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Розроблено нову теоретичну модель для визначення на основі вольт-амперної характеристики параметрів фотоелектричних модулів, що мають змінний характер в широкому діапазоні напруги, яка, на відміну від відомих моделей з фіксованими параметрами, відображає складний фізичний характер формування струму в фотоелектричних елементах.

2. Отримані аналітичні залежності, які дозволяють при визначенні параметрів ФМ розділити вклади електричних втрат та рекомбінаційних процесів у формування ВАХ.

3. Встановлено, що в області прямої напруги нижче точки максимальної потужності ВАХ ФМ, коефіцієнт ідеальності може значно перевищувати 2, що пов'язано з рекомбінацією на мікроструктурних та поверхневих дефектах сучасних промислових ФМ.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

1. Розроблено автономну автоматизовану вимірювальну систему, що дозволяє отримувати в польових умовах якісні ВАХ ФМ одночасно з фіксацією іррадіації та температури модуля, а також визначати в реальному часі параметри ФМ;

2. Розроблено комплексний адаптивний робастний алгоритм фільтрації даних на основі ковзних середніх та двоетапної апроксимації експериментальних ВАХ ФМ, що враховує особливості роботи ФМ у поточних змінних зовнішніх умовах та дозволяє забезпечити необхідну точність для подальших розрахунків та аналізу;

3. Розроблено методику визначення змінних параметрів ФМ на основі експериментальних ВАХ, що базується на отриманих аналітичних залежностях та запропонованій моделі.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи передано для використання у навчальному процесі та наукових дослідженнях кафедри відновлюваних джерел енергії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та до Інституту відновлюваної енергетики НАН України.

5. Апробація результатів дисертації

Положення та результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики» в м. Київ, 2024 р, з опублікуванням двох тез.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Іванчука В.Ю. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 7 наукових публікацій, у тому числі:

– 5 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

в т.ч. 3 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;

в т.ч. 5 статей у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus;

– 2 тези виступів на наукових конференціях;

1. О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук, І.О. Корнієнко та В.В. Бодняк, «Алгоритм і програмне забезпечення для Arduino-системи тестування фотоелектричних модулів», *Відновлювана енергетика*, вип. 1 (64), с. 42-49, Бер 2021, doi: 10.36296/1819-8058.2021.1(64).42-49. (Особистий внесок – розробка програмного забезпечення та алгоритмів роботи для вимірювально-обчислювальної системи).

2. О.Ю. Гаєвський та В.Ю. Іванчук, «Автономна система вимірювання на основі мікрокомп'ютера для тестування фотоелектричних модулів», *Відновлювана енергетика*, вип. 3 (70), с. 54-61, Вер. 2022, doi: 10.36296/1819-8058.2022.3(70).54-61 (Особистий внесок – літературно-патентний пошук за темою дослідження, розробка конструкції та програмних алгоритмів автономної системи для тестування фотоелектричних модулів).

3. О.Ю. Гаєвський, Г.М. Гаєвська та В.Ю. Іванчук, «Резервна фотоелектрична станція в умовах періодичних відключень споживачів від електромережі», *Відновлювана енергетика*, вип. 1 (72), с. 27-36, Квіт 2023, doi: 10.36296/1819-8058.2023.1(72).27-36. (Особистий внесок – літературно-патентний пошук за темою дослідження, розробка методики та програмного забезпечення для розрахунку резервної фотоелектричної системи).

4. О.Ю. Гаєвський, В.Ю. Іванчук та Г.М. Гаєвська, «Аналіз взаємозалежностей параметрів фотоелектричних модулів та їх змінення при різних рівнях сонячної радіації», *Відновлювана енергетика*, вип. 3 (74), с. 59-65, Жов 2023, doi: 10.36296/1819-8058.2023.3(74).59-65. (Особистий внесок –

літературно-патентний пошук за темою дослідження, розробка теоретичної моделі та алгоритму обробки експериментальних даних).

5. О.Ю. Гаєвський та В.Ю. Іванчук, «Моделювання ВАХ фотоелектричного модуля зі змінними фактором ідеальності та зворотним струмом насичення», *Відновлювана енергетика*, вип. 3 (78), с. 54-61, Вер 2024, doi: 10.36296/1819-8058.2024.3(78).54-61. (Особистий внесок – літературно-патентний пошук за темою дослідження, розробка теоретичної моделі та алгоритму для аналізу змінення параметрів фотоелектричних модулів).

6. A. Gaevskii and V. Ivanchuk, “Stand-alone system on Raspberry platform for measuring the parameters of photovoltaic modules in real conditions”, *International scientific and technical journal “Modern problems of electric power engineering and automation”*, pp. 279-281, Jan 2024, available: jour.fea.kpi.ua/article/view/302496. (Особистий внесок – розробка системи для визначення параметрів фотоелектричних модулів).

7. В.Ю. Іванчук та О.Ю. Гаєвський. «Вимірювання характеристик двосторонніх фотоелектричних модулів в різних режимах роботи», *Міжнародний науково-технічний журнал «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики»*, с. 294-296, Січ 2024, доступно: jour.fea.kpi.ua/article/view/302501. (Особистий внесок – експериментальні дослідження двосторонніх фотоелектричних модулів при різних умовах освітленості).

Якість та кількість публікацій відповідають “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.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Іванчука В.Ю. «Визначення параметрів фотоелектричних батарей в польових умовах», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Визначення параметрів фотоелектричних батарей в польових умовах», подану Іванчуком В.Ю. на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

Доктор технічних наук, професор, декан факультету електроенерготехніки та автоматики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Будько Василь Іванович.

Члени:

Рецензенти:

Доктор технічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри відновлюваних джерел енергії факультету електроенерготехніки та автоматики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Остапчук Олександр Володимирович;**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри відновлюваних джерел енергії факультету електроенерготехніки та автоматики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Болотний Микола Петрович.**

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу теоретичної електротехніки та діагностики електротехнічного обладнання № 12 Інституту електродинаміки НАН України, **Зайцев Євген Олександрович;**

Кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник відділу фізики поверхні і нанофотоніки Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, **Соколовський Ігор Олегович.**

Головуючий на засіданні
доктор технічних наук, професор,
в.о. завідувача кафедри
відновлюваних джерел енергії



Олександр ОСТАПЧУК

Вчений секретар кафедри
відновлюваних джерел енергії,
асистент



Роман ВОЖАКОВ