

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Півняку Геннадію Григоровичу

**ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА, кандидата технічних наук,
доцента Лисенко Олександри Геннадіївни на дисертаційну роботу
Цигана Павла Сергійовича
«Енергетична ефективність режимів розподільних
мереж фотоелектричних станцій»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 14
«Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

1. Загальна характеристика роботи

Повний обсяг роботи 142 сторінки, у тому числі 140 сторінок основного тексту. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків, список використаних джерел налічує 42 найменування.

До розгляду подано дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії та копії усіх опублікованих автором робіт, які відображають результати та зміст дослідження.

2. Оцінка актуальності теми дисертаційної роботи

Дисертаційну роботу присвячено розв'язуванню актуальної задачі підвищення енергетичної ефективності режимів фотоелектричних станцій шляхом раціонального вибору параметрів обладнання їх розподільних мереж з урахуванням особливостей процесів генерації електричної енергії та показників електромагнітної сумісності мережевих інверторів ФЕС. У дисертаційній роботі на основі отриманих теоретичних і експериментальних досліджень визначено поточний стан та основні проблеми експлуатації фотоелектричних станцій, відповідність параметрів обладнання розподільних мереж діючих ФЕС, режими роботи мережевих перетворювачів ФЕС за показниками їх електромагнітної сумісності, закономірності зміни показників якості електричної енергії в мережах з ФЕС та їх вплив на енергоефективність режимів роботи обладнання розподільних мереж. Також обґрунтовано спосіб

довантаження мережевих інверторів для підвищення їх енергоефективності за показниками електромагнітної сумісності, заходи щодо удосконалення методики й алгоритму вибору раціональних номінальних параметрів силових трансформаторів та ліній електропередачі для ФЕС з урахуванням комплексу факторів впливу та показників режимів їх експлуатації. Актуальність розв'язання поставленої в дисертаційній роботі задачі зумовлена тим, що фотоелектричні станції проєктуються вже з завищеними параметрами електротехнічного устаткування, що веде до більших капітальних витрат та нерационального використання устаткування. Це матиме негативний ефект у вигляді додаткових втрат електричної енергії та електромагнітного збитку, зумовлених впливом показників якості електричної енергії, зокрема – гармонійними складовими, що з'являються в мережах при роботі інверторів ФЕС.

Існуючі методології вибору обладнання фотоелектричних станцій не передбачають та не враховують декілька основних факторів, наприклад, як електромагнітні втрати та їх вплив на обладнання. Тому, задача встановлення та оцінки закономірностей впливу показників якості електричної енергії при роботі фотоелектричних станцій на втрати електричної енергії, а також розробка способів підвищення енергоефективності їх режимів є актуальною та важливою в умовах сьогодення.

3. Оцінка наукових результатів дисертаційної роботи

Проведенні дослідження, які розглядаються в дисертаційній роботі, дозволили встановити характерні спектри та амплітуди гармонічних складових залежно від рівня завантаження перетворювача. Також експериментально встановлено гіперболічну залежність зміни коефіцієнта викривлення синусоїдальності сигналу від рівня завантаження інвертора.

Завдяки реалізації схемотехнічного рішення та розробленому алгоритму довантаження мережевих інверторів розроблено спосіб зниження рівнів електромагнітних завад, що спричиняються перетворювачами фотоелектричних станцій.

У дисертаційній роботі було встановлено закономірності впливу режимів генерації на параметри обладнання електротехнічного комплексу ФЕС. Залежності дозволяють вдосконалити методику вибору номінальної потужності силових трансформаторів та ліній електропередачі ФЕС.

Розроблена методика дозволяє врахувати фактичні параметри режимів роботи обладнання, тип та характеристики фотоелектричних модулів, теплову інерційність індивідуальних елементів системи, вплив інсоляції та електромагнітного середовища. Як результат отримано методологію

визначення раціональної потужності трансформаторів ФЕС, що сприятиме застосуванню адекватних типорозмірів силових трансформаторів, а також враховано фактори впливу на вибір доцільного типорозміру кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену, що сприятиме зниженню капітальних й експлуатаційних витрат у розподільній мережі ФЕС вже на етапі проєктування.

4. Оцінка практичного значення результатів роботи

Отримані автором результати можуть бути використані при виборі силових трансформаторів та ліній електропередачі для фотоелектричних станцій, які проєктуються, а також в рамках освітніх компонент за ОПІ «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» бакалаврського та магістерського рівнів вищої освіти, про що наявні відповідні акти впровадження.

Здобувач був співвиконавцем науково-дослідних робіт:

– «Оцінка електромагнітної сумісності систем електропостачання шахт в умовах потужних нелінійних навантажень та діагностика технічного стану і підвищення ефективності шахтних вентиляторних та підйомних установок» (госпдоговір № 984-ПУ-ШУГК/030101-19 від 02.05.2019р.);

– «Методи та засоби енергоефективного розподілу та споживання електроенергії на основі концепції «Smart grid» (державний реєстраційний номер 0115U002296).

– «Дослідження поточних та аналіз очікуваних параметрів режиму роботи системи електропостачання водовідливної установки за умови її живлення від дизельного генератора: оцінка необхідної структури, параметрів, вимог, умов для ВСП «Шахтоуправління ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»» (2023 р., №072266-23).

– «Визначення електромагнітної сумісності елементів приводу головної вентиляційної установки ВРПД - 4.5 СМ шахти ім. героїв космосу ВСП "Шахтоуправління імені Героїв Космосу" ПрАТ "ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ"» (2023 р., №0722272).

– «Дослідження поточних та аналіз очікуваних параметрів режиму роботи системи електропостачання підйомної установки ЦР6ч3,2/0,5_за умови її живлення від дизельного генератора через підвищуючий трансформатор: оцінка необхідної структури, параметрів, вимог, умов та обмежень і технічних рішень в системі електропостачання щодо забезпечення стабільної роботи установки для ВСП ШУ «Тернівське» шахта Західно-Донбаська» (2023 р., №0722281).

– «Дослідницькі послуги щодо вимірювання показників якості електричної енергії для об'єкта системи електропостачання» (2023 р., №0722283)

Запропоновані у роботі рішення у вигляді удосконаленої методики вибору потужності силових трансформаторів та ліній електропередачі в розподільних мережах ФЕС з урахуванням алгоритму застосування уточнюючих коефіцієнтів впроваджено у ТОВ «ЕДС-Проект».

Результати проведених досліджень застосовуються у навчальному процесі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» на кафедрі електроенергетики Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» в рамках дисциплін «Моделювання об'єктів електроенергетики», «Сонячна енергетика», «Інтелектуальне електропостачання SmartGrid в системах розподіленої генерації» при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані результатами проведених експериментів в релевантних умовах для трьох мережевих фотоелектричних станцій та із використанням обладнання лабораторій Децентралізованих систем електрозабезпечення та діагностики електромобілів й Електромагнітної сумісності та діагностики систем електропостачання ЦККНО «Інноваційна геоенергетика» НТУ «Дніпровська політехніка».

Нові наукові результати та положення повністю відображені у 19 друкованих працях, з них 9 – статті у фахових виданнях (у тому числі 1 – у виданнях, які включено до наукометричної бази Scopus, 2 – до наукометричної бази Index Copernicus), 9 – матеріали наукових конференцій.

Результати роботи достатньо висвітлено та апробовано на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Кількість публікацій, їх повнота та обсяг у достатній мірі відображають особистий внесок автора і відповідають вимогам, що висуваються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

6. Оцінка змісту й оформлення дисертації

Дисертаційна робота написана українською мовою. У роботі використаний науковий стиль та загальноприйнята термінологія. Робота

виконана в чіткій логічній послідовності відповідно до поставлених мети та задач досліджень.

У дисертаційній роботі вирішено актуальне питання підвищення енергоефективності режимів фотоелектричних станцій шляхом встановлення закономірностей впливу вищих гармонік струму, викликаних нестационарними режимами роботи мережевих інверторів з урахуванням специфічного характеру графіків генерації, на режими роботи та ефективність вибору обладнання розподільної мережі, що дозволяє забезпечити раціональні параметри електротехнічного комплексу, зниження втрат електроенергії та електромагнітного збитку.

Постановка науково-прикладної задачі, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота, є коректною. В роботі розглянуто окремі складові задачі, а саме: оцінка відповідності параметрів обладнання розподільних мереж діючих ФЕС, аналіз режимів роботи мережевих перетворювачів, визначення показників електромагнітної сумісності та обґрунтування способу довантаження мережевих інверторів з удосконаленням методики й алгоритму вибору раціональних номінальних параметрів елементів розподільних мереж.

У першому розділі «Проблеми та особливості режимів розподільних мереж ФЕС» розглянуто основні проблеми роботи систем генерації в Україні та тенденції щодо розвитку відновлюваної енергетики за прогнозами. Проаналізовано реальні режими роботи потужних мережевих фотоелектричних станцій та визначено проблематику нестационарності і різкозмінності характерних режимів генерації електричної енергії. Автором визначено фактори, які для умов ФЕС суттєво впливають на режим завантаження обладнання розподільної мережі та не враховуються при виборі параметрів основного електрообладнання.

У другому розділі «Електромагнітна сумісність режимів роботи ФЕС» здобувач провів експерименти, згідно з якими визначив конкретні залежності спектрів та рівнів вищих гармонік струму, які виникають при роботі мережевих інверторів залежно від їх рівня завантаження. Отримано універсальну залежність коефіцієнту викривлення синусоїдальності кривої струму THD_1 при роботі інвертора в нестационарних режимах та запропоновано спосіб покращення електромагнітної сумісності інверторного обладнання шляхом реалізації схемотехніки та алгоритму їх довантаження в процесі роботи.

У третьому розділі «Підвищення енергоефективності електротехнічного комплексу ФЕС» на основі реальних режимів роботи ФЕС обґрунтовано значущі фактори та поправочні коефіцієнти на навантажувальну здатність трансформаторного обладнання й ліній електропередачі, у тому числі з урахуванням електромагнітної обстановки, що дозволило запропонувати нові

ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», є завершеним науковим дослідженням, яке розв'язує актуальну задачу, що полягає у встановленні закономірностей впливу вищих гармонік струму, викликаних нестационарними режимами роботи мережевих інверторів з урахуванням специфічного характеру графіків генерації, на режими роботи та ефективність вибору обладнання розподільної мережі ФЕС, що дозволяє забезпечити раціональні параметри їх електротехнічного комплексу, зниження втрат електроенергії та електромагнітного збитку та забезпечує підвищення енергоефективності режимів. Проведені попередньо дослідження для електротехнічних комплексів промислових підприємств та міст, згідно наведених публікацій автора, дозволили застосувати розроблені принципи та отримати нові закономірності для розподільних мереж фотоелектричних станцій.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені наказом МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «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.

Здобувач Циган Павло Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електропривода
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»


Олександра ЛИСЕНКО


Підпис _____
зав. кафедрою _____ ДП
« _____ » _____ р.