

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ВІД РАЙОННОЇ
ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІ 110/35/10 КВ ВІДКРИТОГО
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ТЕРНОПІЛЬОБЛЕНЕРГО»**

Виконав:

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

_____ **Ярослав НАЛІЗЬОННИЙ**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Юрій ПАНЦИР**

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**

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
РОЗДІЛ 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	
2.1 Характеристика електричної мережі 110 кВ ВАТ «Тернопільобленерго»	23
2.2 Розрахунок навантажень ПС «Климківці»	28
Висновки до розділу 2	29
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	
3.1 Розробка варіантів розвитку електричної мережі 110 кВ Підволочиського району	30
3.2 Вибір трансформаторів ПС 110/35/10 кВ «Климківці»	33
3.3 Вибір проводів ПЛ	37
3.4 Аналіз усталених режимів роботи ЕМ 110 кВ	38
3.4.1 Визначення параметрів елементів та формування СЗ ЕМ 110 кВ	38
Висновки до розділу 3	43
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
4.1. Вибір схеми електричних з'єднань ПС 110/35/10 кВ	44
4.2. Розрахунок струмів КЗ	48
4.2.1. Розрахунок ударного струму КЗ	48
4.2.2. Розрахунок складових струму КЗ	50
4.2.3. Розрахунок теплового імпульсу струму КЗ	50
4.3 Вибір шин ПС	51
4.3.1 Вибір гнучких шин 110 кВ	52
4.3.2 Вибір гнучких шин 35 кВ	53
4.3.3 Вибір жорстких шин 10 кВ	53
4.4 Вибір ізоляторів	54

4.5 Вибір вимикачів та роз'єднувачів	55
4.6 Вибір ОПН	57
4.7 Вибір вимірювальної апаратури	57
4.7.1 Вибір ТС	58
4.7.2 Вибір ТН	61
4.7.2.1. Вибір ТН на 110 кВ	62
4.7.2.2. Вибір ТН на 35 кВ	62
4.7.2.3. Вибір ТН на 10 кВ	62
4.8 Вибір запобіжників	62
4.9 Вибір ТВП	64
Висновки до розділу 4	68

РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Конструкція елегазових вимикачів	70
5.2. Основні складові частини елегазового вимикача	71
5.2.1 Поліус вимикача	71
5.2.2 Дугогасильний пристрій	72
5.2.3 Газова система	72
5.2.4 Привід	73
5.3. Дугогасильний пристрій	74

РОЗДІЛ 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Техніко-економічне порівняння варіантів мережі	79
6.2 Оцінка економічної ефективності вибору масляного трансформатора	83

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Технічна безпеки	85
7.2 Заходи з протипожежної безпеки при експлуатації електрообладнання	87
7.3 Заходи безпеки при експлуатації електроустановок, електрообладнання, на ділянці	89

7.4 Пожежна безпека.....	91
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Для підвищення ефективності функціонування електричних мереж можуть застосовуватися різні методи, включаючи резервування. В загальному випадку необхідна надійність живлення для системи електропостачання може бути забезпечена необхідною кількістю генераторів, трансформаторів, секцій шин, ліній живлення та засобами автоматизації.

Надійність характеризується здатністю системи електропостачання та її елементів, до складу яких входять повітряні та кабельні лінії, силові трансформатори, електричні апарати, забезпечити споживача електроенергією належної якості без аварійних перерв, що приводять до порушення плану виробництва, аварій в електричній і технологічній частинах обладнання.

Надійність системи електропостачання залежить від побудови її схеми, ступеня резервування і надійності окремих елементів з врахуванням їх перевантажувальної здатності.

Оцінюючи степінь надійності, необхідно об'єднати як електротехнічну, так і технологічну частину механізму, агрегати або установки. Категорія надійності споживача повинна визначитися з врахуванням резервування в технологічній частині агрегату. Недоцільно резервувати електричну частину агрегату або схему його живлення при відсутності резерву в технологічній частині.

Проектування схем електропостачання завжди починається з визначення електричних навантажень окремих вузлів споживання електричної енергії.

Після того як буде вирішене це питання, переходять до визначення кількості і пропускної здатності мереж, що зв'язують вказані вузли навантажень з джерелами живлення. Ці питання можуть вирішуватися і одночасно з вибором числа і потужності трансформаторів.

Таким чином, для вибору оптимального варіанту системи електропостачання необхідно вирішити три взаємозв'язані технічні і техніко-

економічні задачі: визначення надійності передбачуваних варіантів системи електропостачання; визначення капітальних затрат і річних експлуатаційних витрат, що відповідають кожному з варіантів системи електропостачання; оцінки збитків споживача від перерв в електропостачанні в залежності від надійності живлення.

Тому, підвищення ефективності функціонування електричних мереж є дуже актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської роботи є підвищити ефективність функціонування електричних мереж 110/35/10 кВ Підволочиського РЕМ ВАТ “Тернопільобленерго”.

Відповідно до вказаної мети необхідно розв’язати наступні завдання:

- провести аналіз заходів по підвищенню ефективності функціонування електричних мереж 110 кВ;
- провести дослідження електричної мережі та розрахунок навантажень підстанції;
- запропонувати варіанти розвитку електричної мережі 110 кВ;
- обґрунтувати вибір числа та потужності силових трансформаторів підстанції;
- провести вибір головної схеми електричних з’єднань для РП-110 кВ, РП-35 кВ та РП-10 кВ, а також провести вибір обладнання підстанції.

Об’єкт дослідження – електричні мережі 110/35/10 кВ.

Предмет дослідження – заходи підвищення ефективності функціонування електричних мереж 110/35/10 кВ з метою ефективного розподілу електроенергії.

Наукова новизна отриманих результатів – отримало подальший розвиток впровадження заходів підвищення ефективності функціонування електричних мереж 110/35/10 кВ.

Практичне значення отриманих результатів – Встановлення двохтрансформаторної підстанції 110/35/10 кВ дозволить оптимізувати систему розподілу електричної енергії Підволочиського району та знизити технологічні

втрати пікового навантаження та підвищити надійність системи електропостачання.

Апробація. Результати досліджень за темою магістерської роботи були представлені на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи», 09 листопада 2023 року. м. Кам'янець – Подільський.

Публікації: Ярослав НАЛІЗЬОННИЙ / Алгоритм відновлення електропостачання споживачів розподільних електричних мереж // 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.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 7 розділів, висновків, переліку літературних посилань (28 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 98 сторінок, 18 таблиць, 25 рисунків.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проведено підвищення ефективності функціонування ЕМ 110/35/10 кВ Підволочиського району ВАТ «Тернопільобленерго» для підвищення її надійності.

Отримано результати:

1. Проведена характеристика мережі 110 кВ Підволочиського району ВАТ «Тернопільобленерго».
2. Проведено розрахунок навантажень ПС «Климківці», яке складає 10 МВт, що дало змогу проводити подальший розвиток ЕМ 110 кВ.
3. Запропоновані варіанти розвитку ЕМ 110 кВ Підволочиського району ВАТ «Тернопільобленерго» та обґрунтовано вибір ПС тупикового типу, що дало зменшити витрати на побудову ЛЕП.
4. Обґрунтовано встановлення двохтрансформаторної ПС потужністю 20 МВА та побудови ЛЕП, використовуючи провід АС –120/19 на основі розрахунків навантажень.
5. Запропоновано схему для аналізу усталених режимів роботи ЕМ 110 кВ Підволочиського району ВАТ «Тернопільобленерго», що дозволить передбачити перевантаження ЛЕП та трансформаторів.
6. Проведено вибір схеми електричних з'єднань: РП –110 кВ – «Два блоки лінія – трансформатор з вимикачем в колі ліній і неавтоматичною перемичкою з боку ліній» та РП –35 кВ і РП –10 кВ – «Одна одинока, секціонована вимикачем система шин».
7. Проведені розрахунки і вибір обладнання для РП 110 кВ, 35 кВ та 10 кВ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.
2. Правила улаштування електроустановок : [арх. 15 березня 2020] / Мін-енерговугілля України. — Київ : [б. в.], 2017. — 617 с.
3. 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.
4. ДНАОП 0.00-1-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 117 с.
5. Решетник В.Я. Електричні системи і мережі: Навч. посіб. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2010. - 191 с.
6. ГКД 341.004.001-94 Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ. Інститут "Укренергомережпроект". Міністерство енергетики і електрифікації України. Київ. 1994 р.
7. 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.
8. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. 3-е изд., перераб. и доп. Учебник для техникумов. М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.
9. 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.

10. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.
11. 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.
12. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. - 984с.
13. 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.
14. Бурбело М. Й. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах : монографія / М. Й. Бурбело, Л. М. Мельничук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 110 с.
15. Каталог продукції ВАТ «Рівненський завод високовольтної апаратури». 2022 – 12 с.
16. Каталог продукції фірми «VARTA». Режим доступу: <https://vencon.ua/ua/brands/varta>. – Назва з екрана.
17. Методичні вказівки щодо виконання та оформлення курсових робіт з навчальної дисципліни «Основи електропостачання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти / М.В. Вусатий, І.Д. Гарасимчук, П.В. Потапський. (За загальною редакцією М.В. Вусатого) – ПДАТУ, 2021.- 68с.
18. Гребченко М.В., Нікіфоров А.П., Бунько В.Я. Релейний захист і автоматика розподільних електричних мереж. Частина 1. Навчальний посібник. Київ,. ЦП «КОМПРИНТ». 2019. 314 с.
19. Сулейманов В.М. Розрахунок і регулювання усталених режимів роботи електричних мереж енергосистем.- Київ:НМК, 1992. – 207 с.

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

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

22. Костишин В. С. Електрична частина станцій та підстанцій : навч. посіб. / В. С. Костишин, М. Й. Федорів, Я. В. Бацала. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. - 243 с.

23. 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..

24. Лежнюк П.Д., Лагутін В.М., Тептя В.В. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194с.

25. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / В.В. Козирський, В.В. Каплун, С.М. Волошин. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 448с.

26. Сегеда М.С. Проектування структурних схем електростанцій та підстанцій: навч. посібн. / М.С. Сегеда, В.Г. Гапанович, В.П. Олійник, К.Б. Покровський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 144с.

27. 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.

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