

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

**МАЙКУТ РОМАН БОГДАНОВИЧ**

УДК 621.316.11

**РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ  
ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІ 110/35/10 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:** кандидат технічних наук, доцент кафедри електричної інженерії,

**Бабюк Сергій Миколайович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя.

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв

**Козак Катерина Миколаївна,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 26 грудня 2019 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46005, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

**Актуальність проблеми.** Враховуючи нестабільну економічну ситуацію в Україні (ріст цін на окремі види палива і електроенергетичне обладнання, матеріали і будівельно-монтажні роботи, дефіцит фінансових коштів для закупівлі обладнання), у період, що розглядається намічається мінімальний об'єм вводу нових електромережеских об'єктів. При цьому враховується необхідність дотримання ряду обов'язкових вимог:

- забезпечення нормативних умов видачі потужності електростанцій;
- забезпечення надійного транзиту потужності з надлишкових районів енергосистеми в дефіцитні;
- забезпечення надійного електропостачання споживачів.
- забезпечення планованих поставок експорту електроенергії.
- подальший розвиток способів проти аварійного керування, зв'язку, телемеханіки, обліку електроенергії, які забезпечать стійку і надійну роботу ОЕС України з енергооб'єднаннями.

У зв'язку із створенням розподільних компаній і організацією договірних взаємовідносин між учасниками оптового та роздрібного ринків електроенергії проблема забезпечення надійності та якості електропостачання стає надзвичайно актуальною. Особливе значення у вирішенні цієї проблеми відіграють розподільні електричні мережі середньої напруги 10 кВ.

Актуальність теми обумовлена тим, що погіршення технічного стану силового обладнання ПС 110/35/10 кВ є однією з основних причин зростання пошкоджуваності. Необхідність реконструкції підстанції виникає і за умовами морального зношення: необхідність зміни схеми, заміни трансформаторів; при цьому має змінюватися зношене обладнання. Проблема переобладнання і реконструкції ПС у зв'язку зі старінням основних фондів і моральним зносом є в сучасних умовах вирішальною для забезпечення живучості та надійності електроенергетики. Реконструкція підстанції дозволить підвищити надійність електропостачання та якість електроенергії у споживачів, а так само знизити втрати електроенергії і як наслідок витрати на експлуатацію.

Стратегія проведення робіт по реконструкції ПС повинна враховувати фінансове становище і будуватися в найближчі роки в напрямку продовження ресурсу обладнання, застосування відновлювальних технологій. Продовження ресурсу обладнання неминуче позначиться на збільшенні обсягу робіт по усуненню фізичного і морального зносу об'єктів електричних мереж в майбутньому.

### **Мета і завдання дослідження.**

Метою дипломної роботи є розробка технічних заходів підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ.

Відповідно до вказаної мети розв'язувалися наступні завдання:

- аналіз ділянки мережі, до якої підключається проектована підстанція.
- аналіз існуючих мікропроцесорних блоків релейного захисту;
- визначення основних способів підвищення надійності та ефективності роботи релейного захисту;

– вибір потужності силових трансформаторів, згідно повної потужності навантаження за умови допустимого навантаження трансформатора в номінальному режимі;

– розрахунок захисту силових трансформаторів, та вибір необхідної комутаційно-захисної апаратури;

– аналіз та впровадження методів компенсації реактивної потужності для зменшення втрат активної потужності та напруги.

**Об'єкт дослідження** – електричні мережі розподільних трансформаторних підстанцій.

**Предмет дослідження** – розробка технічних заходів підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

– отримало подальший розвиток дослідження та розробка технічних заходів для підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції, шляхом модернізації релейного захисту.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Модернізація основних складових частин системи електропостачання трансформаторної підстанції, дозволить знизити втрати електричної енергії, а також підвищити надійність електропостачання споживачів.

**Апробація.** Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на VIII 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 розділів, висновків, переліку посилань (22 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 134 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У **першому розділі «Аналітична частина»** представлені загальні поняття про мікропроцесорний релейний захист, здійснений огляд мікропроцесорних пристроїв захисту вітчизняного та зарубіжного виробництва, що використовуються для захисту трансформаторів.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** здійснено аналіз захистів трансформаторних підстанцій. Детально розглянуто Дистанційний захист, його принцип дії та призначення, розглянуто характеристики витримки часу дистанційного захисту.

Здійснено аналіз структурної схеми дистанційних захисті із ступінчастою характеристикою

У **третьому розділі «Технологічна частина»** здійснено вибір силових трансформаторів, на підстанції, згідно ТУ, встановлюються два паралельно працюючих трансформатора марки ТДТН-40000/110. Потужність

трансформаторів вибрана з врахуванням їх завантаження на перспективу. Рекомендовані до встановлення трансформатори перевірено за умовами вибору трансформаторів.

Згідно ТУ, підключення підстанції виконано відгалуженням від існуючої лінії, тому на стороні високої напруги передбачається дві лінії.

Враховуючи тип підстанції, потужності трансформаторів, наявність синхронних компенсаторів, типу електрообладнання, способу обслуговування і виду оперативного струму здійснено вибір схеми власних потреб підстанції, а також вибір трансформаторів власних потреб.

Для вибору і перевірки електричних апаратів і провідників, які використовуються на підстанції, а також для вибору вставок і перевірки чутливості пристроїв РЗА здійснено розрахунки струмів короткого замикання.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведено вибір вимикачів, роз'єднувачів, вимірювальних трансформаторів струму та напруги, струмоведучих частин.

Згідно проведеного розрахунку релейного захисту трансформатора, спроектовано схему релейного захисту на базі мікропроцесорного блоку захисту типу SPAC.

**У п'ятому розділі «Спеціальна частина»** розрахунок оптимальної ємності конденсаторних батарей, а також здійснено оцінку ефективності компенсації реактивної потужності.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено розрахунок витрат на модернізацію трансформаторної підстанції а також розраховано термін окупності проекту.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто вплив електричного струму на організм людини та здійснено розробку заходів, щодо зниження небезпеки ураження працівників, проведено розрахунок заземлення підстанції.

Розглянуто питання підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики під час надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

**У восьмому розділі «Екологія»** розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, та проведено дослідження впливу діяльності трансформаторної підстанції на довкілля, а також здійснено розробку заходів, щодо мінімізації цього впливу.

## **ВИСНОВКИ**

Результатом виконання дипломної роботи стало вирішення практичного завдання – розробки технічних заходів підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ.

Отримані наступні результати:

1. Проведений аналіз існуючих мікропроцесорних блоків релейного захисту, здійснено визначення основних способів підвищення надійності та ефективності роботи релейного захисту.

2. Проведений аналіз ділянки мережі, до якої підключається проектована підстанція. Результатом аналізу є необхідність спорудження на ділянці III-го кола.

3. Проаналізовано можливість використання сучасної комутаційно-захисної апаратури у спроектованій системі електропостачання, здійснено вибір та перевірку комутаційно-захисної апаратури за умовами термічної та електродинамічної стійкості.

4. Розроблено еквівалентну схеми та схему заміщення електричної мережі, розраховано струми короткого замикання, відповідно до цих розрахунків, здійснено вибір низьковольтного та високовольтного електрообладнання, раціональних перетинів жил кабелів і проводів.

5. Виконаний розрахунок та вибір пристроїв релейного захисту трансформатора із застосуванням МПП РЗА виробництва НПП «ЭКРА». Для захисту трансформатора прийнято до встановлення шафа ШЭ 2607 041015-27E2УХЛ4 – шафа захисту трансформатора і автоматики керування вимикачем.

6. Розглянуто задачу компенсації реактивної потужності виключно на трансформаторній підстанції напругою 110/35/10 кВ шляхом підключення конденсаторних установок до шин 10 кВ, проведено їх розрахунок, та вибір.

7. Проведений техніко-економічний аналіз роботи. Визначений термін окупності, який складає 3 роки.

8. Виконаний розрахунок заземлюючого пристрою підстанції. Отриманий опір заземлюючого пристрою складає 0,466 Ом.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Майкут Р.Б. Забезпечення надійності роботи трансформаторних підстанцій / В.М. Долопікула, Р.Б. Майкут, Р.В. Токарчук. // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль 27-28 листопада 2019. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 3. — С. 30. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

## **АНОТАЦІЯ**

**Майкут Р. Б. "Розробка технічних заходів підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ."**

**Основною метою роботи** є аналіз та розробка технічних заходів підвищення надійності роботи трансформаторної підстанції 110/35/10 кВ.

Проведений огляд різних виробників мікропроцесорних пристроїв релейного захисту і автоматики, які використовуються для захисту трансформатора і автотрансформатора.

Проведені вибір і перевірка основного силового і комутаційного обладнання.

Розрахований релейний захист трансформатора із застосуванням мікропроцесорного пристроїв релейного захисту і автоматики.

Визначені вартість реалізації проекту, термін окупності, чистий дисконтований дохід та індекс дохідності за розрахунковий період.

Перелік ключових слів: РОЗПОДІЛЬНИЙ ПУНКТ, МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ

БЛОК ЗАХИСТУ, СТРУМ, НАПРУГА, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ.

### ANNOTATION

**Maikut R. Development of technical activities for increasing the reliability of operation of the transformer substation 110/35/10 kV.**

**The primary purpose of work** are an analysis and development of technical measures of increase of reliability of work of transformer substation of 110/35/10 кВ.

Conducted review of different producers of microprocessor devices of relay defence and automation, that is used for defence of transformer and autotransformer.

A choice and verification of basic power and interconnect equipment are conducted.

Expected relay defence of transformer with application microprocessor devices of relay defence and automation.

The cost of realization of project, term of recoupment, net discounted profit and index of дохідності, is certain for calculation period.

**Keywords:** DISTRIBUTIVE POINT, MICROPROCESSOR BLOCK Of DEFENCE, CURRENT, TENSION, TRANSFORMER SUBSTATION, POWER SUPPLY, LOADING, CABLE LINE.

