

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Владислав АНДРІЙЧУК**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	
1.1 Загальна характеристика розвитку ринку альтернативної енергетики України.....	8
1.2 Аналіз ринку сонячної енергетики в Україні.....	10
1.3 Ціни на ринку СЕС.....	14
1.4 Оператори на ринку.....	15
1.5 Державне регулювання ринку.....	16
1.6 Сонячна інсоляція в Україні.....	17
1.7 Потенціал сонячної енергетики в Україні.....	18
1.8 Аналіз досліджень.....	19
1.9 Постановка задачі.....	22
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ РОБОТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ЕНЕРГОСИСТЕМОЮ	
2.1 Аналіз та дослідження електромагнітних перехідних процесів при паралельній роботі сонячної електростанції з енергосистемою.....	23
2.2 Вплив інверторів СЕС на показники якості електричної енергії в енергосистемі.....	31
2.2.1. Аналіз особливостей існуючих контролерів інверторів СЕС.....	32
2.2.2 Особливості пропорційно-інтегрального контролера інверторів СЕС.....	34
2.2.3 Особливості пропорційно-резонансного контролера інвертора СЕС.....	36
2.2.4 Особливості прогнозуючого (DB) контролера інвертора СЕС.....	38
2.3 Вибір програмного забезпечення для імітаційного моделювання.....	40
2.4 Моделювання режимів роботи.....	41
2.5 Теоретичні відомості про трифазних АІН.....	42

2.5.1 Реалізація силового ключа.....	48
2.5.2 Регулювання вихідної напруги АІН.....	50
2.5.3 Опис режимів роботи інвертора.....	52
2.6 Імітаційне моделювання роботи СЕС в різних режимах електроживлення на базі трифазного інвертора.....	54
2.6.1 Опис моделі інвертора при роботі у веденому та ведучому режимі	54
2.6.2 Моделювання мережі.....	55
2.6.3 Моделювання акумуляторної батареї.....	61
2.6.4 Моделювання трифазного інвертора.....	62
2.6.5 Моделювання блоку керування інвертором.....	65
2.6.6 Перетворення для створення контурів напруги і струму.....	70
2.6.7 Моделювання навантаження.....	72
2.7 Моделювання підстанції.....	74
2.7.1 Моделювання ланцюгів споживачів.....	74
2.7.2 Розрахунок силового активного фільтру.....	79
2.7.3 Система управління.....	79
2.7.4 Розрахунок конденсатора.....	86
2.8 Результати моделювання.....	88
2.8.1 Підтримка напруги в режимі веденого.....	88
2.8.2 Підтримка напруги в режимі ведучого.....	90
2.8.3 Підтримка напруги з переходом з режиму ведучого в режим веденого.....	92
2.8.4 Результати моделювання і порівняльний аналіз технічних засобів по покращенню якості електроенергії.....	95
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	
ВИСНОВКИ	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104

ВСТУП

Сонячна енергетика - одна з найперспективніших галузей відновлюваної енергії. Про це свідчать високі темпи її розвитку як в Україні, так і у світі.

В сучасних електричних мережах є проблеми з підвищеною втратою електроенергії за рахунок використання напівпровідникових приладів, які в свою чергу викликають появлення вищих гармонік. У розвитку науки і техніки, створені новітніх технологій, підвищення енергетичної безпеки України, суттєва роль тут належить надійної та якісної поставки електричної енергії (ЕЕ) споживачам.

Актуальність роботи. В даний час зростає вплив відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) на розвиток електроенергетики. Застосування фотоелектричних модулів (ФЕМ) в процесі перетворення сонячної енергії в електричну відкриває новий етап у розвитку сонячних електростанцій (СЕС).

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота відповідає науковим напрямам роботи кафедри електротехніки, електромеханіки і електротехнологій Закладу вищої освіти "Подільський державний університет".

Мета і завдання роботи.

Метою роботи є розробка моделей режимів роботи сонячної електростанції (СЕС), дослідження режимів роботи СЕС в децентралізованих мережах електропостачання та дослідження впливу СЕС на роботу електроенергетичних систем, тому слід вирішити наступні завдання:

- Створити комп'ютерну модель СЕС в MatLab спільно з Simulink для дослідження режимів роботи мережі.
- Дослідити аналіз впливу СЕС на показники якості електроенергії та надійність функціонування системи.

Об'єкт дослідження – електромагнітні процеси в електрообладнанні сонячної електростанції.

Предмет дослідження – визначення параметрів режимів роботи

обладнання сонячної електростанції.

Методи дослідження – обробка результатів експериментальних досліджень виконана на ЕОМ. Імітаційне моделювання виконувалось у середовищі MatLab.

Наукова новизна та основні положення, які виносяться на захист

В роботі було створено різні режими роботи сонячних електростанцій. Наукова новизна полягає в покращенні показників якості електроенергії застосовуючи сонячну електростанцію як активний фільтр, тому для покращення показників якості електроенергії в мережі було розроблено модель блоку керування інвертора з фільтром від гармонійних складових. Результати моделі позитивні.

Практична цінність роботи. Набуті результати у ході моделювання дозволяють розширити межі знань науковців та дізнатись більше про роботу сонячних електростанцій у різних режимах.

Отримані результати можна використати при дослідженні реального устаткування та при його створенні.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети та завдань дослідження виконано спільно з науковим керівником. Основні наукові положення, теоретичні та експериментальні дослідження отримані здобувачем самостійно.

Публікація: Владислав АНДРІЙЧУК / Аналіз та дослідження електромагнітних перехідних процесів при паралельній роботі сонячної електростанції з енергосистемою // III Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2023 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2023.

ВИСНОВКИ

В ході виконаних експериментів було встановлено, що якщо СЕС працюватиме в автономному режимі створена модель показує, що при всіх режимах роботи інвертора на навантаженні спостерігається стабільна напруга. При зміні інвертором режиму роботи ніяких перепадів не спостерігалось. Були реалізовані режими роботи: підтримання напруги на навантаженні в режимі веденого, підтримання напруги на навантаженні в режимі ведучого.

При роботі СЕС з мережею норми якості електричної енергії не порушуються, а при перехідних режимах роботи ЕС порушуються по параметру коефіцієнту гармонійних складових напруги.

Послідовне або з невеликою різницею в часі неузгоджене між собою ввімкнення та вимкнення СЕС та потужних споживачів, призводить до зростання кількості та амплітуд гармонік в напрузі фаз ЕС та до затяжних перехідних процесів.

Гармонійні складові в напрузі ЕС негативно впливають на технічний стан високовольтного обладнання ЛЕС (особливо такою, яке відпрацювало паспортний ресурс), та можуть призвести до його пошкодження.

Тому для покращення показників якості електроенергії в мережі було розроблено модель блоку керування інвертора з фільтром від гармонійних складових. Результати моделі позитивні.

В економічному розділі було обґрунтовано економічну оцінку наслідків низької якості електричної енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок : [арх. 15 березня 2020] / Міненерговугілля України. — Київ : [б. в.], 2017. — 617 с.
2. ДСТУ 3569-97 Енергозбереження нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення (ГОСТ 30514-97). Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25862. — Назва з екрана.
3. Волох П.В., Цоколенко М.П., Ревенко Л.В., Грічаненко В.А. та ін. Довідникова книга з електроенергетики : Навчальний посібник – К.: Аграрна освіта, 2014. – 506 с.
4. ДНАОП 0.00-1-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 117 с.
5. Проектування електропостачання та електрообладнання машин і установок геотехнічних виробництв: Навчальний посібник для курсового та дипломного проектування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Уклад.: І. С. Рябенко, О. В. Мейта. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 244 с.
6. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.
7. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
8. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. - 984с.
9. Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38 – 150 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних втрат електроенергії. (ГНД 34. 09. 104 – 2003). – К. : Міністерство палива та енергетики України, 2004. – 115 с.

10. Бурбело М. Й. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах : монографія / М. Й. Бурбело, Л. М. Мельничук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с.
11. Сиворакша В.Ю., Марков В.Л., Петров Б.Є. та інш. Теплові розрахунки геліосистем. – Дніпропетровськ: Вид-во ДГУ, 2003. – 132 с.
12. Б.Х Драганов, В.В.Іщенко, О.В.Шеліманова. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем. К.:Аграрна освіта. 2009.-230 с
13. Енергозбереження. Посібник для загальноосвітньої школи, Львів: Праховник А.В., Мельникова О.В., Конеченков А.Є., Іншеков Є.М., Дешко В.І. / Політра Друку, 2003, - 92 с.
14. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання: Підручник / І. В. Жежеленко, А. К. Шидловський, Г. Г. Півняк, Ю. Л. Саєнко.- Д, Нац. гірнич. ун-т, 2009.-319 с.
15. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання: аналіт. доп. / О. М. Суходоля. – Київ : НІСД, 2022. – 36 с.
16. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.
17. ДСТV 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kubg.edu.ua/images/stories/podii/2017/06_21_posylannia/dstu_8302.pdf. – Назва з екрана.
18. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки Структура і правила оформлення ДСТУ 3008-2015. Режим доступу: https://science.kname.edu.ua/images/dok/derzhstandart_3008_2015.pdf. – Назва з екрана.
19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці:Підручник.-Л.:Афіша,2002.-320 с.
20. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.
21. Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.

22. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.

23. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>. – Назва з екрана.