МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

**КІШ ЮРІЙ ЮРІЙОВИЧ**

УДК621.316

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

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**Решетник Віктор Якович**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя |
| **Рецензент:** | доктор технічних наук, професор кафедри технології і обладнання зварювального виробництва**Пулька Чеслав Вікторович,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя |

Захист відбудеться 29 грудня 2018 року о 1400 годині на засіданні екзаменаційної комісії №36 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.** Найбільш поширеним видом пошкодження в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллю 10 кВ є однофазні замикання на землю (ОЗЗ), що найбільше впливають на стан ізоляції кабелів, а також підключеного до них електроустаткування.

Порушення роботи мережі, пов'язані з ОЗЗ в більшості випадків відбуваються через недостатню чутливість релейного захисту та, як наслідок, несвоєчасного відключення пошкодженої фідера, що може призвести до ураження людини електричним струмом. Порушити виробничий процес підприємства також може неселективне спрацьовування релейного захисту, що має місце в мережах із власними ємнісними струмами приєднань що значно відрізняються за величиною. Якщо рівні струмів ОЗЗ відносно малі, наприклад, складають не більше 1 - 2 А, забезпечити необхідну чутливість і селективність захисту дуже складно. У цих системах електропостачання більшість замикань є дуговими і супроводжуються перенапруженнями, що досягають 3-3,9Uфн., ферорезонансними процесами, неселективною роботою захисту і груповими відключеннями приєднань.

Для підвищення надійності роботи мереж з ізольованою нейтраллю при ємнісних струмах замикання на землю понад 10-30 А застосовується заземлення нейтралі через індуктивний опір для компенсації ємнісних струмів. Для мереж з струмами замикання менше зазначених, останнім часом все частіше застосовують заземлення нейтралі мережі через активний опір, що дозволяє позбутися від високих перенапруг, феррорезонансних процесів і підвищити селективність дії релейного захисту.

Через складність проведення натурних експериментів на деревообробному підприємстві по визначенню найбільш ефективного способу захисту під час ОЗЗ, актуальним є аналіз роботи різних типів релейних захистів та підвищення чутливості і селективності їх дії.

**Метою** дипломної роботи є підвищення надійності та ефективності захисту від однофазних замикань на землю у системі електропостачання деревообробного підприємства.

**Завдання дослідження:**

- провести аналіз існуючої системи електропостачання та здійснити вибір оптимальної схеми живлення деревообробного підприємства з врахуванням особливостей режиму роботи та категорійності обладнання;

- провести на підприємстві автоматичний контроль і облік електроенергії за допомогою багатофункціональних лічильників;

- здійснити розрахунок струмів короткого замикання та уставок релейного захисту кабельних ліній живлення підприємства;

- провести аналіз способів заземлення нейтралі та оцінку видів релейних захистіввід ОЗЗв мережах напруги 10 кВ;

- провести дослідження пристрою управління резистивним заземленням і шунтуванням пошкодженої фази при однофазному замиканні на землю.

**Об’єкт дослідження** – система електропостачання деревообробного підприємства.

**Предмет дослідження** – способи підвищення чутливості та надійності релейного захисту від однофазних замикань на землю.

**Наукова новизна отриманих результатів:** дістали подальший розвиток методи та засоби зниження рівня перенапруг та підвищення чутливості та селективності дії релейного захисту від однофазних замикань на землю у системі електропостачання 10 кВ деревообробного підприємства.

**Практичне значення отриманих результатів** виявляється у можливості підвищення надійності системи електропостачання деревообробного підприємства та підвищенні чутливості та надійності релейного захисту від однофазних замикань на землю.

**Апробація.**

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VІІ-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (23 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 122 сторінки, 13 таблиць,
16 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»** проведено аналіз системи електропостачання та режиму роботи деревообробного підприємства. Установлена потужність 5,5 МВт, категорія надійності електропостачання – І, II, III.

Також було проведено порівняльну характеристику способів заземлення нейтралі в мережах напруги 10 кВ. На Україні ці мережі працюють з ізольованою нейтраллю або заземленою через дугогасильну котушку (ДГК) нейтраллю.

Одним із напрямів удосконалення умов експлуатації мереж з ізольованою нейтраллю 6 - 10 кВ, яке вже використовується в ряді зарубіжних країн, є резистивне заземлення нейтралі мережі, яке: дозволяє ефективно обмежити дугові перенапруги до рівня, який безпечний для експлуатації електричних машин, трансформаторів і кабелів з ослабленою ізоляцією; збільшити струми замикання на землю для підвищення чутливості релейного захисту. Проте, відсутній стандарт на величину заземлюючого резистора: низькоомний високовольтний 100 Ом має недостатню термічну стійкість та громіздкість, а високовольтний високоомний 1000-2000 Ом характеризується високою термічною стійкістю але дороговартісний, громізкий та складний у монтажі та налаштуванні; відсутній стандарт на схему підключення резистора.

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** було проведено аналіз та оцінку видів релейних захистів від ОЗЗ в мережах напруги 10 кВ. Основним недоліком захистів, що вимірюють напругу нульової послідовності, і які використовуються на 80% підстанцій України є те, що пошук пошкодженого фідера здійснюється шляхом почергового відключення приєднань з контролем напруги нульової послідовності, що призводить до ще більшого підвищення кратностей перенапруг.

Зроблено висновок, що в системах електропостачання 10 кВ з малими струмами замикання фази на землю струмові захисти не мають необхідної чутливості. Струмові спрямовані захисти не забезпечують селективності дії, що призводить до відмов в роботі захистів або до відключення декількох приєднань при ОЗЗ, виникненню ферорезонансних процесів і до міжфазних замикань.

З’ясовано, що правильний вибір релейного захисту від ОЗЗ залежить саме від режиму заземлення нейтралі. Оптимальний вибір режиму заземлення нейтралі різний для кожної країни, і кожний із способів не вирішує усіх недоліків захисту.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** проведено вибір більш надійної схеми системи електропостачання підприємства. Для підвищення надійності у роботі запропоновано введення додаткового резервного джерела живлення. Основне живлення розподільчого пункту РП2 - 10 кВ деревообробного підприємства виконане від ПС 35/10 кВ шляхом встановленням в розподільчому пункті ввідної комірки №8 (КЗО 393 17В). Резервне живлення виконано від
ПС 110/10 кВ шляхом введення нових ввідних комірок №1,6 з вакуумними вимикачами ВВ/TEL – 10. РП2-10 кВ живить трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ деревообробного підприємства потужністю ТП-2 2×2500 кВ·А і ТП-3 потужністю 2×1600 кВ·А. Проведено розрахунок заземлюючого пристрою
РП2-10 *кВ* деревообробного підприємства**.**

Здійснено встановлення в шафах комерційного обліку розподільчих пунктів 10 кВ ПС 35/10 кВ та ПС 110/10 кВ багатофункціональних лічильників SL7000 Smart, що дозволить здійснювати автоматичний контроль і облік електроенергії та економити витрати на електроенергію шляхом використання тризонного тарифу.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** здійснено розрахунок струмів короткого замикання у мінімальному та максимальному режимах в контрольованих точках схеми електропостачання. Також проведено розрахунок уставок релейного захисту: максимального струмового
захисту (МСЗ) та струмової відсічки (СВ) для кожної з ввідних комірок. Основна зона захисту – кабельна лінія 10 кВ. Схема захисту виконана на базі пристрою РС80М2-8 при трифазному виконанні по схемі неповної зірки.

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** було проведено дослідження пристрою управління резистивним заземленням і шунтуванням пошкодженої фази при ОЗЗ та запропоновано використання в системі електропостачання деревообробного підприємства 10 кВ.

Пристрій складається з приєднувального трансформатора ПТ, первинна обвитка якого сполучена в зірку із заземленим нульовим виводом і підключена до мережі 10 кВ. Вторинна обвитка ПТ напругою 0,4 кВ сполучена в розімкнений трикутник і до неї через силові контакти контактора підключений низьковольтний резистор *RН*, який є малогабаритним, має низьку вартість та розрахований на тривале протікання струму 2 - 4 години.

Таким чином, дана схема комплексно дозволить знизити рівень перенапруг з 4*UФ* до 2,1*UФ* та підвищити чутливість та селективність дії релейного захисту від ОЗЗ в системі електропостачання деревообробного підприємства.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено розрахунок економічної ефективності від проведення модернізації системи електропостачання деревообробного підприємства та техніко-економічне обгрунтування використання диференційованого тарифу для обліку споживання електричної енергії на деревообробному підприємстві. При існуючому місячному графіку споживання електроенергії тризонний тариф є прибутковим для підприємства. Економія коштів за рік складе 373 тис. грн.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто технічні заходи із забезпечення охорони праці, техніки безпеки, протипожежної безпеки та заходи щодо захисту від ураження електричним струмом на деревообробному підприємстві. Також розглянуто стійкість роботи розподільного пункту деревообробного підприємства в надзвичайних ситуаціях.

**У восьмому розділі «Екологія»** розглянуто прояви та заходи для зменшення шкідливого впливу на довкілля в процесі експлуатації електроустановок на деревообробному підприємстві.

**ВИСНОВКИ**

В дипломній роботі поведено модернізацію та розглянуто науково-практичну задачу підвищення надійності роботи системи електропостачання деревообробного підприємства при однофазних замиканнях на землю і отримано такі результати:

1. Проведено аналіз системи електропостачання підприємства. Для підвищення її надійності у роботі запропоновано виконати основне живлення РП2 - 10 кВ деревообробного підприємства від ПС 35/10 кВ шляхом встановленням в розподільчому пункті ввідної комірки №8 (КЗО 393 17В). Резервне живлення виконано від ПС 110/10 кВ шляхом введення нових ввідних комірок №1,6 з вакумними вимикачами ВВ/TEL – 10.
2. Здійснено встановлення в шафах комерційного обліку розподільчих пунктів 10 кВ ПС 35/10 кВ та ПС 110/10 кВ багатофункціональних лічильників SL7000 Smart, що дозволить здійснювати автоматичний контроль і облік електроенергії та економити витрати на електроенергію шляхом використання тризонного тарифу, який є прибутковим для підприємства при існуючому місячному графіку споживання електроенергії. Економія коштів за рік складе 373 тис грн.
3. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання в контрольованих точках схеми електропостачання та проведено розрахунок уставок релейного захисту кабельних ліній живлення напругою 10 кВ. Схема захисту виконана на базі пристрою РС80М2-8 при трьохфазному виконанні по схемі неповної зірки.
4. Проведена порівняльна характеристика способів заземлення нейтралі та видів релейних захистіввід ОЗЗв мережах напруги 10 кВ показує, що правильний вибір релейного захисту від ОЗЗ залежить саме від режиму заземлення нейтралі. Оптимальний вибір режиму заземлення нейтралі різний для кожної країни, і кожний із способів не вирішує усіх недоліків захисту.
5. Запропоновано використання пристрою управління резистивним заземленням і шунтуванням пошкодженої фази при ОЗЗ в системі електропостачання деревообробного підприємства 10 кВ, що комплексно дозволить знизити рівень перенапруг з 4*UФ* до 2,1*UФ* та підвищити чутливість та селективність дії релейного захисту від ОЗЗ.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Решетник В. Я. Підвищення надійності захисту від однофазних замикань на землю в системі електропостачання деревообробного підприємства /
В. Я. Решетник, Т. А. Концограда, Ю. Ю. Кіш // Збірник тез доповідей ⅥІ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-29 листопада 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 3. — С. 7. — (Електротехніка та енергозбереження).

**АНОТАЦІЯ**

**Кіш Ю.Ю., Підвищення надійності захисту від однофазних замикань на землю в системі електропостачання деревообробного підприємства**,
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; Тернопіль, 2018.

В дипломній роботі поведено модернізацію та розглянуто науково-практичну задачу підвищення надійності роботи системи електропостачання деревообробного підприємства при однофазних замиканнях на землю.

Здійснено заведення додаткового резервного джерела живлення
РП2-10 кВ, шляхом встановлення в розподільчому пункті нової ввідної комірки, для підвищення надійності схеми електропостачання підприємства.

Проведено розрахунок струмів короткого замикання та розрахунок уставок релейного захисту кабельних ліній живлення напругою 10 кВ. Схема захисту виконана на базі пристрою РС80М2-8.

Здійснено встановлення в шафах комерційного обліку багатофункціональних лічильників SL7000 Smart, що дозволить економити витрати на електроенергію шляхом використання тризонного тарифу.

Проведена порівняльна характеристика способів заземлення нейтралі та видів релейних захистіввід ОЗЗв мережах напруги 10 кВ. Правильний вибір релейного захисту від ОЗЗ залежить саме від режиму заземлення нейтралі. Запропоновано використання пристрою управління резистивним заземленням і шунтуванням пошкодженої фази при ОЗЗ в системі електропостачання деревообробного підприємства 10 кВ, що комплексно дозволить знизити рівень перенапруг та підвищити чутливість та селективність дії релейного захисту від ОЗЗ.

**Ключові слова:** система електропостачання, релейний захист, однофазне замикання на землю.

**ANNOTATION**

**Kish Yu., Improving the reliability of protection against single phase short circuit to the ground in electricity supply system of a wood-processing enterprise,** 141 - electric power, electrical engineering and electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2018.

Atthis diploma paper, the modernization, the scientific and practical task of increasing the reliability of the power supply system of the woodworking enterprise during single phase-to-ground fault (SPhGF) were carried out.

An additional standby power supply was installed to RP2-10 kV, by installing at the distribution point the new input incoming cubicle, to increase the reliability of the power supply scheme of the enterprise.

The calculation of short-circuit currents and the calculation of relay protection settings for 10 kV cable lines are performed. The protection scheme is based on the device РС80М2-8. Multi-functional SL7000 Smart meters are installed into cabinets of commercial accounting. They will save energy costs by using a three-zone tariff.

A comparative description of neutral grounding and types of relay protection from the single phase-to-ground fault (SPhGF) in voltage networks of 10 kV were carried out. The correct choice of relay protection against the single phase-to-ground fault (SphGF) ultrasound depends on the neutral grounding mode.

The use of a device for controlling resistive grounding and shunting of a damaged phase with a remote-sensing device in the system of power supply of a wood-processing enterprise of 10 kV is suggested. This will allow in a complex way to reduce the level of over-voltage and increase the sensitivity and selectivity of the relay protection against the single phase-to-ground fault (SphGF).

**Key words**: power supply system, relay protection, single phase short circuit to the ground.