

АНОТАЦІЯ

Кирисов І.Г. Метод кількісного оцінювання якості параметрів сонячної батареї. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка. – Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, 2025.

Об'єктом дослідження є процес кількісного оцінювання якості параметрів структури сприймаючої поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача сонячної батареї.

Предметом дослідження є метод кількісного оцінювання якості параметрів структури сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача сонячної батареї.

Метою дослідження є кількісне оцінювання якості властивостей структури сприймаючої поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача для підвищення точності, стабільності та лінійності вольт-амперної (вольт-ватної) характеристик сонячного елемента, шляхом розробки методу кількісного оцінювання параметрів реальної площі сприймаючої поверхні рельєфу напівпровідникового шару сонячного елемента із застосуванням обчислювального апарату фрактальної геометрії.

Наукова новизна одержаних результатів.

вперше:

- розроблена геометрична модель сприймаючої поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача, в якій розглянуті фізичні процеси, котрі відбуваються, при зміні властивостей зовнішньої та внутрішньої структури сприймаючої фрактальної поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача за наявності локальних неоднорідностей, мікропор і макротріщин, що дозволяє врахувати точність вимірювання електрофізичних параметрів: струму короткого замикання, напруги холостого ходу, величини вихідної потужності та коефіцієнту корисної

дії, шляхом урахування зміни величини площі сприймаючої поверхні на основі використання апарату фрактальної геометрії;

набули подальшого розвитку:

- вдосконалені аналітичні вирази для кількісної оцінки якості параметрів моделі фотоелектричного перетворювача, які на відміну від відомих дозволяють врахувати степеневу залежність реальної площі сприймаючої поверхні, від зміни величини фрактальної розмірності в об'ємній структурі по всій товщині напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача;

удосконалено:

- метод кількісного оцінювання якості параметрів фотоелектричного перетворювача, який на відміну від відомих, дозволив врахувати підвищення точності, стабільності та лінійності вольт-амперної (вольт-ватної) характеристик на основі вимірювання величини фрактальної розмірності, яка характеризує зміну властивостей структури реальної площі сприймаючої поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача, а також призводить до зміни вихідної потужності та коефіцієнту корисної дії.

У вступі наведено загальну характеристику дисертаційного дослідження, його актуальність, відповідність науковим темам, визначено наукову новизну та практичне значення результатів дисертації, а також предмет та об'єкт дослідження, сформульовано мету та задачі наукового дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведено дані про апробацію результатів та публікації.

Перший розділ роботи присвячений аналізу моделей та методів кількісного оцінювання якості параметрів сонячних батарей. Показано, що вплив зовнішніх і внутрішніх факторів викликають ушкоджуючі дефекти на сприймаючій поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача. Проаналізовано найбільш використовувані методи кваліметрії, щодо оцінювання якості параметрів структури поверхні фотоелектричного перетворювача, для визначення їх переваг і недоліків.

Другий розділ присвячений моделюванню процесів, які відбуваються у сприймаючій поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного

перетворювача. Розроблена та запропонована геометрична модель сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача для кількісної оцінки якості параметрів сонячного елемента, на основі застосування апарата фрактальної геометрії. Показано, що в запропонованій геометричній моделі, в результаті впливу ушкоджуючих дефектів, утворюються локальні неоднорідності, мікропори та макротріщини, та поверхня має специфічні фрактальні властивості: інваріантність, масштабованість та самоподібність, що зумовлює обґрунтування вибору ефективного параметра оцінки структурно-фазової зміни та врахування фрактальних властивостей поверхні – величини фрактальної розмірності. Визначено, що у геометричній моделі сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача зміна величини реальної площі пошкодженої поверхні перебуває у ступеневій залежності від зміни величини фрактальної розмірності структури поверхневого шару фотоелектричного перетворювача. Запропоновано, для розрахунків кількісної оцінки якості критеріїв стану сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача ввести обмеження та припущення, щодо геометричних припущень, які призводять до наближених і неточних вольт-амперної та вольт-ватної характеристик у системах, що використовуються для контролю параметрів сонячної батареї. Обґрунтовано, що в якості основи для розрахунків, кількісної оцінки якості критеріїв стану сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача, необхідно використовувати фрактальні властивості структури матеріалу поверхні сонячного елемента та кількісну фрактальну величину – фрактальну розмірність, яка дозволяє визначити ушкоджуючі дефекти на поверхні фотоелектричного перетворювача. Отримано удосконалені аналітичні вирази моделі кількісної оцінки якості параметрів реальної площі сприймаючої поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача, з урахуванням фрактальних припущень геометричних параметрів сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача.

У *третьому розділі* були проведені експериментальні дослідження сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача за допомогою фрактального методу кваліметрії, які підтвердили залежність реальної площі

сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача від отриманих розрахунків величини фрактальної розмірності. Експериментально підтверджено залежності мінімальної потужності, коефіцієнту корисної дії, вхідних та вихідних параметрів сонячного елементу від фрактальної розмірності структури сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача. Підтверджено адекватність одержаних теоретичних досліджень, щодо вдосконалення моделі кількісної оцінки якості сприймаючої поверхні фотоелектричного перетворювача.

Четвертий розділ присвячений практичному впровадженню кваліметричного методу кількісного оцінювання параметрів сонячних батарей при експлуатації сонячної електростанції. Запропонована та впроваджена удосконалена комплексна методика по розрахунку обладнання сонячної електростанції (СЕС) для резервування споживачів власних потреб Харківської ТЕЦ № 5, з використанням автоматизованого робочого місця оператора (АРМо) автоматизованої системи управління (АСУ) сонячної електростанції (СЕС). Запропоновано систему безперервного моніторингу, в режимі реального часу, параметрів сонячної батареї для АРМо АСУ СЕС для виявлення дефектів в структурі сприймаючої поверхні напівпровідникового шару фотоелектричного перетворювача.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень, а також розроблене методичне, математичне, метрологічне-інструментальне та апаратно-програмне забезпечення, знайшли практичну апробацію у випробувальних стендах та науково-дослідних лабораторіях на Харківській сонячної електростанції, а також у навчальному процесі, при проведенні занять, кафедри електротехніки та електроенергетики навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна з дисциплін: «Фотоелектричні станції та засоби накопичення електричної енергії»; «Концепції сталого розвитку та енергетичної безпеки»; «Аналіз і моделювання процесів в електричних системах та об'єктах»; «Системи розподіленої генерації».

Ключові слова: метод кількісного оцінювання якості, кваліметрія,

*кваліметричні методи, оцінка, якість, кількість, вимірювання, поверхня,
інформаційно-вимірювальна система, сонячний елемент*

