Міністерство освіти і науки України

Тернопільський НАЦІОНАЛЬНИЙ технічний Університет

імені Івана Пулюя

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

КАФЕДРА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ТА КОМП’ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

**ОСІНСЬКИЙ ВІТАЛІЙ ВІКТОРОВИЧ**

УДК 621.316.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ ЄМНІСНИХ СТРУМІВ**

**ПРИ РОБОТІ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35/10 кВ**

8.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2017

|  |  |
| --- | --- |
| Роботу виконано на кафедрі систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України | |
| **Керівник роботи:** | кандидат технічних наук, доцент кафедри систем електроспоживання та комп’ютерних технології в електроенергетиці **Бабюк Сергій Миколайович,** Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. |
| **Рецензент:** | Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту  **Тарасенко Микола Григорович,**  Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. |

Захист відбудеться 24 лютого 2017 р. о 14.00 годині на засіданні екзаменаційної комісії №7 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.** Актуальність теми обумовлена тим, що погіршення технічного стану силового обладнання ТП 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.

Переважна більшість порушень нормальної роботи мереж з ізольованою нейтраллю пов'язано з пошкодженням ізоляції щодо землі, тобто з однофазним замиканням на землю. Стале значення струму в місці пошкодження, визначається ємністю фаз на землю. для значення максимально можливої надійності роботи мережі необхідно, щоб струм замикання був настільки малий, щоб протягом досить тривалого часу (часу, необхідного для пошуку і усунення пошкоджень) можна було б обійтися без відключення споживачів. Згідно із правилам технічної експлуатації електростанцій і мереж, допустимими струмами замикання, що не вимагають негайного відключення таких пошкоджених приєднань вважаються струми: в повітряних мережах 6-20 кВ на залізобетонних або металевих опорах і в усіх мережах 35 кВ – не більше 10 А; в повітряних мережах, які не мають залізобетонних або металевих опор, при напрузі 6 кВ – не більше 30 А, при напрузі 10 кВ - не більше 20 А, при напрузі 15-20 кВ - не більше 15 А. Якщо струми перевищують наведені значення, то потрібно компенсація ємнісного струму замикання на землю.

В Україні електричні мережі напругою 10 кВ працюють з ізольованою нейтраллю або з компенсацією ємнісного струму замикання на землю. Причому часто працюють в умовах, коли засоби обмеження струмів і напруг при однофазних замиканнях на землю функціонують незадовільно, тому для цих мереж характерна висока аварійність. Одним із засобів запобігання або хоча би зниження аварійності є компенсація ємнісних струмів замикання шляхом включення в нейтраль дугогасильного реактора. Проте ефект від практичної реалізації цього, на перший погляд, простого розв’язання проблеми виявляється, як свідчать публікації, далеко не завжди позитивним. Свідчення тому – повідомлення про те, що для налаштування дугогасильного реактора «перепробувані всі відомі принципи регулювання, проте жоден не дав шуканих результатів». Це можна розглядати як підтвердження необхідності розробки більш точних і адекватних моделей для пошуку ефективних засобів обмеження струмів і перенапруг при однофазних замиканнях на землю у мережах 6−10 кВ.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної дипломної роботи є підвищення пропускної здатності електричних мереж у зоні трансформаторної підстанції 35/10 кВ з метою зниження втрат електроенергії в лініях 10 кВ. а також проведення дослідження методів та способів компенсації ємнісних струмів в електричних мережах із заземленою нейтраллю

Поставлена в роботі мета вимагає вирішення наступних задач:

– Розрахунок повної потужності споживачів, що живляться від ТП 35/10 кВ.

– Обґрунтування необхідності заміни трансформаторів на даній трансформаторній підстанції.

– Розрахуванок мережі енергоспоживання, захист силових трансформаторів, та вибрати необхідне комутаційне обладнання та іншу апаратуру.

– Дослідження роботи мережі в нормальному і післяаварійному режимах, провести перевірку елементів мережі.

– Обґрунтувати та розрахувати вибір проводів повітряної лінії електропередач напругою 10 кВ та провести розрахунок втрат напруги.

– Розрахувати втрати електричної енергії до і після компенсації реактивної потужності.

– Провести дослідження методів та способів компенсації ємнісних струмів в електричних мережах із заземленою нейтраллю.

**Об’єктом дослідження** є розподільні електричні мережі.

**Предметом дослідження** є методи компенсації ємнісних струмів в електричних мережах 10 кВ.

**Наукова новизна отриманих результатів.**

Дістало подальший розвиток дослідження методів та способів компенсації ємнісних струмів в електричних мережах з заземленою нейтраллю, що дозволить знизити аварійність у мережах із заземленою нейтраллю.

**Практичне значення отриманих результатів**.

Модернізація основних складових частин системи електропостачання розподільчої трансформаторної підстанції 35/10 кВ, дозволить знизити втрати електричної енергії, а також підвищити надійність електропостачання споживачів.

Компенсація ємнісних струмів в мережах 10 кВ актуальна, так як сприяє покращенню умов електробезпеки і зниженню кратності перенапруг.

**Апробація.** Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на V 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 (29 найменувань).

**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»** проаналізовано трансформаторну підстанцію і її мережу.

Розглянуто характеристику зони електропостачання, Проведено аналіз існуючої схеми живлення підстанції.

Розглянуто заходи щодо зниження втрат електроенергії у зоні трансформаторної підстанції. Також розглянуто питання застосування конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** проведено розрахунок необхідної потужності та вибір силових трансформаторів модернізованої трансформаторної підстанції. На основі проведених розрахунків проведено вибір обладнання трансформаторної підстанції.

Визначено навантаження на ділянках ПЛ 10 кВ, обґрунтовано вибір двох силових трансформаторів потужністю 2500 і 4000 кВ∙А, використано пристрої для компенсації реактивної потужності.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** розроблено проект заміни проводів ЛЕП, що дозволить зменшити втрати напруги в повітряних лініях до найвіддаленішого споживача, в середньому, на 25%. Проведено розрахунок втрат напруги в ЛЕП та втрат електроенергії в електричних мережах трансформаторної підстанції 35/10 кВ. Представлені розрахунки доводять, що коефіцієнт втрат потужності трансформаторів зменшиться з 0,016 до 0,012 та 0,010.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведено обґрунтування використання пристроїв для компенсації реактивної потужності

Проведено визначення оптимальної потужності і місць встановлення засобів компенсації реактивної потужності в мережах системи електропостачання.

Розроблено методику оптимального керування роботою засобів компенсації реактивної потужності як у мережах системи електропостачання, так і в мережах споживачів.

Проведено розрахунок втрат електричної енергії до і після компенсації реактивної потужності. Проведені розрахунки показали, що з використанням пристроїв для компенсації реактивної потужності втрати електричної енергії в лінії знизились на 26,2%

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** вирішено питання необхідності компенсації ємнісного струму в мережі 10 кВ.

Розглянуто методи компенсації ємнісного струму замикання на землю за допомогою різних типів дугогасильних реакторів.

Подано схему і описано принцип роботи компенсації ємнісних струмів в мережах із заземленою нейтраллю через ступінчастий дугогасильний реактор.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено розрахунок втрат електроенергії в лініях 10 кВ, а також розрахунок втрат потужності та електроенергії в силових трансформаторах. Проведені розрахунки показали, що заміною трансформаторів ми збільшили пропускну здатність ліній, зменшили долю вартості втрат електричної енергії в трансформаторах на 7,98%.

Проведено техніко-економічне обґрунтування застосування заходу по збільшенні поперечного перерізу провідників електромереж. Було доведено, що використання даного заходу призведе до економії електроенергії і втрат в мережі.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** запропоновано заходи захисту персоналу ПС 35/10 кВ від впливу електричних і електромагнітних полів, розглянуто питання електробезпеки на підстанції, а також стійкість роботи ПС 35/10 кВ в надзвичайних ситуаціях.

**У восьмому розділі «Екологія»** запропоновано заходи захисту навколишнього середовища та людини від електромагнітного забруднення.

**ВИСНОВКИ**

У дипломному проекті були розглянуті питання аналізу пропускної здатності електричних мереж у зоні трансформаторної підстанції 35/10 кВ з метою зниження втрат електроенергії в лініях 10 кВ. а також проведення дослідження методів та способів компенсації ємнісних струмів в електричних мережах із заземленою нейтраллю.

Отримані наступні результати:

1. Проведено розрахунок повної потужності споживачів, що живляться від ТП 35/10 кВ, з врахуванням сезонності навантаження, та 10-ти річної перспективи розвитку енергоспоживання.

2. Обґрунтовано вибір двох силових трансформаторів потужністю 2500 і 4000 кВ∙А, що дозволило зменшити долю вартості втрат електричної енергії в трансформаторах на 7,98%, а також зменшився коефіцієнт втрат потужності трансформаторів з 0,016 до 0,012 та 0,010.

3. Проведено розрахунок мережі енергоспоживання, захист силових трансформаторів, та вибрано необхідне комутаційно-захисне обладнання та іншу апаратуру.

4. Розроблено заходи щодо підвищення кооефіцієнта потужності (соs φ). Для цього проведено компенсацію реактивної потужності шляхом встановлення конденсаторних батарей.

5. Розраховано втрати електричної енергії до і після компенсації реактивної потужності, використання пристроїв для компенсації реактивної потужності дозволить зменшити втрати електричної енергії в л. Ліски на 26,2%

6. Проведено обґрунтування та розрахунок вибору проводів ЛЕП 10 кВ та проведено розрахунок втрат напруги, доведено, що втрати напруги до найвіддаленішого споживача зменшяться, в середньому, на 25%, а середнє значення зниження втрат електроенергії після заміни проводів в повітряних лініях складає приблизно 40,4%

7. Проведено дослідження роботи мережі в нормальному і післяаварійних режимах, проведено перевірку елементів мережі.

8. Проведено дослідження методів та способів компенсації ємнісних струмів в електричних мережах із заземленою нейтраллю. Доведено, що компенсацію ємнісних струмів в мережах із заземленою нейтраллю, оптимально проводити через ступінчастий дугогасильний реактор. Розроблено схему підключення регульованої конденсаторної установки і плавнорегулюючого реактора до ступінчатого реактора, а також принципову схема роботи автоматичного регулятора.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Компенсація ємнісних струмів при роботі трансформаторних підстанцій: Матеріали V Міжн. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів ["Актуальні задачі сучасних технологій "], (Тернопіль, 17-18 лист. 2016 р.) / М-во освіти і науки України, Терн. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. — Т. : Терн. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2016. — 432 с.

АНОТАЦІЯ

**Осінський В. В. Дослідження компенсації ємнісних струмів при роботі трансформаторної підстанції 35/10 кВ.** 8.05070103 – електротехнічні системи електроспоживання. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці, група ЕЕмз-71. – Тернопіль.: ТНТУ, 2017.

Стор.– 106; рис. - 10; табл. - 17; креслень - 5; джерел - 29; додатків - - .

У дипломній роботі проведено дослідження роботи трансформаторної підстанції 35/10 кВ, для визначення втрат електроенергії в електричній розподільчій мережі із розробкою заходів для підвищення якості електричної енергії.

Визначено розрахункові навантаження споживачів електричної енергії.

Проведено розрахунок втрат активної та реактивної потужності на всіх ділянках мережі, які отримують живлення від підстанції 35/10 кВ та в самій підстанції, а також визначення втрат електричної енергії в обладнанні підстанції.

Проведено дослідження та розроблено заходи щодо підвищення ефективності засобів обмеження перенапруг і струмів при однофазних замиканнях на землю у мережі10 кВ.

Проведено дослідження методів та способів компенсації ємнісних струмів в електричних мережах з заземленною нейтраллю через ступінчастий дугогасильний реактор.

**Ключові слова:** ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, ЛІНІЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, , КОНДЕНСАТОРНА УСТАНОВКА..

**ANNOTATION**

**Osinskyy V. V. Investigation of capacitive compensation currents at transformer substation work 35/10 kV.** 8.05070103 – electrical power system. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Foreign Students Faculty. Сhair of Power Consumption Systems and Computer Technologies in Power Engineering, group ЕЕмз-61. – Ternopil.: TNTU, 2017.

Page – 106; Illustrations – 10; Tables – 17; Blueprints – 5; Sources – 29;

In diploma paper, conducted the investigation of work of transformer substation of 35/10 kV, to determine energy losses in the electrical distribution network with the development of measures to improve the quality of electricity.

Determined the estimated load of electricity consumers. The calculation of losses of active and reactive power is conducted in all areas of network, that get a feed from substation of 35/10 kV and in substation, and also determination of losses of electric energy in the equipment of substation.

Carried out researches and developed measures to improve the efficiency of facilities of limitation of surge and currents in the single-phase ground fault.

Investigated the ways and developed measures to improve efficiency of means limiting surge and currents in the single-phase ground fault.

**Keywords:** TRANSFORMER SUBSTATION, LINE OF ELECTRICITY TRANSMISSION, LOSS OF ELECTRIC POWER, CONDENSER SETTING.