

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ЦЕНТР ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

БАРТКІВ АНДРІЙ СТЕПАНОВИЧ

УДК 621.311

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЇВ
РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ НА ЛІНІЯХ 110/10(6) 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: кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв
Савків Володимир Богданович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно–інтегрованих технологій
Левицький Віталій Васильович
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 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. Під надійністю електропостачання необхідно розуміти безперервне забезпечення споживачів електроенергією заданої якості відповідно до договірних зобов'язань. У сучасних ринкових умовах надійність електропостачання нерозривно пов'язана з економічними показниками й енергетичною безпекою промислових підприємств.

Завдання забезпечення надійності систем електропостачання містить у собі цілий комплекс технічних, економічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження збитку від порушення нормального режиму роботи споживачів електроенергії.

Особливо серйозно проблема надійності проявляється, коли обладнання з показниками надійності, які розрізняються між собою, встановлюється на одних і тих же об'єктах, наприклад, в ході модернізації. Тому для реалізації шляхів підвищення надійності необхідний системний підхід, який дозволяє підвищити надійність підстанції за рахунок розвитку і впровадження новітніх інформаційних технологій та заміни апаратів комутації й управління.

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.

Згідно зі статистичними даними функціонування енергосистем (23 ... 28)% важких аварій є наслідком неправильних дій релейного захисту та противарійної автоматики. В (50 ... 70)% випадків вони призводять до розвитку аварійних ситуацій в тяжкі системні аварії. Крім того, приблизно (30 ... 40)% неправильних дій пов'язані з несправністю самих пристроїв та схем релейного захисту: помилки в апаратній частині, логічній частині або в алгоритмах спрацювання мікропроцесорних пристроїв релейного захисту.

Розвиток в нашій країні релейного захисту і автоматики електроенергетичних систем і зміна апаратної бази від електромеханічних реле до мікросхем і мікропроцесорів, з одного боку, привело до значного підвищення її технічної досконалості, а з іншого боку - до значного зниження надійності. Велику увагу фахівці приділяють аспектам надійності спрацювання захистів. Основна частина неправильних дій систем релейного захисту - це помилкові й зайві спрацювання, як показують статистичні дані, накопичені протягом ряду років. Саме ці види неправильних дій захисту супроводжуються найбільшими збитками від ненадійності апаратури захисту.

Недостатнє вивчення даних про роботу різних типів захистів не дозволяє вирішити пряме завдання надійності, тобто по показниках надійності окремих елементів релейного захисту визначати показники надійності всієї системи в цілому.

Таким чином, можна зробити висновок, що кількісне оцінювання надійності релейного захисту в електроенергетичних системах, її підсистемах, починаючи з трансформаторних підстанцій, представляє собою актуальну задачу. Особливо актуальною ця задача є для схем релейного захисту, в яких

використовуються мікропроцесорні пристрої релейного захисту, які, згідно зі статистичними даними, мають нижчу експлуатаційну надійність за схеми з електромеханічними реле.

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

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

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

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

- аналіз характеристик мікропроцесорного блоку релейного захисту для можливості встановлення в блок релейного захисту;

- розрахунок струмів короткого замикання на шинах високої і середньої напруги підстанції для вибору комутаційного обладнання;

- реконструкція функціональних елементів трансформаторної підстанції на стороні високої та середньої напруги.

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

Предмет дослідження - характеристики новітнього обладнання на базі мікропроцесорних пристроїв релейного захисту й вакуумних та елегазових вимикачів для модернізації підстанції 110 кВ.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Отримало подальший розвиток застосування методів забезпечення надійності трансформаторних підстанцій шляхом їх реконструкції із застосуванням новітнього комутуючого обладнання й мікропроцесорних пристроїв релейного захисту.

- Запропонована для подальшого дослідження модель коефіцієнта передачі електромагнітного трансформатора струму як елемента кола релейного захисту із встановленням динамічного діапазону лінійного перетворення первинного струму без спотворень й робочого частотного діапазону первинного перетворювача струму.

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

Апробація. Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на IV-й Міжнародній науково-технічній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій» на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (45 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 129 стор., 15 табл., 22 рис.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У **першому розділі «Аналітична частина»** проведено стислий аналіз району електропостачання та стану комутаційного обладнання трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ. Проаналізовані характеристики комутуючого обладнання, а також задачі їх заміни на більш сучасні. Проведено аналіз навантажувальних характеристик в номінальному, максимальному і мінімальному режимах роботи підстанції.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** проведено дослідження надійності мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та вимог до цифрових первинних перетворювачів. Проаналізовані методи підвищення надійності елементів релейного захисту і систем електропостачання в цілому на базі цифрових технологій.

У **третьому розділі «Технологічна частина»** здійснено вибір сучасних елементів схеми електропостачання трансформаторної підстанції: вимикачів, роз'єднувачів, вимірювальних трансформаторів струму і напруги, струмовідних частин, конструкції розподільного пристрою, трансформатора власних потреб, запобіжників, автоматичних вимикачів та обмежувачів перенапруги на стороні 10 кВ.

У **четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** розраховані максимальні струми кіл навантаження трансформаторної підстанції Розроблений алгоритм регулювання напруги трансформаторною підстанцією 110/35/10 кВ в електромережі. Проведений розрахунок заземлення та блискавкозахисту підстанції.

У **п'ятому розділі «Спеціальна частина»** здійснений вибір і конфігурація мікропроцесорного терміналу пристрою релейного захисту трансформатора. Проведені розрахунки захистів трансформатора. Здійснено вибір уставок пристрою резервування відмови вимикача.

У **шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проаналізована методика оцінки економічної ефективності інженерних рішень та ступінь деталізації розрахунків економічної ефективності.

У **сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** проведений аналіз небезпечних факторів на трансформаторній підстанції та розроблені заходи їх зменшення, а також роль місцевого управління у створенні безпекового середовища життєдіяльності людей.

У **восьмому розділі «Екологія»** проведений аналіз заходів щодо створення локальних енергетичних систем для мінімізації впливу на біосферу.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі досліджена надійність пристроїв релейного захисту систем електропостачання 110/10 (6) кВ на основі модернізації трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ для забезпечення ефективності постачання електроенергії споживачам.

Отримані такі результати:

1. Проведений аналіз району електропостачання ПС 330/110/35 кВ «Тернопільська» з понижувальною підстанцією 110/35/10 кВ «Радіозавод», а також аналіз електроустаткування та стану комутаційного обладнання підстанції.

2. Досліджена модель надійності пристроїв релейного захисту як результат визначення ймовірностей відмов їх схем в певні моменти часу, а також на інтервалі часу.

3. Проаналізовані статистичні дані функціонування пристроїв релейного захисту в різних робочих ситуаціях для встановлення моделі їх надійності у вигляді узагальненого нормалізованого показника відмов.

4. Досліджена модель коефіцієнта передачі електромагнітного трансформатора струму як елемента кола релейного захисту і встановлено необхідний динамічний діапазон лінійного перетворення первинного струму без спотворень й робочий частотний діапазон перетворювача.

5. Досліджено статистику спрацювань пристроїв релейного захисту різних поколінь виконання і встановлені причини нижчої на даний час надійності мікропроцесорних пристроїв від електромагнітних.

6. Проведено вибір сучасного комутаційного обладнання: вимикачів, роз'єднувачів для підвищення надійності району електропостачання трансформаторної підстанції.

7. Здійснено заміну короткозамикачів на стороні 110 кВ на елегазові вимикачі, заміну оливних вимикачів на стороні 35 кВ на вакуумні.

8. Здійснено вибір вимірювальних трансформаторів струму і напруги, струмовідних частин, трансформаторів власних потреб, обмежувачів перенапруги та іншого комутаційного обладнання ПС 110/35/10 кВ.

9. Проведений розрахунок струмів коротких замикань на шинах 110, 35 і 10 кВ трансформаторної підстанції з визначенням окремих їх параметрів, необхідних для вибору і перевірки електричних апаратів та провідників підстанції, а також для вибору уставок релейного захисту і визначення їх чутливості.

10. Для захисту високовольтного трансформатора здійснено вибір комплектування шафи захисту трансформатора на базі мікропроцесорного терміналу і електромеханічних реле.

11. Проведений розрахунок диференційного захисту трансформатора, максимального струмового захисту з блокуванням по напрузі, коефіцієнта чутливості захисту. Здійснений вибір уставок пристрою резервування відмови вимикача.

12. Проведені розрахунки: захисту трансформатора від перевантаження, блокування пристрою регулювання під напругою, захисту від перегрівання

обвиток і магнітопроводу трансформатора.

Досліджена надійність пристроїв релейного захисту трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ та запропоновані заходи щодо її модернізації підвищать ефективність функціонування систем електропостачання 110/10 (6) кВ, а також сприятимуть безпеці персоналу й недопущенню екологічного забруднення довкілля.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Вакуленко О. О. Аналіз надійності схем релейного захисту в електромережах високої напруги / О. Вакуленко, П. Оліярник, А. Бартків // Матеріали IV МНТК ТНТУ «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій» (20–21 червня 2019 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. – Тернопіль, 2019. – С. 278–280.

АНОТАЦІЯ

Бартків А. С. Дослідження надійності пристроїв релейного захисту на лініях 110/10(6) кВ. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Центр перепідготовки та післядипломної освіти. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕд–2. - Тернопіль : ТНТУ, 2019.

Стор. - 129; рис. - 22; табл. - 15; креслень - 6; джерел - 45; додатків -.

У дипломній роботі проведено модернізацію трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ з використанням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту для забезпечення надійності й ефективності постачання електроенергії споживачам.

Досліджена модель надійності пристроїв релейного захисту як результат визначення ймовірностей відмов їх схем в певні моменти часу, а також на інтервалі часу.

Досліджена модель коефіцієнта передачі електромагнітного трансформатора струму як елемента кола релейного захисту і встановлено необхідний динамічний діапазон лінійного перетворення первинного струму без спотворень й робочий частотний діапазон перетворювача.

Проведена заміна короткозамикачів на стороні 110 кВ на елегазові вимикачі, оливних вимикачів на стороні 35 кВ на вакуумні, а також здійснений вибір трансформаторів струму і напруги та іншого комутаційного обладнання.

Виконаний розрахунок струмів короткого замикання кіл навантажень 110/35/10 кВ, на основі яких здійснено вибір захисного обладнання.

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

ANNOTATION

Bartkiv A. Investigation of the relay protection devices reliability on 110/10 (6) kV lines. 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Center for retraining and postgraduate education. Chair of Electrical Engineering, group EEd-2. - Ternopil : TNTU, 2019.

Pages - 129; Illustrations - 22; Tables - 15; Drawings - 6; Sources - 45; Applications –.

In this diploma paper the modernization of the 110/35/10 kV transformer substation using microprocessor relay protection devices to ensure the reliability and efficiency of electricity supply to consumers has been carried out.

The reliability model of the relay protection devices as a result of determining the probability of failure their circuits at certain points in time, as well as at the time interval, has been researched.

The model of the transmission ratio of the electromagnetic current transformer as an element of the relay protection circuit has been investigated. The required dynamic range of linear conversion of the primary current without distortion and the operating frequency range of the converter was set.

The 110 kV short circuits by the 35 kV gas switches and the vacuum switches on the vacuum switches were replaced. The choice of current and voltage transformers and other switching equipments was made.

The calculation of short circuits currents of 110/35/10 kV loads, on the basis of which the choice of protective equipment are executed.

Keywords: remote substance, electric network, reliability, comuting equipment.