

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ СЕКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 10-35 КВ»

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-професійної
програми «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

ТЕОДОРЕСКУ Віктор В'ячеславович

Керівник канд. техн. наук, професор

МИХАЙЛОВА Людмила Миколаївна

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« ____ » _____ 2023 р.

Допускається до захисту:

« ____ » _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
канд. техн. наук, доцент

Ігор ГАРАСИМЧУК

м. Кам'янець-Подільський, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП...	9
1 СПОСОБИ СЕКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ...	10
1.1 Секціонування в залежності від впливу відновлювальних джерел енергії.....	10
1.2 Спосіб секціонування оснований на нечіткій множині.....	26
1.3 Секціонування на основі стандарту організації України	30
1.4 Спосіб секціонування на основі параметрів навмисних на аварійних відключень	36
1.5 Вибір схеми електричної мережі номінальною напругою 10 кВ.....	37
1.6 Розрахунок секціонування на основі стандарту організації України	39
1.7 Розрахунок секціонування на основі параметрів навмисних на аварійних відключень	45
Висновок до розділу 1...	52
2 ПРОЕКТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ РАЙОНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 110/35/10 кВ ...	53
2.1 Опис вузла електричної мережі, в якому розміщена проектована ПС.....	53
2.2 Опис головної схеми електричних з'єднань ПС.....	53
2.3 Розрахунок струмів короткого замикання підстанції.....	54
2.4 Перевірка основних електричних апаратів та елементів на ПС.....	63
2.5 Виміри на ПС	69
2.6 Вибір джерел оперативного струму	72
2.7 Розрахунок АБ і зарядно-підзарядного пристрою.....	74
2.8 Освітлення на підстанції.....	76
2.9 Схема акумуляторної установки	76
2.10 Розрахунок блискавкозахисту.....	77
Висновки до розділу 2...	79
3 РОЗРОБКА РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛІНІЇ 10 кВ.....	80
3.1 Відомості про розглядувану мережу та Seram 40	80
3.2 Розрахунок параметрів спрацювання захисту.....	83

3.3	Розрахунок часу спрацювання захистів.....	87
	Висновки до розділу 3... ..	88
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПІД ЧАС МОНТАЖУ РЕКЛОУЗЕРІВ.....	89
4.1	Технічні характеристики та місце розміщення реклоузерів.....	89
4.2	Аналіз умов праці.....	91
4.3	Заходи з безпеки працівників... ..	92
4.4	Розрахунок захисного заземлювального пристрою встановленого на лінії напругою 10 кВ.....	94
4.5	Заходи та засоби безпеки в надзвичайних ситуаціях	97
	Висновки до розділу 4... ..	98
5	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ... ..	99
5.1	Опис ідеї проекту	99
5.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	106
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	107
	Висновки по розділу 5... ..	112
	ВИСНОВКИ	113
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	114

АНОТАЦІЇ

У даній дипломній дисертації буде розглянуто способи секціонування електричної мережі, буде наведено спосіб секціонування за допомогою нечітких множин а також при великій кількості відновлювальних джерел енергії, вибрано та розраховано електричну мережу за критерієм недовідпуску електричної енергії різними способами, виконано проектування електричної частини підстанції: вибір схеми електричних з'єднань та вибір електрообладнання, зроблений розрахунок релейного захисту лінії 10 кВ з застосуванням Semap 40, в розробленому стартап проекті розглядається доцільність встановлення реклоузерів, написаний розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час монтажу реклоузерів.

ABSTRACT

In this diploma thesis, the methods of sectioning the electrical network will be considered, the method of sectioning with the help of fuzzy sets will be given, as well as with a large number of renewable energy sources, the electrical network was selected and calculated according to the criterion of undersupply of electrical energy in various ways, the design of the electrical part of the substation was performed: the selection of the scheme of electrical connections and the choice of electrical equipment, the calculation of the relay protection of the 10 kV line using Semap 40 was made, the feasibility of installing reclosers was considered in the developed startup project, the section on occupational health and safety in emergency situations during the installation of reclosers was written.

РЕФЕРАТ

ТЕОДОРЕСКУ Віктор В'ячеславович. Дослідження способів секціонування електричних мереж напругою 10-35 кВ. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Факультет енергетики та інформаційних технологій. Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023.

У даній дипломній дисертації буде розглянуто способи секціонування електричної мережі, буде наведено спосіб секціонування за допомогою нечітких множин а також при великій кількості відновлювальних джерел енергії, вибрано та розраховано електричну мережу за критерієм недовідпуску електричної енергії різними способами, виконано проектування електричної частини підстанції: вибір схеми електричних з'єднань та вибір електрообладнання, зроблений розрахунок релейного захисту лінії 10 кВ з застосуванням Setap 40, в розробленому стартап проєкті розглядається доцільність встановлення реклоузерів, написаний розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час монтажу реклоузерів.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА 10 КВ, НЕДОВІДПУСК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, СЕКЦІОНУВАННЯ, РЕКЛОУЗЕР, ІНТЕГРАЛЬНИЙ ЕФЕКТ

ВСТУП

Актуальність теми. Поточний стан розподільних електричних мереж в ОЕС України характеризується значним зношенням обладнання, що призводить до частих аварій, наслідком яких є знеструмлення споживачів та недовідпуск електроенергії енергопостачальними компаніями. З урахуванням вкрай обмежених фінансових можливостей підприємств, які здійснюють експлуатацію цих електричних мереж, здійснення повної заміни усього зношеного обладнання і, відповідно, зниження обсягів недовідпущеної споживачам електроенергії є неможливим. З цієї причини доцільним є застосування в зазначених мережах альтернативних способів зниження тривалості перерв електропостачання, одним з яких є секціонування розподільних електричних мереж.

Метою досліджень є вибір оптимального способу секціонування розподільних електричних мереж номінальною напругою 10 кВ з огляду на забезпечення для секціонованої мережі зниження недовідпуску електроенергії та максимального інтегрального економічного ефекту.

Задачі дослідження полягають у визначенні оптимального способу секціонування розподільних електричних мереж напругою 10 кВ на основі співставлення інтегральних економічних ефектів низки різних способів секціонування.

Об'єктом дослідження є електрична мережа номінальною напругою 10 кВ.

Предмет дослідження: способи секціонування електричних мереж.

Метод дослідження: математичне моделювання об'єктів електричних мереж.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у визначенні оптимального для ОЕС України способу секціонування розподільних електричних мереж номінальною напругою 10 кВ з огляду на забезпечення для секціонованої мережі зниження недовідпуску електроенергії та максимального інтегрального економічного ефекту.

Практичне значення одержаних результатів. Результати, отримані в магістерській дисертації, можуть бути застосовані підприємствами, що здійснюють експлуатацію електричних мереж номінальною напругою 10 кВ, з метою зниження недовідпуску електроенергії та максимізації інтегрального економічного ефекту від основної діяльності.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано способи секціонування електричних мереж, визначено, що результати оптимального секціонування електричної мережі мають значну залежність від мети секціонування та обраного критерію оптимальності.

Обґрунтовано результатами розрахунків вибір найбільш доцільного за економічними показниками способу секціонування існуючої розподільної електричної мережі номінальною напругою 10 кВ з огляду на чинну нормативну базу України у сфері електроенергетики.

В рамках стартап-проекту економічно обґрунтовано застосування з метою секціонування електричної мережі номінальною напругою 10 кВ реклоузерів, які забезпечують вищий результуючий інтегральний ефект для секціонованої мережі у порівнянні з варіантами використання з цією ж метою вимикача навантаження ВНП-10-1 з електроприводом, масляного вимикача ВМПЕ-10 з електроприводом, пункту секціонування на основі роз'єднувача ОСА-10 та автоматичного пункту секціонування з приладами для збору інформації про стан мережі.

Визначено головну схему електричних з'єднань підстанції 110/35/10 кВ, яка забезпечує живлення електричної мережі, що підлягає секціонуванню. Встановлено, що максимальні струми КЗ на шинах РП 110 кВ, 35 кВ та 10 кВ цієї підстанції становлять 6,317 кА, 6,452 кА, 9,478 кА відповідно, проведено вибір типів електричних апаратів РП підстанції. Визначено, що для забезпечення блискавкозахисту підстанції на висоті 11,35 м над рівнем землі необхідно застосувати 5 одиничних блискавковідводів висотою 20 м.

Проведено розрахунок системи штучного заземлювача для опори із встановленим на ній реклоузером. Визначено, що з метою забезпечення опору штучного заземлювача в нормованому діапазоні необхідним є застосування 6 вертикальних електродів у вигляді сталевих труб діаметром 35 мм довжиною 2,5 м та 1 горизонтального електроду у вигляді сталевих штирів діаметром 10 мм довжиною 8,85 м; розрахунковий опір штучного заземлювача за таких умов становить 3,6 Ом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Commonwealth of Australia. Draft energy white paper 2011: Strengthening the foundations for australia's energy future, 2011 [Електронний ресурс] // Energywhitepaper. 2018. Режим доступу до ресурсу: www.energywhitepaper.gov.au.
2. Daniel Mercer. Solar plan creates power problems [Електронний ресурс] // The West Australian. 2018. Режим доступу до ресурсу: <http://au.news.yahoo.com/thewest/a/-/breaking/13250702/solar-plan-creates-power-problems/>
3. Гігієнічні нормативи ГН 3.3.5-8-6.6.1-20014. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. 08.04.2014.
4. Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Третьякова Л.Д. К.: Лібра, 2008. 317 с.
5. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях» у магістерській дисертації для студентів енергетичних спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр професійний» / Укл.: Л. Д. Третьякова. К.: КПІ ім. І. Сікорського, ІЕЕ, 2018. 41 с.
6. Правила улаштування електроустановок. Розділ 1 .Загальні правила. Розділ 1.7. Заземлення і захисні заходи безпеки.(ПУЕ – 2016), введений з 1.01. 2017.
7. ДСТУ 4676:2006. Засоби індивідуального захисту.
8. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок.
9. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
10. Шкура В.П. Состояние аварийности в распределительных электрических сетях.// Электрические сети и системы. 2010, №2. С.8-25.
11. Методы и технические средства повышения надежности и эффективности электроснабжения потребителей с использованием вакуумных реклоузеров./ В. В. Козырский, П.В. Петров, А.В. Гай. Київ: Гнозис, 2012.

12. Катренко Г.Н. Внедрение новейших средств автоматизации - единственно оправданная мера повышения надежности работы электросетевого хозяйства Украины в сегодняшних условиях. Электрические сети и системы. 2014, №5. С.28-34.
13. Шкура В.П. Оценка влияния реализации инвестиционных программ на технико-экономические показатели энергоснабжающих компаний, входящих в состав НАК «Энергетическая компания Украины» // Электрические сети и системы. 2011, №2. С.26-31.
14. Реклоузер вакуумный серии РВА/TEL [Электронный ресурс] // ТАВРИДА ЭЛЕКТРИК УКРАНА. 2018. Режим доступа до ресурсу: www.tavrida-ua.com/products/vacuumrecloser.html
15. Набиев Р.Р., Мещеряков А.В., Набиев М.Ф. Управляемые разъединители для повышения надежности электроснабжения нефтепроводов // Трубопроводный транспорт нефти. 1999, №11. С.33-34.
16. Тарифы на электроэнергию для населения в Украине [Электронный ресурс] // Prostobank. 2018. Режим доступа до ресурсу: http://www.prostobank.ua/spravochniki/indikatory_rynka/electric_tariff.
17. Pricing and Licensing [Электронный ресурс] // MathWorks. 2018. Режим доступа до ресурсу: <https://www.mathworks.com/pricing-licensing.html>.
18. Электрические распределительные сети промышленного назначения – Украина [Электронный ресурс] // КОМПАС. 2018. Режим доступа до ресурсу: <https://ua.kompass.com/a/электрические-распределительные-сети-промышленного-назначения/0733002/>
19. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. Л.: Энергоатомиздат, 1989. 209 с.
20. СОУ-Н МЕВ 40.1-00100227-99-2014. Побудова схем секціонування розподільної електричної мережі напругою 6-10 кВ.
21. Проект Договору про постачання електричної енергії [Электронный ресурс]. 2018. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15997>

22. Динаміка цін купівлі електроенергії постачальниками [Електронний ресурс]. 2018. Режим доступу до ресурсу: <https://vse.energy/news/pek-news/electro/426-ore-201801>

23. Правила користування електричною енергією (зі змінами). Затверджено постановою Національної комісії з регулювання електроенергетики України № 28 від 31.07.1996. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96>

24. Правила роздрібного ринку електричної енергії. Затверджено постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №312 від 14.03.2018. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18>