

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ХЛОПІК ВАСИЛЬ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.316

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ
ПІДСТАНЦІЇ 110/10 кВ**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя міністерства освіти і науки України.

Керівник роботи:

д.т.н., професор кафедри електричної інженерії
Андрійчук Володимир Андрійович
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Рецензент:

к.т.н., доцент кафедри вищої математики
Федак Сергій Ігнатович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 27 грудня 2019 року о 9⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46018, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310.

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Актуальність теми. Зростання рівня аварійності в лініях електропостачання, трансформаторних підстанціях та розподільних пунктах, в першу чергу, викликане великою кількістю застарілого електрообладнання. При цьому, аварійні ситуації, як правило, супроводжуються довготривалими знеструмленнями споживачів електричної енергії, недопостачанням електроенергії споживачам та економічними збитками. Оскільки аварійні ситуації мають випадковий характер, а електричні мережі є складним об'єктом керування, то неможливо наперед передбачити всі оптимальні варіанти відновлення електропостачання знеструмлених споживачів. Пошук варіантів відновлення живлення електроспоживачів оперативний персонал підстанції часто досі здійснює вручну, спираючись на власний досвід. У той же час, рішення, які приймає оперативний персонал в таких ситуаціях, не завжди безпомилкові. Аналіз пошкоджень та відмов обладнання показав, що з вини оперативного персоналу відбулося майже 40% пошкоджень та відмов обладнання підстанцій 35-150 кВ та 22,8% відмов обладнання ТП і РП.

Також, найбільших витрат часу займає пошук та локалізація пошкодженого фрагменту мережі, а також пошук самого місця пошкодження. В реальних умовах цей час може становити п'ять та більше годин. Після знаходження місця пошкодження і встановлення його причин, виконується ремонт або заміна пошкодженого елемента лінії, що також потребує витрат часу. Отже, в загальному, досить суттєвий проміжок часу витрачається на вмикання електроспоживачів після виконання ремонтно-відновлювальних робіт та відновлення нормальної схеми живлення. Таким чином, задача швидкого та автоматизованого пошуку найкращих шляхів відновлення електропостачання та максимально можливої сумарної потужності знеструмлених споживачів є досить актуальною.

Проте, дана задача набуває складності для вирішення, оскільки існує кілька альтернативних шляхів живлення електроспоживачів. Найбільшого поширення для розв'язання задачі відновлення живлення споживачів отримали методи та засоби штучного інтелекту. Оскільки, у наш час триває процес оснащення трансформаторних підстанцій сучасними засобами обчислювальної техніки, це створює усі умови для автоматизації процесу відновлення електропостачання знеструмлених споживачів.

Метою дипломної роботи є посилення надійності роботи трансформаторної підстанції 110/10 кВ та розробка оптимальних варіантів відновлення електропостачання знеструмлених споживачів підстанції.

Завдання дослідження:

- провести аналіз пошкоджень та відмов обладнання та ефективності електропостачання споживачів підстанцією;
- здійснити дослідження критеріїв оптимізації для рішення задачі відновлення електроживлення знеструмлених споживачів підстанції;
- провести розрахунок електричних навантажень і розробку схеми електропостачання підстанції, вибір сучасного електроустаткування і автоматики та приладів обліку;

- здійснити розрахунок струмів короткого замикання в контрольованих точках та уставок релейного захисту;
- сформувані блок-схеми алгоритмів розвантаження ліній електропередачі і трансформаторних підстанцій та пошуку найкращих варіантів відновлення живлення знеструмлених електроспоживачів.

Об'єкт дослідження – трансформаторна підстанція напругою 110/10 кВ.

Предмет дослідження – заходи і способи підвищення надійності роботи підстанції 110/10 кВ.

Наукова новизна отриманих результатів: запропоновані у роботі блок-схеми алгоритмів дозволяють в автоматизованому режимі здійснювати розвантаження ліній електропередачі та пошук найкращих варіантів відновлення живлення знеструмлених електроспоживачів підстанції.

Практичне значення отриманих результатів виявляється у можливості підвищенні надійності роботи та здійсненні швидкого відновлення живлення знеструмлених електроспоживачів трансформаторної підстанції 110/10 кВ.

Апробація.

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (18 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 107 сторінок, 19 таблиць, 9 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність роботи, мету і завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження, описано наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У **першому розділі «Аналітична частина»** наведено характеристику існуючої схеми електропостачання споживачів ПС 110/10 кВ та проведено аналіз ефективності електропостачання споживачів підстанцією. Детальний аналіз пошкоджень та відмов обладнання показав, що майже 40% відбулося з вини оперативного персоналу. Також проаналізовано методи та засоби, що застосовуються для пошуку варіантів відновлення електропостачання та скорочення часу аварійного знеструмлення електроспоживачів в електричних мережах.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** проведено дослідження критеріїв оптимізації для рішення задачі відновлення електроживлення знеструмлених споживачів підстанції 110/10 кВ, зокрема виділено такі: максимізація кількості відновленого навантаження; зменшення нерівномірності розподілу навантаження між ЦЖ; мінімізація кількості перемикань у схемі електричної мережі; скорочення часу відновлення електропостачання.

Дані критерії враховують вплив як економічних обмежень, так і технологічних аспектів.

У третьому розділі «Технологічна частина» проведено розрахунок електричних навантажень та розроблена однолінійна схема підстанції. Здійснено заміну існуючих силових трансформаторів ТДН 1600/110/10 кВ на трансформатори з розчепленою вторинною обвиткою тієї ж потужності ТРДН 1600/110/10/10 кВ для підвищення надійності електропостачання. Також здійснено вибір сучасного електроустаткування і автоматики, проведено вибір електричних апаратів та струмоведучих частин розподільного пристрою. Зроблена заміна розрядників на більш сучасніші обмежувачі перенапруг (ОПН) і здійснено встановлення потужніших пристроїв компенсації ємнісних струмів. Облік електроенергії виконано на базі багатофункціональних лічильників серії ЄвроАльфа.

У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина» проведено розрахунок струмів короткого замикання в контрольованих точках при максимальному та мінімальному режимах мережі. Як пристрої релейного захисту і автоматики застосовані мікропроцесорні термінали захисту REF 541.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» розглянуто метод пошуку оптимальних варіантів відновлення електропостачання електроспоживачів. Характерною рисою даного методу є забезпечення знаходження глобального розв'язку задачі, що базується на особливостях механізмів генетичних алгоритмів. Сформовано алгоритм пошуку оптимальних варіантів відновлення живлення споживачів підстанції 110/10 кВ. Даний алгоритм в процесі пошуку варіантів відновлення живлення споживачам враховує наступні критерії оптимізації: нерівномірність розподілу навантаження і мінімізація кількості комутаційних операцій. Основною його перевагою є величезна швидкість пошуку оптимальних розв'язків задачі відновлення електропостачання.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» визначено капітальні витрати, що необхідні для модернізації підстанції. Також проведено визначення економічного ефекту від впровадження нового устаткування – індекс прибутковості інвестиційного проекту > 1 , отже проект є прибутковим.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто технічні заходи із забезпечення охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки на підстанції 110/10 кВ, проведено розрахунок заземлюючого пристрою підстанції. Також розглянуто проблему запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження та ліквідації їх наслідків.

У восьмому розділі «Екологія» проаналізовано вплив електромагнітного забруднення на навколишнє середовище та наведено заходи захисту навколишнього середовища та людини від електромагнітного забруднення підстанції 110/10 кВ.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проведено модернізацію підстанції 110/10 кВ «Н. Петрівці» з метою посилення надійності схеми електропостачання та розглянуто питання оптимальних варіантів відновлення електропостачання знеструмлених споживачів підстанції, і отримано такі результати:

1. Проведено аналіз ефективності електропостачання споживачів підстанцією. Детальний аналіз пошкоджень та відмов обладнання показав, що майже 40% відбулося з вини оперативного персоналу.

2. Проведено дослідження критеріїв оптимізації для рішення задачі відновлення електроживлення знеструмлених споживачів підстанції 110/10 кВ, що враховують вплив як економічних обмежень так і технологічних аспектів.

3. Проведено розрахунок електричних навантажень, і, з урахуванням надійності живлення, розроблена однолінійна схема підстанції. Проведена заміна існуючих силових трансформаторів ТДН 1600/110/10 кВ на трансформатори з розчепленою вторинною обвиткою тієї ж потужності ТРДН 1600/110/10/10 кВ.

4. Здійснено вибір сучасного електроустаткування і автоматики, проведено вибір електричних апаратів та струмоведучих частин розподільчого пристрою. Також зроблена заміна розрядників на більш сучасніші обмежувачі перенапруг (ОПН) і здійснено встановлення потужніших пристроїв компенсації ємнісних струмів. Облік електроенергії здійснено на базі багатofункціональних лічильників серії ЄвроАльфа.

5. Проведено розрахунок струмів короткого замикання в контрольованих точках при максимальному та мінімальному режимах мережі. Як пристрої релейного захисту і автоматики застосовані мікропроцесорні термінали захисту REF 541.

6. Сформовані блок-схеми алгоритмів розвантаження ліній електропередачі і трансформаторних підстанцій та генерації найкращих варіантів відновлення живлення знеструмлених електроспоживачів. При реалізації даних алгоритмів, оперативно-технічний персонал підстанції 110/10 кВ зможе в автоматизованому режимі усунути перевантаження ліній та ПС, і скоротити час аварійного знеструмлення електроспоживачів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Бабюк С. М. Актуальність задачі відновлення електропостачання знеструмлених споживачів трансформаторних підстанцій/ С. М. Бабюк, В. В. Хлопик // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. —Том 3. — С. 7. — (Електротехніка та енергозбереження).

АНОТАЦІЯ

Хлопик В. В. Підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції 110/10 кВ. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2019.

У дипломній роботі проведено модернізацію підстанції 110/10 кВ «Н. Петрівці» з метою посилення надійності схеми електропостачання та розглянуто питання оптимальних варіантів відновлення електропостачання знеструмлених споживачів підстанції.

Проведено аналіз ефективності електропостачання споживачів підстанцією та дослідження критеріїв оптимізації для рішення задачі відновлення електроживлення знеструмлених споживачів підстанції 110/10 кВ. Розраховано електричні навантаження та розроблена однолінійна схема підстанції. Здійснено вибір сучасного електроустаткування і автоматики, проведено вибір електричних апаратів та струмоведучих частин розподільчого пристрою. Також встановлено потужніші пристрої компенсації ємнісних струмів. Облік електроенергії здійснено на базі багатофункціональних лічильників серії ЄвроАльфа. Проведено розрахунок струмів короткого замикання в контрольованих точках та застосовані мікропроцесорні термінали захисту REF 541.

Запропоновані блок-схеми алгоритмів, що дозволяють в автоматизованому режимі здійснювати розвантаження ліній електропередачі та пошук найкращих варіантів відновлення живлення знеструмлених електроспоживачів підстанції.

Ключові слова: трансформаторна підстанція, система електропостачання, відновлення електропостачання знеструмлених споживачів.

ANNOTATION

Khlopik V. Improving the reliability of the 110/10 kV transformer substation. 141 - electric power, electrical engineering and electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Ternopil, 2019.

In diploma work modernisation of substation of 110/10 kV is conducted «N. Petrivtsi» with the aim of strengthening of reliability of chart of power supply and the question of optimal variants of proceeding in the power supply of the de-energized consumers of substation is considered.

The analysis of efficiency of power supply of consumers is conducted by substation and research of criteria of optimization for the decision of task of proceeding in the power supply of the de-energized consumers of substation of 110/10 kV. is Expected electric loading and worked out unilinear chart of substation. The choice of modern electrical equipment and automation is carried out, the choice of electric vehicles and current conductors parts of distributive device is conducted. More powerful devices of indemnification of capacity currents are also set. The account of electric power is carried out on the base of multifunction meters of series of EuroAlpha. The calculation of currents of short circuit in the controlled points and applied microprocessor-based terminals of defence of REF 541.

Offer flow-charts of algorithms that allow in the automated mode to carry out unloading of lines of electricity transmission and search of the best variants of proceeding in the feed of the de-energized electro-consumers of substation.

Keywords: transformer substation, system power supply, proceeding in power supply of the de-energized consumers.