Міністерство освіти і науки України

Тернопільський НАЦІОНАЛЬНИЙ технічний Університет

імені Івана Пулюя

[ЦЕНТР](http://tntu.edu.ua/?p=uk/structure/faculties/fpt) ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ

КАФЕДРА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСРОЖИВАННЯ ТА КОМП’ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

**ЛЮБІНСЬКИЙ ТАРАС ПЕТРОВИЧ**

УДК 621.311

**ВПРОВАДЖЕННЯ МОДУЛІВ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО**

**РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ НА ТРАНСФОРМАТОРНІЙ ПІДСТАНЦІЇ**

141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

|  |
| --- |
| 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**Оробчук Богдан Ярославович,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  |
| **Рецензент:** | кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв**Коноваленко Ігор Володимирович,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, |

Захист відбудеться 23 грудня 2018 р. о 09.00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 40 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310

**ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Надійність — складна, одна з основних характеристик пристроїв релейного захисту, що характеризується комбінацією таких властивостей, як безвідмов­ність, ремонтопридатність, збереженість. Вона визначається як властивість об'єкта зберігати в часі, у встановлених межах, значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання й транспортування.

Необхідно враховувати, що короткі замикання (КЗ) на енергетичних об'єктах відбуваються порівняно рідко й носять короткочасний характер. Це приводить до того, що переважна більшість ушкоджень пристроїв релейного захисту (ПРЗ) виникає в режимі очікування КЗ і за винятком дефектів, що приводять до неправильного спрацьовування, до виникнення КЗ у функціону­ванні захистів не проявляються. Тому слід розрізняти відмову апаратну, тобто втрату здатності виконання пристроєм заданої функції, і відмову функціону­вання — невиконання заданої функції. Моменти виникнення цих подій у загальному випадку не збігаються. Апаратна відмова може не привести до відмови функціонування ПРЗ, якщо між моментом виникнення дефекту й моментом КЗ буде здійснений ремонт ПРЗ. Однак, якщо ПРЗ не буде відновлюватися, одна апаратурна відмова може викликати кілька відмов функціонування. Таким чином, надійність функціонування ПРЗ суттєво залежить від його ремонтопридатності й може бути поліпшена не тільки за допомогою підвищення безвідмовності ПРЗ, але й за рахунок своєчасного виявлення й усунення виниклих дефектів.

В останні роки в техніці релейного захисту відбулися помітні зміни, пов'язані із застосуванням статичних напівпровідникових ПРЗ, які виконуються на інтегральних мікросхемах. Перехід на нову елементну базу, обумовив необхідність розробки нових технічних рішень, спрямованих на підвищення надійності ПРЗ та створив необхідні для цього можливості.

Релейний захист (РЗ) і автоматика є частиною комплексу електроустатку­вання, без якої неможливо забезпечити електропоста­чання споживачів. Під­три­мка правильності роботи всіх компонентів захисту, що забезпечують усі перераховані вище властивості, покладається на процеси діагностики й пере­вірки пристроїв релейного захисту. У дипломній роботі систематизовані основні способи й методи перевірок захистів виконаних на сучасній елементній базі.

**Мета і задачі дослідження.** Метоюроботи є аналіз існуючих сучасних методів функціонального й тестового контролю пристроїв релейного захисту, впровадження їх в роботу трансформаторних підстанцій.

Для досягнення цієї мети поставлено наступні *задачі дослідження*:

1. Виконати огляд сучасних моделей електромеханічних і мікропроцесор­них пристроїв релейного захисту.

2. Виконати дослідження теоретичних аспектів побудови вбудованих засобів функціональ­ного й тестового діагностування пристроїв РЗ, реалізованих як на електромеханіч­ній, так і на мікроелектронній елементних базах.

3. Виконати обґрунтування реконструкції ТП 35/10 кВ «Балинівка» та аналіз технічних характеристик підстанції.

4. Провести дослідження і електричні розрахунки перспективних наванта­жень на вводі та довести доцільність установки ще одного трансформатора на паралельну роботу.

5. Виконати необхідні розрахунки струмів короткого замикання та провести вибір відповідного обладнання

6. На основі проведених досліджень та розрахунків вибрати обладнання для мікропроцесорного захисту і розробити схему підключення.

**Об'єкт** **дослідження -** системи тестового й функціонального контролю пристроїв релейного захисту й автоматики.

**Предмет** **дослідження** – сучасні напівпровідникові й мікропроцесорні засоби контролю пристроїв релейного захисту.

**Наукова новизна роботи полягає:**

1. В аналізі стану засобів контролю релейного захисту, його періодичності і тривалості, а також у виборі найбільш перспективних напрямків удоскона­лення пристроїв налаштування та діагностики пристроїв релейного захисту.

2. В результаті натурного дослідження цифрового релейного захисту типу БМРЗ-ТД-03-20-11 обрано програмно-тестові випробування як найбільш перспективні засоби контролю пристроїв релейного захисту

**Практична значущість роботи**.

1. Виявлені закономірності між методикою визначення строків перевірки релейного захисту і типів релейного захисту, що перевіряються, на основі матема­тичних очікувань відмов, чисельності персоналу й складності релейного захисту.

2. Визначені основні переваги й недоліки використання пристроїв тестового й функціонального контролю на прикладі сучасних мікропроцесорних пристроїв релейного захисту (МПРЗ), обґрунтовані й намічені подальші напрямки дослідження проблеми використання МПРЗ у системах електропостачання..

**Апробація.** Основні положення роботи і її результати доповідалися на VІІ Міжнарод­ній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам’яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22 травня 2018 р. (Тернопіль 2018 р.)

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (32 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 144 сторінки, 25 таблиць, 20 рисунків.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

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

**У першому розділі «Аналітична частина»** розглянуто застосування пристроїв цифрового релейного захисту в енергетиці , виконано аналіз пошкод­жень і ненормальних режимів роботи трансформаторів, розглянуто основні види і призначення автоматичних пристроїв трансформатора, його струмові захисти та умови відключення трансформаторів від пристроїв релейного захисту за відсутності вимикача на стороні вищої напруги.

Всі електроустановки обладналися пристроями релейного захисту, призначе­ними для відключення ділянки в колі, якщо пошкодження спричиняє за собою вихід з ладу елементу або електроустановки в цілому. Релейний захист спрацьо­вує і тоді, коли виникають умови, загрозливі порушенням нормального режиму роботи електроустановки. У релейному захисті електроустановок захисні функції покладені на реле, які служать для подачі імпульсу на автоматичне відключення елементів електроустановки або сигналу про порушення нормального режиму роботи устаткування, ділянки електроустановки, лінії і так далі. Реле є апарат, що реагує на зміну якої-небудь фізичної величини, наприклад струму, напруги, тиску, температури. Коли відхилення цієї величини виявляється вищим допусти­мого, реле спрацьовує і його контакти, замикаючись або розмикаючись, прово­дять необхідні перемикання з допомогою подали або відключення напруги в ланцюгах управління електроустановкою. До релейного захисту пред'являють наступні вимоги: *селективність* (вибірковість) - відключення тільки тієї мініма­ль­­ної частини або елементу установки, яка викликала порушення режиму; *чутливість* - швидка реакція на певні, заздалегідь задані відхилення від норма­льних режимів, іноді самі незначні; *надійність* - безвідмовна робота у разі відхи­лення від нормального режиму. Надійність захисту забезпечується як правильним вибором схеми і апаратів, так і правильною експлуатацією, що передбачає періо­дичні профілактичні перевірки і випробування. Необхідна швидкість спрацьо­вування реле визначається проектом залежно від характеру технологічного про­цесу. Іноді для зведення до мінімуму збитку від виниклих пошкоджень релейний захист повинен забезпечувати повне відключення протягом сотих доль секунди.

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** виконано дослідження сучасних мікропроцесорних системи в електроенергетиці, аналіз надійності різних видів релейного захисту електроенергетичних об’єктів, досліджено методи перевірок пристроїв релейного захисту, сформована загальна характерис­тика об’єкта дослідження та виконано опис елементів підстанції.

В даний час більшість використовуваних в Україні пристроїв релейного захисту і автоматики електронно-електричних механізмів (РЗА ЕЕМ) відносять­ся до покоління електромеханічних і мікроелектронних реле і не відповідають сучасним науково-технічним вимогам. Один з напрямків удоскона­лювання - використання мікропроцесорів для виконання функцій релейного захисту й автоматики. Цифрові пристрої (ЦП) мають ряд переваг у порівнянні із система­ми, виконаними на традиційній елементній базі, у тому числі більш широкі експлуатаційні показники і можливість інтеграції їх у системи керування електроенергетичними об'єктами. ЦП використовуються в системах РЗА вже більше десяти років. За цей час досягнуті високі показники надійності роботи, розроблені програмні пакети, що дозволяють інтегрувати ЦП в АСУ ТП.

Кінцевою метою функціонування релейного захисту (РЗ) є забезпечення безаварійності об’єктів захисту (ОЗ) (електричних станцій, ліній електропередач, електроенергетичних установок і т.д.), тобто можливості системи РЗ шляхом відключення ОЗ вчасно запобігати розвитку аварійних ситуацій, небезпечних для встаткування й обслуговуючого персоналу.

Пристрої релейного захисту й автоматики, встановлені в системах електропостачання (на електричних станціях, підстанціях) повинні перевірятися як при новому підключенні, так і періодично, для своєчасного виявлення несправності елементів і їх заміни, якщо це потрібно. Перевірка пристроїв релейного захисту буває профілактичної (перевірка при новому включенні або періодична перевірка) і позачергової (перевірка при неправильних діях пристроїв, що відбулися при аварійних збурюваннях в енергосистемі, або при нормальній роботі).

Одним з ефективних методів підвищення надійності функціонування й ремонтопридатності ПРЗ є використання вбудованих засобів контролю. Вони розділяються на пристрої функціонального контролю, які також називають індикаторами відмов пасивного типу, і пристрою тестового контролю, які нази­вають індикаторами відмов пасивного типу. ФК виявляють дефекти в результаті обробки інформації про реакції ПРЗ на сигнали, що надходять безпосередньо від об'єкта, що захищається, тобто подача тестових впливів на об'єкт діагностування не передбачається. ТК, у свою чергу, для виявлення дефектів використовують спеціально сформовані діагностичні впливи, що забезпечує більш широкі можливості, наприклад тестове й функціональне діагностування з ухваленням рішення про вивід з дії діагностованого пристрою, якщо це потрібно.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** виконано дослідження мікропроцесорного захисту РТП 35/10 «Балинівка», розроблено схему підклю­чен­ня мікропроцесорного захисту, запропоновано порядок технічного контролю і обслуговування електроустановок, що керуються цим мікропроцесорним реле­йним захистом.

Блок мікропроцесорного релейного захисту БМРЗ-ТД-03-20-11 (надалі - БМРЗ), призначений для виконання функцій швидкодіючого основного захисту, автоматики вимикача високої напруги (віддільника, короткозамикача), управлін­ня, вимірювання і сигналізації двообмоткових трансформаторів і трансформа­торів з розщепленою обмоткою НН, з напругою ВН до 220 кВ.

БМРЗ забезпечує виконання функцій датчика і приймача пристрою резервування при відмові вимикача ВН (УРОВД і УРОВП) (рис. 1). Функція УРОВ виводиться програмним способом - виведення УРОВД (ключ **S44**), виведення УРОВП (ключ **S46**).

Рисунок 1 - Схема захисту силового трансформатора

Пуск УРОВД відбувається:

– при спрацьовуванні ДСВ;

– при спрацьовуванні ДЗТ;

– по сигналах "Зовн. захист 1", " Зовн. захист 2";

– по сигналу "УРОВП" від нижчого захисту.

Сигнал "УРОВД" видається з витримкою часу ТУРІВ після видачі команди на відключення вимикача за умови його невідключення. Відключення вимикача фіксується за фактом відсутності струмів ВН, а також струму короткозамикача при введенні контролю струму короткозамикача у функцію УРОВД (ключ **S915**). Ознакою відсутності струмів ВН є спрацьовування трифазного реле мінімаль­ного струму включеного на фазні струми сторони ВН. Сигнал "УРОВД" зніма­ється по факту відключення вимикача.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведено розрахункові навантаження мережі напругою 10 кВ, розрахунок потужності і кількості трансформаторів РТП 35/10 кВ, розрахунок струмів короткого зами­кан­ня РТП 35/10 кВ і відхідних ліній 10 кВ, а тако виконано вибір обладнання сторони 35 кВ і сторони 10 кВ.

Для визначення сумарної потужності на ділянках з багатьма наванта­женнями групуємо трансформаторні підстанції так, щоб їх навантаження не відрізнялись один від одного більш як в чотири рази. Навантаження групи визначаємо з урахуванням коефіцієнта одночасності, а сумарне навантаження до більшого навантаження додаємо визначене  від меншого навантаження.

Для визначення сумарної потужності РТП підсумовуємо денні і вечірні навантаження ліній найбільш навантажених ділянок відхідних ліній 10 кВ з урахуванням коефіцієнта одночасності. Якщо навантаження відрізняються більш як в чотири рази, то використовуємо метод добавок.

У випадку, коли число відхідних ліній 10 кВ більше п'яти, рекомендовано встановлювати два трансформатори. На двотрансформаторних РТП рекоменду­ється встановлювати трансформатори однакової потужності, при чому потужність кожного з них має складати 65...70% потужності підстанції на кінець розра­хункового періоду.

У нашому випадку на діючій підстанції вже стоїть трансформатор потуж­ністю *Sтр* = 2,5 МВт⋅А. При паралельному включенні трансформатора повинні виконуватися умови:

1) при паралельному включенні трансформаторів їх первинні і вторинні обмотки приєднуються відповідно до загальних шин мережі живлення і споживача;

2) трансформатори повинні мати одну і ту ж групу з'єднань;

3) при виконанні цих умов у паралельно працюючих трансформаторів загальне навантаження може бути розподілене відповідно їх номінальним потужностям;

4) ГОСТ 11677—85 допускає паралельну роботу трансформаторів за умови, що їх коефіцієнти трансформації відхиляються не більше ніж на 0,5% від середнього арифметичного значення;

5) відмінність номінальних потужностей паралельно працюючих трансфор­маторів повинна бути не більше 3:1.

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** виконано розрахунок диферен­ційного захисту, розрахунок максимального струмового захисту силового трансформа­тора сторони 35 кВ і сторони 10 кВ.

Розрахунок диференційного захисту силового трансформатора на основі дифе­рен­ційного реле типу ДЗТ-11 проведемо згідно методичної літератури, який полягає в підборі витків гальмівної, робочої та двох урівноважувальних обмоток реле.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» виконано аналіз** матеріалів і обладнання для реконструкції підстанції, проведено визначення кошторисної вартості реконструкції та визначення витрат на експлуатацію.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуа­ціях»** розглянутоосновні небезпечні і шкідливі виробничі фактори в районних електромережах, проведено розрахунок захисного заземлення і грозозахисту та запропоновані заходи щодо підвищення цивільного захисту в умовах надзви­чайних ситуацій.

**У восьмому розділі «Екологія»** проведеноАналіз забруднень довкілля, що виникають у результаті роботи підстанції, запропоновано засоби Управління відходами і викидами при роботі підстанції та Заходи щодо захисту від дії електричного поля і виробничих шумів.

**ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі приведені результати теоретичних досліджень та вирішена науково-технічна задача, що полягає в запропонованих методах впровадження модулів мікропроцесорного релейного захисту на трансформатор­ній підстанції з метою підвищення їх експлуатаційних показників. На базі отриманих результатів досліджень зроблено наступні висновки:

1. Розглянуто нові моделі електромеханічних і мікропроцесорних ПРЗ, що забезпечують повний і досить точний опис пристроїв з урахуванням їх особливос­тей і вимог експлуатації.

2. Досліджено теоретичні аспекти побудови вбудованих засобів функціональ­ного й тестового діагностування пристроїв РЗ, реалізованих як на електромеханіч­ній, так і на мікроелектронній елементних базах.

3. Проведено аналіз і обґрунтування строків перевірки ПРЗ, оптимізацію процесу знаходження оптимального періоду між перевірками.

4. Проведено обґрунтування реконструкції РТП 35/10 кВ «Балинівка», зокрема, виконано детальний аналіз технічних характеристик підстанції.

5. Проведено дослідження і електричні розрахунки перспективних наванта­жень на вводі та доведено доцільність установки ще одного трансформатора на паралельну роботу.

6. На основі проведених досліджень та розрахунків вибрано обладнання для мікропроцесорного захисту і розроблено схему підключення.

7. За результатами проведених досліджень та розрахунків виконано техніко-економічне обґрунтування рекон­струкції підстанції та впровадження мікропроце­сорного релейного захисту.

8. Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях та заходи щодо дотримання екологічних норм при роботі модернізованої трансформа­торної підстанції.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Любінський Т.Б. Розробка мікропроцесорного діагностично-випробу­вального лабораторного комплексу. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф., (Тернопіль, 22-24 трав. 2018.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. Івана Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 269-270 с.

АНОТАЦІЯ

**Любінський Т. П. Впровадження модулів мікропроцесорного релейного захисту на трансформаторній підстанції**, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі приведені результати теоретичних досліджень та вирішена науково-технічна задача, суть якої полягає в запропонованих методах впровадження модулів мікропроцесорного релейного захисту на трансформатор­ній підстанції з метою підвищення її експлуатаційних показників.

**Ключові слова:** силовий трансформатор, трансформаторна підстанція, релейний захист, мікропроцесорний модуль, режими роботи.

**ANNOTATION**

**Liubinskyi T. Implementation of modules of microprocessor relay protection at the transformer substation,** 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2018.

In the diploma paper presents the results of theoretical research and solves the scientific and technical problem, the essence of which is the proposed methods of introducing modules of microprocessor relay protection on a transformer substation with the aim of increasing its operating parameters.

**Key words:** power transformer, transformer substation, relay protection, microprocessor module, operating modes.