Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ)

на тему:

Проект реконструкції районної трансформаторної підстанції 110/10 кВ «Красилів» акціонерного товариства «ХМЕЛЬНИЦЬКОБЛЕНЕРГО»

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

_____ **Ілля НАВРОЦЬКИЙ**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____**Віктор ДУБІК**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 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, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП..... 5

РОЗДІЛ 1 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РТП..... 6

1.1 Загальна характеристика..... 6

РОЗДІЛ 2 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ РТП 110/10 КВ „КРАСИЛІВ” 12

2.1 Підрахунок електричних навантажень..... 12

2.1.1 Розрахункові навантаження мережі напругою 10 кВ..... 12

2.1.2 Розрахунок потужності і кількості трансформаторів..... 18

2.2 Розрахунок струмів короткого замикання..... 19

2.2.1 Схема для розрахунку струмів КЗ..... 21

2.3 Вибір обладнання РТП..... 29

2.3.1 Вибір трансформаторів струму..... 29

2.3.2 Вибір вимикачів..... 31

3.3.3. Вибір трансформаторів напруги..... 33

2.3.3 Вибір нелінійних обмежувачів перенапруг..... 35

РОЗДІЛ 3 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ПІДСТАНЦІЇ..... 38

3.1 Розрахунок диференційного захисту..... 38

3.2. Розрахунок МСЗ силового трансформатора сторони 110 кВ..... 42

3.3. Розрахнок МСЗ ліній 10 КВ..... 47

3.4. Річний графік ПЗР і ТО електроустаткування..... 51

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ..... 53

4.2. Основні показники інвестиційного проекту..... 54

4.3. Оцінка ефективності проекту 56

4.5. Розрахунок періоду окупності – PBP 57

4.6. Аналіз чутливості проекту..... 58

РОЗДІЛ 5 БЕЗПЕКА ПРАЦІ..... 62

5.1 Заходи по забезпеченню належних умов праці..... 62

5.2 Розрахунок захисного заземлення 64

ВИСНОВКИ 68

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... 69

Додатки..... 72

ВСТУП

Реформування системи електропостачання в Україна є одним із ключових напрямів модернізації енергетичного сектору держави та здійснюється відповідно до європейських стандартів функціонування енергоринку. Основною метою реформ є підвищення надійності електропостачання, створення конкурентного середовища, інтеграція до європейської енергосистеми та забезпечення енергетичної безпеки країни.

Одним із найважливіших етапів стало впровадження нової моделі ринку електричної енергії, що почала діяти у 2019 році. У результаті було розділено функції виробництва, передачі, розподілу та постачання електроенергії. Такий підхід дозволив усунути монополізацію ринку та створити умови для конкуренції між постачальниками електроенергії. Оператором системи передачі виступає НЕК «Укренерго», який відповідає за магістральні мережі та балансування енергосистеми.

Значна увага приділяється модернізації електричних мереж та підстанцій. На багатьох енергооб’єктах здійснюється заміна застарілого обладнання, впроваджуються сучасні мікропроцесорні системи релейного захисту й автоматики, цифрові системи моніторингу та автоматизованого керування. Це дозволяє знизити технологічні втрати електроенергії та підвищити надійність роботи енергосистеми.

Важливим напрямом реформ є інтеграція енергосистеми України до європейської мережі ENTSO-E. Після синхронізації української енергосистеми з європейською у 2022 році з’явилася можливість здійснювати експорт та імпорт електроенергії, а також підвищувати стійкість енергосистеми в аварійних режимах. Це стало важливим кроком до енергетичної незалежності держави.

ВИСНОВКИ

У даній роботі виконано проект реконструкції двотрансформаторної РТП 110/10 кВ «Красилів» із двома силовими трансформаторами ТМН-10000/110 потужністю по 10 МВА кожний. Проведено розрахунок струмів короткого замикання для максимального та мінімального режимів роботи мережі.

На основі проведених розрахунків здійснено вибір основного електрообладнання підстанції. Для сторони 110 кВ прийнято елегазові вимикачі ВГТ-110 зі струмом відключення 25 кА, а для сторони 10 кВ — вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10-31.5 у складі КРУ КРУ2-10. Також вибрано трансформатори струму ТОГ-110 та ТПЛ-10, трансформатори напруги НКФ-110 і ЗНОЛ-10, а також обмежувачі перенапруг ОПН-110 та ОПН-10.

У роботі виконано розрахунок диференційного захисту силового трансформатора на базі мікропроцесорного реле RET670. Для сторони 10 кВ розраховано максимальний струмовий захист на базі термінала REF615.

Проведений розрахунок захисного заземлення показав, що для забезпечення нормативного опору заземлення не більше 0,5 Ом. Розрахунковий опір заземлювального пристрою склав 0,35 Ом, що відповідає вимогам ПУЕ та забезпечує безпечну експлуатацію підстанції.

Орієнтовна кошторисна вартість реконструкції РТП становить 70,7 млн грн. Проведений економічний аналіз показав, що чиста приведена вартість проекту (NPV) при ставці дисконту 15 % складає 13953,9 тис. грн, а строк окупності становить близько 4 років. Навіть при зменшенні обсягу реалізації на 25 %, зниженні ціни продажу на 2 % та збільшенні змінних витрат на 30 % значення NPV залишається додатним і становить 1769,69 тис. грн, що підтверджує економічну ефективність проекту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Харків : Форт, 2017. 760 с.
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів : наказ Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 № 258.
3. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : НПАОП 40.1-1.21-98.
4. ДСТУ EN 61140:2015. Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (EN 61140:2002, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
5. ДСТУ EN 50110-1:2014. Експлуатація електроустановок. Частина 1. Загальні вимоги (EN 50110-1:2013, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014.
6. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-68:2012. Проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6–750 кВ. Київ : Міненерговугілля України, 2012.
7. СОУ-Н ЕЕ 20.179:2008. Розрахунок ДСТУ EN 50522:2015. Заземлення електроустановок змінного струму понад 1 кВ. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.
8. ДСТУ EN 61936-1:2017. Силові електроустановки змінного струму понад 1 кВ. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
9. Козирський В. В., Волошин С. М. Основи електропостачання : підручник. Київ : Компринт, 2021. 527 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/9202
10. Коваленко О. І., Коваленко Л. Р. Основи електропостачання : навчальний посібник. Одеса : Олді+, 2025. 237 с. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/17968

11. Бурбело М. Й., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2012. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11784

12. Афанасьєв О. І., Жорняк Л. Б., Немикіна О. В. та ін. Електроапаратне обладнання систем електропостачання енергоємних виробництв : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. URL: https://eir.zp.edu.ua/items/ca0767e6-86ec-4853-b738-f2d271d37ab0

13. Сокол Є. І., Сендерович Г. А., Гриб О. Г. та ін. Релейний захист електроенергетичних систем : підручник. Харків, 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/344830336_Relejnij_zahist_elektroenergeticnih_sistem

14. Яндульський О. С., Дмитренко О. О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем : навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16600

15. Пугач С. В. Дослідження особливостей мікропроцесорного захисту та автоматики цифрових ВРП електричних станцій. Вінниця : ВНТУ, 2020. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/32375

16. Дмитренко О. О., Заколодяжний В. В. Релейний захист та автоматизація електричних систем : методичні вказівки. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18267

17. Рубаненко О. О., Рубаненко О. Є., Гунько І. О. Релейний захист та автоматика електричних станцій : електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2024. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/49403

18. Рубаненко О. Є., Хитрук П. В. Релейний захист підстанції 150 кВ. Вінниця : ВНТУ, 2024. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/42174

19. Кідиба В. П. *Релейний захист електроенергетичних систем : навчальний посібник.* Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 504 с. ISBN 978-617-607-827-2. URL: https://vlp.com.ua/node/15730?utm_source=chatgpt.com

20. Панченко С. В., Блиндюк В. С., Баженов В. М., Одєгов М. М. *Релейний захист і автоматика. Частина 1 : навчальний посібник.* Харків : Український державний університет залізничного транспорту, 2020. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/48598

21. Собчук В. С., Собчук Н. В., Бурикін О. Б. *Перенапруги і блискавкозахист в електричних системах : навчальний посібник.* Вінниця : ВНТУ, 2011. 141 с. URL: https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/19528

22. IEC 61850 Communication Networks and Systems for Power Utility Automation. URL: https://webstore.iec.ch

23. ABB. Relion Protection and Control Product Guide. URL: https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations

24. Siemens. SIPROTEC 5 Protection Relays.
URL: https://www.siemens-energy.com