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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ПРОЕКТ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОТУЖНІСТЮ 8 МВТ ТА ПРИЄДНАННЯ ЇЇ ДО РАЙОННОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ 110 КВ»

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

ДЯЧУК Анатолій Іванович

Керівник канд.техн.наук, професор
МИХАЙЛОВА Людмила Миколаївна

Оцінка захисту:
Національна шкала _____
Кількість балів_____Шкала ECTS _____
«___» _____ 2026 р.

Допускається до захисту:
«___» _____ 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
канд. техн. наук, доцент **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП 7

1 РОЗВИТОК СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЇЇ РОЛЬ У СУЧАСНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ 8

1.1 Стан, проблеми та перспективи розвитку сонячної енергетики 8

1.2 Аналіз розвитку сонячної енергетики в світі 10

1.3 Аналіз розвитку сонячної енергетики в Україні 18

Висновки до розділу 1 26

2 ПРОЕК СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА 8 МВТ 27

2.1 Загальні відомості 27

2.2 Структури сонячної електростанції 28

2.3 Вибір і розрахунок кількості фотоелектричних панелей 31

2.4 Вибір інверторів для СЕС 38

2.5 Вибір акумуляторних батарей 41

2.6 Вибір трансформаторів для СЕС 43

Висновки по розділу 2 44

3 ПРИЄДНАННЯ ЗПРОЕКТОВАНОЇ СЕС ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ 110 КВ 45

3.1 Аналіз електричної мережі 110 кВ 45

3.2 Аналіз та вибір схеми приєднання СЕС до мережі 110 кВ 46

3.3 Аналіз режимів роботи електричної мережі 110 кВ з СЕС 53

3.4 Визначення параметрів сталих режимів роботи електричної мережі 110 кВ з СЕС 56

Висновки до розділу 3 59

Стор.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ 60
4.1 Попередня оцінка економічної ефективності сонячної електростанції 60
4.2 Прибуток інвестора від реалізації електроенергії, виробленої СЕС 64
Висновки по розділу 4 68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 69
5.1 Загальні питання охорони праці 69
5.2 Електробезпека під час експлуатації електроустановок 70
5.3 Електробезпека при обслуговуванні СЕС 74
Висновки по розділу 5 80
ВИСНОВКИ 81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 83
ДОДАТКИ 86

ВСТУП

Стрімке впровадження відновлюваних джерел енергії сьогодні є однією з ключових тенденцій розвитку світового енергетичного сектору, без якої неможливо уявити подальший сталий розвиток людства. Серед усіх видів ВДЕ особливо динамічно розвивається сонячна енергетика, частка якої у світовому балансі виробництва електроенергії постійно збільшується. За прогнозами Міжнародної енергетичної агенції (МЕА), до 2040 року обсяги генерації електроенергії сонячними електростанціями мають зрости майже у дев’ять разів, що дозволить забезпечити близько 6,2 % світового виробництва електроенергії.

Досягнення таких показників можливе за умови значного нарощування темпів введення нових сонячних потужностей — орієнтовно до 270 ГВт щороку до 2030 року та до 372 ГВт щорічно до 2050 року. Це свідчить про необхідність постійного збільшення кількості та встановленої потужності сонячних електростанцій. У зв’язку з цим особливої актуальності набувають питання якісного проектування СЕС із використанням сучасних технологій перетворення сонячної енергії, високоефективного енергетичного обладнання та врахуванням перспектив подальшого розвитку галузі. Такий підхід забезпечує підвищення ефективності роботи електростанцій і їх конкурентоспроможності на енергетичному ринку.

Таким чином, з огляду на сучасний стан та перспективи розвитку енергетичної системи України, тема проектування сонячних електростанцій, якій присвячено даний дипломний проєкт, є актуальною, своєчасною та має важливе значення для подальшого розвитку вітчизняної енергетики.

ВИСНОВКИ

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто особливості використання сонячних електростанцій в енергосистемах України та світу, проаналізовано сучасні тенденції розвитку геліоенергетики, а також визначено її основні переваги та недоліки з точки зору впливу на функціонування електроенергетичних систем різних країн. На основі проведеного аналізу встановлено загальні напрями та перспективи подальшого розвитку сонячної енергетики як в Україні, так і на міжнародному рівні.

У другому розділі виконано проєктування промислової сонячної електростанції потужністю 8 МВт. На основі аналізу графіка електричного навантаження споживачів та умов подальшої експлуатації обґрунтовано структуру СЕС. Відповідно до прийнятої структури здійснено вибір основного обладнання, зокрема сонячних панелей, інверторів, акумулюючих систем та силових трансформаторів, необхідних для приєднання електростанції до електричної мережі 110 кВ та передачі виробленої електроенергії до енергосистеми.

У третьому розділі розглянуто питання розвитку електричної мережі 110 кВ при приєднанні спроєктованої сонячної електростанції. Виконано дослідження параметрів усталених режимів роботи електричної мережі. Аналіз отриманих результатів показав, що підключення СЕС позитивно впливає на режимні характеристики мережі та сприяє підвищенню її ефективності та надійності.

У четвертому розділі визначено основні техніко-економічні показники системи електропостачання з використанням СЕС. Проведені розрахунки підтвердили високий рівень економічної ефективності спроєктованої електростанції та доцільність її реалізації.

У п’ятому розділі розглянуто питання охорони праці та охорони навколишнього середовища на спроєктованій сонячній електростанції, а також визначено основні заходи щодо забезпечення безпечних умов експлуатації об’єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Бутенко В.М., Байдала В.В., Козирська Т.О. Фактори розвитку сонячної електроенергетики в Україні / Інвестиції: практика та досвід. – 2019. – № 17. – С. 5-11.

2 Гелетуха Г.Г. Аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлювальних джерел енергії [Електронний ресурс] / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Желєзна, А.К. Праховнік // Аналітична записка БАУ. – 2015. – № 13. – С. 28.

3 Атлас енергетичного потенціалу відновлених та нетрадиційних джерел енергії. – К.: Изд. Института возобновляемой энергетики НАН Украины, 2005. – 44 с.

4 Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах / Кириленко О. В., Павловський В. В., Лук'яненко Л. М. // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 46–51.

5 Стрєлкова Г. Г. «Виробництво електроенергії сонячними електростанціями: світові тенденції і стан в Україні» // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». DOI: 10.20535/1813-5420.2.2015.60573. https://energy.kpi.ua/article/view/60573/56325.

6 Денисюк С. П.«Енергетичний перехід – вимоги якісних змін у розвитку енергетики» // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». DOI: 10.20535/1813-5420.1.2019.182171. https://energy.kpi.ua/article/view/182171/182066

7 Довгалюк О.М., Безкостний П.І. Дослідження особливостей впровадження сонячних електростанцій в Україні та їх впливу на роботу електроенергетичних систем // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. – 2018. – № 10 (1286). – С. 24-31.

8 Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2017.— 736 с.

9 Методичні рекомендації з підготовки дипломних проектів освітнього ступеня «Бакалавр» / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, О.В.Ткач та ін. (За загальною редакцією Михайлової Л.М., Гарасимчука І.Д.) – ПДАТУ, 2019. – 38 с.

10 Бацала Я.В., Гладь І.В., Николин У.М. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції / Я.В. Бацала, І.В. Гладь, У.М. Николин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2013. - № 4(49). – С. 81-90.

11 Кузьміна М. М. Форми інвестування у відновлювану енергетику / Економіка та право. – 2017. – № 2. – С. 112-121.

12 Волошин О.Л. Механізми державного регулювання розвитку альтернативної енергетики в Україні : дис. канд. наук з державного управління. – Київ, 2015. – 194 с.

13 Білоцький С.Д. Міжнародно-правові засади та інституційні механізми регулювання відносин у сфері екологічно орієнтованої енергетики: монографія. – Одеса: Фенікс, 2015. – 546 с.

14 Матях С.В., Суржик Т.В., Рєзцов В.Ф. Визначення ефективності впровадження систем сонячного гарячого водопостачання / Відновлювана енергетика. – 2020. – № 1 – С. 34-42.

15 Хазан П.В. Аналіз витрат в галузі генерації електроенергії сонячними електростанціями // Система державної статистики в Україні: сучасний стан, проблеми, перспективи: мат. XIV Міжнар. конф. (м. Київ, 2 грудня 2016 р.). Київ: ДП «Інформ.-аналіт. агентство», 2016. С. 169–171.

16 Хазан П.В. Інтегральний показник для оцінювання розвитку відновлюваних джерел енергії // Проблеми економіки. 2018. № 3 (37). С. 253–259.

17 Шульженко С.В. Особливості розрахунку вартісних показників у задачах прогнозування розвитку електроенергетичних систем за ринкових умов їх функціонування / С.В. Шульженко // Проблеми загальної енергетики. – 2008. – Вип. 1(18). – С. 16–20.

18 Дзядикевич Ю.В., Буряк М.В., Любезна І.В. Розвиток сонячної енергетики в Україні / Інноваційна економіка. – 2018. – № 1-2. – С. 120-125.

19 Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. 340 с.

20 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT): ДСТУ EN 50160:2014. Чинний від 01.10.2014. - К.: Мінекономрозвитку України 2014. - 27 с.

21 Методика визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Енергосистеми й електричні мережі. ГКД-340.000.002-97.

22 Закон України "Про охорону праці", Введений в дію Постановою ВР України № 2695-XII від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669 (Із змінами, внесеними згідно із Законами). 27.03.2014, № 6, ст.40 № 76-VIII від 28.12.2014, ВВР, 2015, № 14, ст.96 № 124-VIII від 15.01.2015, ВВР, 2015, № 52, ст.482 № 766-VIII від 10.11.2015.