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 110/35/10 кВ «Томашівка» 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»

_____ **Ростислав НАСТАСІЄВ**

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 6

1.1 Загальна характеристика 6

РОЗДІЛ 2 ЕЛЕКТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ РТП 110/35/10 кВ..... 11

2.1 Підрахунок електричних навантажень..... 11

2.1.1 Розрахункові навантаження мережі напругою 35 кВ..... 11

2.1.2 Розрахункові навантаження мережі напругою 10 кВ..... 13

2.1.3 Розрахунок потужності і кількості трансформаторів..... 26

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ РТП..... 28

3.1 Розрахунок струмів короткого замикання..... 28

3.2 Вибір обладнання РТП 37

3.2.1 Вибір трансформаторів струму..... 37

3.2.2 Вибір трансформатора напруги 40

3.2.3 Вибір вимикачів 42

РОЗДІЛ 4 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ПІДСТАНЦІЇ..... 43

4.1 Вибір системи управління секційними вимикачами..... 43

4.2 Розрахунок диференційного захисту..... 46

4.3 Розрахунок МСЗ силового трансформатора сторони 110 кВ 51

4.4 Розрахунок МСЗ силового трансформатора сторони 35 кВ 53

4.5 Розрахунок МСЗ силового трансформатора сторони 10 кВ 54

4.6 Річний графік ПЗР і ТО електроустаткування 56

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ..... 59

5.1. Кошторис реконструкції РТП..... 59

5.2. Основні показники інвестиційного проекту..... 61

5.3. Оцінка ефективності проекту..... 62

5.4. Розрахунок періоду окупності – PBP..... 64

РОЗДІЛ 6 БЕЗПЕКА ПРАЦІ..... 66

6.1 Заходи з Правил безпеки на РТП..... 66

6.2 Розрахунок захисного заземлення..... 68

6.3 Грозозахист..... 71

ВИСНОВКИ..... 74

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... 75

ДОДАТКИ..... 78

ВСТУП

Тривала експлуатація електрообладнання на вітчизняних підстанціях призвела до значного фізичного та морального зносу, що негативно відображається на надійності енергопостачання, збільшує витрати на обслуговування та підвищує ризик виникнення аварій. В умовах сучасної енергетики ключовим завданням галузі є реконструкція діючих об'єктів шляхом впровадження високонадійних апаратів, мікропроцесорних систем релейного захисту та сучасних засобів контролю. Саме тому в межах дипломного проєкту розробляються технічні рішення для модернізації районної підстанції 110/35/10 кВ «Томашівка», що належить АТ «ХМЕЛЬНИЦЬКОБЛЕНЕРГО». Цей об'єкт є критично важливим для енергетичної інфраструктури Хмельниччини, адже забезпечує електроенергією широке коло споживачів — від промислових підприємств до побутового сектору, де стабільність і якість напруги є визначальними для технологічних процесів.

Зважаючи на застарілість технічного оснащення підстанції, реконструкція передбачає комплексну заміну комутаційного обладнання та вимірювальних трансформаторів, модернізацію систем управління, а також оновлення комплексів захисного заземлення та блискавкозахисту. Для реалізації цієї мети в роботі проводиться глибокий аналіз поточних режимів роботи об'єкта, виконуються розрахунки електричних навантажень і струмів короткого замикання, здійснюється підбір сучасного електротехнічного обладнання та проєктуються новітні схеми релейного захисту і автоматики. Окрема увага приділяється математичному обґрунтуванню диференційного та максимального струмового захистів силових трансформаторів, а також визначенню стратегії технічного обслуговування. Впровадження запропонованих заходів дозволить суттєво підвищити надійність та безпеку експлуатації.

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті проведено комплексний аналіз технічного стану та режимів роботи районної трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ «Томашівка» та розроблено сучасну систему релейного захисту, автоматики й управління силовими трансформаторами.

У процесі виконання роботи здійснено розрахунок електричних навантажень, визначено струми короткого замикання, виконано вибір основного електротехнічного обладнання та перевірено його відповідність умовам експлуатації. На основі проведених розрахунків розроблено схеми релейного захисту та управління комутаційним обладнанням підстанції.

Для підвищення надійності та ефективності роботи підстанції запропоновано впровадження мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики БЕМП 1-02, які забезпечують високий рівень функціональної надійності, автоматичний контроль справності, оперативну реєстрацію аварійних подій і зменшення витрат на технічне обслуговування. У проєкті виконано розрахунок диференційного захисту силових трансформаторів, максимального струмового захисту сторін 110, 35 і 10 кВ, а також максимального струмового захисту відхідних ліній 10 кВ.

У економічній частині проєкту проведено оцінку ефективності реконструкції підстанції. Загальний обсяг інвестицій становить 26,13 млн грн. Аналіз дисконтованих грошових потоків показав, що строк окупності проєкту становить близько 2,4 року, що є високим показником для об’єктів електроенергетичної галузі.

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