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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ВУЗЛОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДАЧІ ПОТУЖНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

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

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 5
ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ 7
1.1 Узагальнена характеристика об’єктів та їх структурних елементів 7
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВУЗЛОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ПРИ ПРИЄДНАННІ ФЕС 11
2.1 Визначення категорії наслідків 11
2.2 Аналіз економічних втрат від пошкодження основних фондів та недопоставки електроенергії 13
2.3 Заходи реконструкції та модернізації 13
2.4 Узагальнені висновки до розділу 2 23
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ВУЗЛОВИХ ПІДСТАНЦІЙ 24
3.1 Система контролю та обліку електроенергії 24
3.2 Технологічний порядок виконання основних робіт на підстанціях 26
3.3 Тривалість реконструкційних процесів 29
3.4 Розрахунок показників надійності системи 31
3.5 Перевірка чутливості трансформаторів струму 35
3.6 Узагальнені висновки до розділу 3 36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВУЗЛОВИХ ПІДСТАНЦІЙ 38
4.1 Протипожежні заходи та система протипожежного захисту 38
4.2 Організація охорони праці 39

4.2 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту 39
4.3 Забезпечення комплексної безпеки та надійності 40
4.4 Заходи з охорони праці та техніки безпеки 40
4.5 Вимоги до безпечної експлуатації 41
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 43
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 45
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА
ДОДАТКИ

ВСТУП

В умовах глобального переходу до сталого енергетичного розвитку та зростання частки відновлюваних джерел енергії особливого значення набуває ефективна інтеграція фотоелектричних станцій у існуючі електроенергетичні системи. Фотоелектрична генерація характеризується змінним режимом роботи, що обумовлює підвищені вимоги до надійності, гнучкості та пропускної здатності вузлових підстанцій, через які здійснюється видача потужності в енергосистему.

Сучасний стан значної частини підстанційного обладнання в Україні характеризується високим ступенем фізичного та морального зносу, що обмежує можливості підключення нових генеруючих потужностей, зокрема сонячних електростанцій. Це зумовлює необхідність проведення модернізації вузлових підстанцій із впровадженням сучасних технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності їх роботи, забезпечення стабільності параметрів електричної енергії та дотримання вимог енергетичної безпеки.

Актуальність даної кваліфікаційної роботи полягає у вирішенні завдання підвищення пропускної спроможності та надійності вузлових підстанцій для забезпечення видачі потужності фотоелектричної станції. Особлива увага приділяється аналізу існуючого обладнання, визначенню його обмежень та розробці заходів щодо його технічного переоснащення.

Метою роботи є дослідження та обґрунтування технічних рішень щодо модернізації обладнання вузлових підстанцій з метою забезпечення ефективної інтеграції фотоелектричної станції в електричну мережу. Для досягнення поставленої мети передбачається виконання наступних завдань: аналіз існуючого стану підстанції, розрахунок режимів роботи з урахуванням підключення фотоелектричної генерації, вибір та обґрунтування нового обладнання, а також оцінка техніко-економічної доцільності запропонованих рішень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті проведених технічних і організаційних заходів щодо реконструкції енергетичних об’єктів сформовано комплекс рішень:

1. На ПС 35/10 кВ «Шпиків» передбачено реконструкцію ВРП-35 кВ із встановленням трансформаторів напруги типу VTO 38 35000:100/√3:100/3 (клас точності 0,5/3; 200/800 ВА), трансформаторів струму CTSO 38 200/5А (клас точності 0,5S/0,5/10P; 10/10/20 ВА) та роз’єднувача РДЗ-2-35/1000 УХЛ у коло трансформатора напруги.

2. На ПС 110/35/10 кВ «Немирів» заплановано реконструкцію ВРП-35 кВ шляхом встановлення трансформаторів струму CTSO 38 200/5А з відповідними параметрами точності та потужності.

3. Для приєднання ФЕС до мережі передбачено реконструкцію ПЛ-35 кВ «Шпиків–Сокілець» із заміною існуючої опори на нову анкерно-кутову У35-1, що забезпечує можливість підключення відгалуження 35 кВ від ФЕС.

4. Організовано систему обліку електроенергії на ПС «Шпиків» та ПС «Немирів», а також технічний облік на лінії 35 кВ «Сокілець». Для цього використовується лічильник SL7000 (Actaris), трансформаторного включення, класу точності 0,5S, з параметрами $U\text{н} = 57{,}7/100$ В, $I\text{н} = 5$ А, Імах=10 А, підключений за чотирипровідною схемою.

5. Визначено послідовність монтажних робіт на етапі реконструкції обох підстанцій.

6. Розраховано тривалість реконструкції ПС «Шпиків» та ПС «Немирів», яка становить 2 місяці.

7. Проведено аналіз надійності та обрано варіант №1 – будівництво на території ФЕС РП-35 кВ з однією несекціонованою системою шин та підключенням відгалуженням до ПЛ-35 кВ «Шпиків–Сокілець».

8. Виконано перевірку чутливості трансформатора струму ТФЗМ-40,5 (200/5), яка підтвердила його працездатність на ПС «Шпиків» та ПС «Немирів».

Цей комплекс заходів забезпечує технічну готовність об’єктів до інтеграції сонячної електростанції потужністю 9,5 МВт у мережу та відповідає вимогам нормативних документів.

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.