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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ РОБОТИ В ОБ'ЄДНАНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ

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

Керівник: канд. техн. наук, доцент
_____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 р.
Гарант освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» кандидат технічних наук, доцент

_____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 4
ВСТУП 5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ 6
1.1. Огляд сонячних електричних станцій 6
1.2 Вихідні дані для проєктування та аналіз об'єкта енергозабезпечення 9
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ 12
2.1 Визначення параметрів трансформаторів 12
2.2 Визначення власних потреб сонячної електростанції 25
2.3 Узагальнені висновки до розділу 2 27
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ 28
3.1 Розрахунок струмів короткого замикання 0,4 кВ на СЕС 28
3.2 Організація обліку виробленої електроенергії та система передавання даних АСКОЕ 34
3.3 Комплект релейного захисту та автоматики приєднань 40
3.4 Паралельна робота сонячної електростанції з енергетичною мережею 43
3.5 Узагальнені висновки до розділу 3 45
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ 46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 51
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку світового енергетичного сектору спостерігається фундаментальна трансформація, зумовлена необхідністю переходу до сталого розвитку та мінімізації антропогенного впливу на клімат. В умовах глобальної енергетичної кризи та зобов'язань України в межах Європейського зеленого курсу, розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) набуває особливого значення. Серед усіх видів генерації сонячна енергетика демонструє найбільш динамічні темпи зростання завдяки технологічному вдосконаленню фотоелектричних перетворювачів, зниженню їх вартості та високій адаптивності до різних умов експлуатації.

Для України питання інтеграції сонячних електричних станцій (СЕС) в Об'єднану енергосистему (ОЕС) є критично важливим аспектом енергетичної безпеки. Створення децентралізованих джерел генерації дозволяє підвищити живучість системи, зменшити навантаження на магістральні мережі та забезпечити енергопостачання споживачів у кризових ситуаціях. Проте проєктування СЕС, що працюють паралельно з енергосистемою, супроводжується низкою технічних викликів. Зокрема, нестабільність сонячної інсоляції зумовлює стохастичний характер генерації, що потребує впровадження ефективних систем прогнозування, керування потужністю та забезпечення стабільності параметрів частоти і напруги в точках приєднання. Таким чином, розробка технічних рішень для проєктування СЕС, які б гармонійно взаємодіяли з ОЕС України, є актуальним науково-прикладним завданням.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у комплексному проєктуванні сонячної електричної станції, яка інтегрується в Об'єднану енергосистему, з проведенням необхідних електричних розрахунків, вибором сучасного силового обладнання та обґрунтуванням техніко-економічної ефективності прийнятих рішень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи у підсумку виконано комплекс робіт, що охоплює всі ключові аспекти проектування сонячної електростанції:

1. Проведено розрахунок навантажень та вибір силових трансформаторів для ТП–№1 і ТП–№2, визначено їх коефіцієнти завантаження.

2. Встановлено, що завдяки інверторам із можливістю регулювання реактивної потужності та підтримання $\cos \varphi = 1$, додаткові системи компенсації не потрібні.

3. Розроблено принципові однолінійні схеми РП–0,4 кВ та плани компонування ТП–№1 і ТП–№2 на рівні РП–10 кВ.

4. Виконано розрахунок силових кабелів 0,4 кВ між шафами ЩС, інверторами та РП–0,4 кВ.

5. Вибрано трансформатори струму.

6. Проведено розрахунок перерізів жил кабельних ліній 10 кВ від РП–10 кВ до точки приєднання.

7. Виконано розрахунок струмів короткого замикання на стороні 0,4 кВ, побудовано схему заміщення та оформлено результати у таблиці.

8. Проведено розрахунок системи заземлення та запропоновано схеми для ТП.

9. Опрацьовано організацію комерційного обліку та систему АСКОЕ, наведено однолінійні та принципові схеми підключення лічильників на рівнях 0,4 кВ і 10 кВ.

10. Запропоновано типовий комплект релейного захисту та автоматики для приєднань 10 кВ із застосуванням вакуумного вимикача ВВ та реле МРЗС.

11. Розглянуто питання паралельної роботи СЕС з енергосистемою, заходи охорони довкілля та енергозбереження.

Таким чином, робота охоплює всі основні технічні, організаційні та безпекові аспекти, необхідні для надійної та ефективної роботи сонячної електростанції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств: Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків: ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.

9. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. - 984с.

10. 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.

11. Бурбело М. Й. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах : монографія / М. Й. Бурбело, Л. М. Мельничук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с.

12. Сиворакша В.Ю., Марков В.Л., Петров Б.Є. та інш. Теплові розрахунки геліосистем. – Дніпропетровськ: Вид-во ДГУ, 2003. – 132 с.

13. Б.Х Драганов, В.В.Іщенко, О,В,Шеліманова. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем. К.:Аграрна освіта. 2009.-230 с

14. 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.

15. 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.

16. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання: аналіт. доп. / О. М. Суходоля. – Київ : НІСД, 2022. – 36 с.

17. 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.

18. ДСТУ 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.

19. 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.

20. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці:Підручник.-Л.:Афіша,2002.-320 с.

21. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.

22. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х.: Індустрія: Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.

23. Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.

24. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко/КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 4,62 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с.

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

26. Конспект лекцій з дисципліни “Основи електропостачання ” (скорочений курс лекцій, частина 1) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Микола ВУСАТИЙ, Павло ПОТАПСЬКИЙ, Ігор ГАРАСИМЧУК (За загальною редакцією Павла ПОТАПСЬКОГО). – Кам'янець – Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. – 127с.