

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

ГНАТЮК ОЛЕКСАНДР РУСЛАНОВИЧ

УДК 621.311 : 681.3

**РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТП 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: доктор технічних наук, професор, професор кафедри електричної інженерії
Євтух Петро Сильвестрович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат фізико–математичних наук, доцент, завідувач кафедри вищої математики
Шелестовський Борис Григорович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 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. Ефективність планування заходів зі зменшення втрат електроенергії залежить від точності розрахунку їх складових, яка визначається інформаційною та методичною похибками й безпосередньо пов'язана з обсягом та якістю вихідної інформації. Разом з тим, в електромережах (ЕМ) практично відсутні повноцінні системи технічного моніторингу. По-фідерний аналіз звітних даних щодо втрат електроенергії зводиться до визначення різниці між надходженням електроенергії та її корисним відпуском у межах балансової належності за показами приладів обліку. Як досліджено авторами: Лежнюком П. Д., Куликом В. В., Буславцем О. А. внаслідок неодночасності реєстрації показів лічильників знижується достовірність цих звітних даних.

Нормативні значення технологічних втрат електроенергії в умовах неповноти вихідної інформації оцінюються (а не визначаються!) за спрощеними моделями з використанням статистичної інформації про навантаження, а також незмінними протягом року схемами електромереж з параметрами, які також приймаються постійними, тобто їх достовірність також є обмеженою. Дослідження, проведені авторами: Красовським Ю. Л., Лежнюком П. Д., Куликом В. В., встановили, що інформація стосовно режимних параметрів ЕМ взагалі не враховується або фіксується епізодично.

Таким чином, значення понаднормативних витрат електроенергії в ЕМ, для зниження яких розробляються енерго - електроощадні заходи, оцінюються настільки наближено, що виявити ефект від впровадження останніх часто є неможливим.

Для вирішення проблем інформаційного забезпечення задач експлуатації ЕМ розробляються та впроваджуються відповідні інформаційно-розрахункові системи. Однак, на даний час можна вважати вирішеною лише проблему комерційного обліку електроенергії в системі АСКОЕ. Як досліджено авторами: Владіміровим Ю. В., Лежнюком П. Д., Буславцем О. А., Пашенком А. В., проблема аналізу режимів розподільних мереж, особливо до 1 кВ, не вирішена. Це пов'язано зі значною розмірністю задачі (сотні тисяч вузлів та кіл у межах одного району ЕМ), а також обмеженими технічними можливостями щодо спостереження та керування. Оскільки пряме забезпечення повної спостережності ЕМ є недоцільним з економічних міркувань, то розв'язувати задачі аналізу, а надто прогнозування технологічних втрат електроенергії, доцільно засобами математичного моделювання за результатами натурних експериментів.

В нинішніх умовах для підвищення надійності функціонування електроенергетичної системи проводиться масштабна комплексна модернізація трансформаторних підстанцій з встановленням новітнього електрообладнання. Підстанції оснащуються сучасними мікропроцесорними комплексами релейного захисту і автоматики та автоматизованими системами керування.

Перспективним напрямком розвитку й інтелектуалізації комплексів обладнання підстанцій є перехід від окремих, часто інформаційно ізольованих аналогових пристроїв та підсистем до інтегрованих однорідних систем з

єдиним інформаційним простором, що дозволяє на порядок підвищити надійність функціонування системи електропостачання та зменшити енергетичні втрати у них.

Впровадженню заходів з підвищення надійності і енергоефективності систем електропостачання на всіх рівнях сприяє автоматизована система контролю та обліку електроспоживання (АСКОЕ), яка зараз активно впроваджується в електричних мережах енергосистем.

Одним із напрямків розвитку електричних мереж на шляху модернізації є програма впровадження цифрових підстанцій та використання модернізованих високовольтних апаратів. Відмінними характеристиками цифрових підстанцій є: наявність вбудованих в первинне обладнання інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв; застосування локальних обчислювальних мереж для комунікацій; цифровий спосіб доступу до інформації, її передачі та обробки; автоматизація роботи підстанції і процесів управління нею. У перспективі цифрова підстанція буде ключовим компонентом інтелектуальної мережі (Smart Grid). Зростання вимог до якості надання електроенергії призвело до розвитку підстанцій з дистанційним управлінням, що забезпечує зниження інтервалів відсутності електропостачання.

В області вимірювальної апаратури необхідно здійснити заміну недостатньо точних вимірювальних трансформаторів струму і напруги на енергооб'єктах на сучасні трансформатори з більш високим класом точності. Щодо засобів телемеханіки і зв'язку при реконструкції систем збору і передавання інформації основними вимогами є: використання цифрових каналів зв'язку; використання на енергооб'єктах спеціалізованих цифрових телемеханічних комплексів, а для великих підстанцій - програмно-технічних комплексів; заміна центральних приймально-передавальних станцій на телемеханічні комплекси, які використовують сучасні досягнення в області обчислювальної техніки і цифрових систем зв'язку.

Таким чином, актуальною залишається проблематика розроблення заходів підвищення ефективності кожного з елементів електроенергетичної системи, починаючи з трансформаторних підстанцій.

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної роботи є модернізація схемо-технічного рішення та комплексу обладнання понижувальної трансформаторної підстанції 110/10 кВ, а також розробка заходів з підвищення енергоефективності системи електропостачання цієї підстанції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз сучасних технічних рішень підвищення енергоефективності систем електропостачання шляхом заміни комутаційного, вимірювального обладнання, пристроїв релейного захисту новітніми з використанням мікропроцесорних технологій;

- аналіз математичних моделей для обчислення втрат електроенергії на різних рівнях електричних мереж;

- аналіз характеристик сучасного високовольтного комутаційного обладнання трансформаторної підстанції (вимикачі, роз'єднувачі) для заміни морально застарілого й з фізичним зносом;

- розрахунок струмів короткого замикання на шинах високої напруги підстанції для вибору комутаційного обладнання;
- розрахунок усталених режимів району електропостачання для оцінювання стійкості трансформаторної підстанції;
- реконструкція функціональних елементів трансформаторної підстанції на стороні 110 та 10 кВ.

Об'єкт дослідження - процес підвищення енергоефективності трансформаторної підстанції 110/10 кВ шляхом модернізації схемо-технічного рішення й високовольтного комутуючого обладнання.

Предмет дослідження - характеристики новітнього комутаційного обладнання для модернізації підстанції 110/10 кВ.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Отримало подальший розвиток застосування заходів підвищення енергоефективності трансформаторних підстанцій шляхом їх реконструкції із застосуванням новітнього комутаційного обладнання.
- Запропонована для подальшого дослідження модель обліку втрат електроенергії з використанням АСКОЕ на різних рівнях систем електропостачання, що дозволить їх контролювати й зменшувати при наявності відповідних техніко-організаційних засобів і заходів.

Практичне значення отриманих результатів. Впровадження результатів досліджень методів реконструкції трансформаторних підстанцій дозволить підвищити енергоефективність функціонування електромережі.

Апробація. Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (42 найменування).

Загальний обсяг текстової частини - 133 стор., 25 табл., 26 рис.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи та визначені задачі дослідження.

У **першому розділі «Аналітична частина»** проведено стислий аналіз району електропостачання понижувальної підстанції 110/10 кВ «Орданівка». Проведено аналіз потужності режимів навантажень і ефективності завантаження підстанції, а також технічного стану електрообладнання. Розглянуті задачі зменшення енергетичних втрат в електромережах, проблеми вірогідності розрахункових значень втрат електроенергії та використання АСКОЕ для підвищення енергоефективності підприємств електроенергетики.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** досліджена надійність та ефективність електромереж з системами інформаційних технологій. Розглянуті методи підвищення надійності елементів релейного захисту систем електропостачання. Досліджені умови обмеження втрат електроенергії в розподільних мережах за допомогою засобів АСКОЕ.

У третьому розділі «Технологічна частина» проведений аналіз району електропостачання підстанції 330/110 кВ. Зведений баланс активної і реактивної потужності. Проведене техніко-економічне порівняння варіантів розвитку схеми мережі електропостачання. Проведений вибір трансформаторів, приладів обліку і контролю. Зроблений вибір ізоляторів.

У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина» проведений розрахунок струмів коротких замикань на шинах 110 і 10 кВ. Розрахункові дані були враховані при виборі комутаційного і захисного обладнання ПС 110/10 кВ «Орданівка».

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» проведені уточнені розрахунки оптимальних режимів навантажень району електропостачання. Розрахований діапазон зміни напруги в режимах найбільших і найменших навантажень району електропостачання та в післяаварійному. Межі регулювання напруги пристроєм РПН задовольняють умовам роботи.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» досліджені особливості економічного ефекту при прийнятті інженерних рішень. Проведений розрахунок техніко-економічного обґрунтування заміни оливних вимикачів 110 кВ на елегазові та оливних вимикачів 35 кВ на вакуумні.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведений аналіз конструкцій та методів розрахунку заземлювальних пристроїв трансформаторних підстанцій. Досліджена ефективність сучасних інформаційних технологій щодо сповіщення про виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» досліджені проблеми електромагнітного забруднення довкілля системами електропостачання.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розроблені заходи підвищення ефективності системи електропостачання ТП 110/10 кВ шляхом модернізації електроустаткування та впровадження сучасних інформаційних технологій для покращення обліку електроенергії й зменшення її втрат в електромережах.

Отримані такі результати:

Проведений аналіз навантажень району електропостачання 110/10 кВ з понижувальною підстанцією «Орданівка», а також аналіз електроустаткування та стану комутаційного обладнання підстанції.

Досліджені моделі зменшення втрат електроенергії та отримання економічного ефекту в електромережах 110/10 кВ при їх реконструкції з впровадженням сучасних інформаційних технологій.

Проведений розрахунок навантажень району електропостачання підстанції при їх найбільших і найменших значеннях та перевірена можливість регулювання напруги підстанцією.

В ході модернізації підстанції проведений вибір комутаційного обладнання для підвищення надійності постачання електроенергії споживачам: високовольтних вимикачів, роз'єднувачів, обмежувачів перенапруги,

трансформаторів струму і напруги, власних потреб та ін. електроустаткування.

Проведений розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках електричної схеми підстанції, необхідних для вибору і перевірки електричних апаратів та провідників підстанції, а також для вибору уставок релейного захисту і визначення їх чутливості.

Досліджена можливість реконструкції електромережі 110/10 кВ та електроустаткування з цифровою периферією понижувальної трансформаторної підстанції «Орданівка» на основі впровадження інформаційних технологій підвищить ефективність функціонування системи електропостачання, а також сприятиме безпеці персоналу й зменшенню шкідливого впливу на довкілля.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Євтух П. С. Заходи підвищення ефективності електромереж 110/10 кВ / П. С. Євтух, О. О. Вакуленко, О. Р. Гнатюк // Матеріали VIII МНТК молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій» (27–28 листопада 2019 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. 3. – Тернопіль, 2019. – С. 16–17.

АНОТАЦІЯ

Гнатюк О. Р. Розробка заходів підвищення ефективності системи електропостачання ТП 110/10 кВ. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМ–61. - Тернопіль : ТНТУ, 2019.

Стор. - 133; рис. - 26; табл. - 25; креслень - 6; джерел - 42; додатків -.

У дипломній роботі проведено модернізацію трансформаторної підстанції 110/10 кВ «Орданівка» для забезпечення надійності й ефективності постачання електроенергії з мінімальними втратами.

Досліджено, що підвищення інтелектуальної складової в обладнанні трансформаторних підстанцій зробило можливим їх виконання цифровими щодо керуючих сигналів, необслуговуваними та самодіагностуючими з високим ступенем надійності.

Досліджено, що широкі можливості сучасних засобів АСКОЕ дозволяють успішно вирішувати задачі визначення, аналізу і зменшення втрат електроенергії в електричних мережах, що підвищує надійність постачання електроенергії до споживачів.

Виконаний розрахунок усталених режимів навантажень району електропостачання, в результаті чого оцінена стійкість трансформаторної підстанції 110/10 кВ «Орданівка».

Виконаний розрахунок струмів короткого замикання кіл навантажень 110/10 кВ, на основі яких здійснено вибір захисного комутаційного обладнання.

Ключові слова: понижувальна підстанція, електрична мережа, енергоефективність, комутаційне обладнання.

ANNOTATION

Hnatiuk O. Development of measures for improving the efficiency of the transformer substation 110/10 kV power supply system. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty Information Technologies and Electrical Engineering. Chair of Electrical Engineering, group EEm-61. - Ternopil : TNTU, 2019.

Pages - 133; Illustrations - 26; Tables - 25; Drawings - 6; Sources - 42; Applications –.

In this diploma paper the modernization of the transformer substation 110/10 kV "Ordanivka" in order to ensure the reliability and efficiency of electricity supply with minimal losses was carried out.

The increase of the intellectual component in the equipment of transformer substations made it possible for them to be performed digitally with respect to control signals, non-serviceable and self-diagnosing with a high degree of reliability was researched.

The extensive capabilities of modern ASCOE tools allow to successfully solve the problems of identification, analysis and reduction of electricity losses in electricity networks, which increases the reliability of electricity supply to consumers has been investigated.

The calculation of steady-state load modes of the electricity supply area, resulting in the estimated stability of the transformer substation 110/10 kV "Ordanivka" was performed.

The calculation of short-circuit currents of 110/10 kV load circuits, on the basis of which the selection of protective switching equipment was performed.

Keywords: reduction substation, electrical network, energy efficiency, switching equipment.