

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Навчально-науковий інститут електронних та інформаційних технологій  
Кафедра електричної інженерії та інформаційно-вимірювальних технологій

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ЕІ ІВТ

\_\_\_\_\_ Приступа А.Л.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Модернізація підстанції 35/10 кВ "Срібне"

галузь знань 14 "Електрична інженерія"

спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Виконавець

студент групи ЗМЕМп-191  
(шифр групи)

Тищенко В.А.  
(ПІБ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Йовенко І.Є.  
(ПІБ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник

К.Т.Н., доцент  
(наковий ступінь, вчене звання)

Приступа А.Л.  
(ПІБ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"  
Навчально-науковий інститут електронних і інформаційних технологій  
Кафедра електричної інженерії та інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ ІВТ

\_\_\_\_\_ Приступа А.Л.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

на комплексну кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти  
освітнього ступеня "магістр" за спеціальністю

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Тищенко Віктору Анатолійовичу

Йовенку Ігорю Євгенійовичу

Тема роботи: Модернізація підстанції 35/10 кВ "Срібне"

*Тему затверджено наказом ректора  
від 03.11 2020 р. № 597 -С*

1. *Вхідні дані до роботи* існуюча схема електрична принципова підстанції 35/10 кВ «Срібне»; мережа живлення підстанції з технічними параметрами елементів; дані щодо навантаження підстанції; технічна документація електротехнічного обладнання; нормативна документація.
2. *Зміст розрахунково-пояснювальної записки*: аналіз існуючого стану об'єкта; вибір схем електричних з'єднань підстанції; розрахунок параметрів аварійних режимів на шинах підстанції; вибір силового електричного обладнання; розрахунок релейного захисту підстанції; забезпечення електромагнітної сумісності обладнання підстанції; охорона праці; економічне обґрунтування прийнятих рішень.
3. *Перелік графічного матеріалу*:
  - 1) схема електрична принципова підстанції "Срібне" 35/10 кВ після модернізації;
  - 2) план підстанції "Срібне" 35/10 кВ після модернізації;
  - 3) розрізи підстанції "Срібне" 35/10 кВ після модернізації;
  - 4) техніко-економічні показники;
  - 5) результати розрахунку релейного захисту

*Календарний план*

	<i>Назва етапів роботи</i>	<i>Термін виконання</i>	<i>Примітки</i>
1.	Аналіз об'єкту	14.10.20 20	
2.	Обґрунтування схеми електричних з'єднань	20.10.20 20	
3.	Розрахунок параметрів аварійних режимів	01.11.20 20	
4.	Вибір силового електричного обладнання підстанції	14.11.20 20	
5.	Розрахунок релейного захисту ЛЕП 10 кВ та силових трансформаторів	25.11.20 20	
6.	Розрахунок системної автоматики	02.12.20 20	
7.	Забезпечення електромагнітної сумісності електричного обладнання	05.12.20 20	
8.	Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень	10.12.20 20	
9.	Охорона праці	18.12.20 20	

*Завдання підготував керівник*

\_\_\_\_\_

*А.Л. Пристуна*

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

*Завдання одержав студент*

\_\_\_\_\_

*В.А. Тищенко*

*І.Є. Йовенко*

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки й графічної частини. Пояснювальна записка: 116 сторінки, 18 рисунків, 36 таблиць, 2 додатки, перелік посилань з 31 джерела. Графічна частина: 7 креслень формату А1.

Об'єкт - район високовольтних електричних мереж з підстанцією 35/10кВ "Срібне" Чернігівської області.

Мета - модернізації обладнання підстанції 35/10кВ "Срібне" з метою підвищення надійності електропостачання району електричних мереж, підвищення чутливості та швидкодії релейного захисту, автоматизації підстанції.

У випускній кваліфікаційній роботі проведено розрахунок струмів короткого замикання, здійснено вибір силового обладнання ПС 35/10кВ "Срібне" замість морально та фізично застарілого, здійснено вибір уставок спрацювання струмового захисту ліній 10 кВ та захисту силових трансформаторів. Запропоновано та розраховано мережний АВР на ПС 35/10кВ "Срібне" та автоматику РПН. Зроблено техніко-економічне порівняння прийнятих варіантів та визначені показники економічної ефективності. Розглянуті питання охорони праці в електроенергетиці та перевірено контур заземлення підстанції.

ПІДСТАНЦЯ, СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ,  
МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ТЕРМІНАЛ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ, МЕРЕЖНИЙ  
АВТОМАТИЧНИЙ ВВІД РЕЗЕРВУ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ.

## ABSTRACT

The diploma project consists of an explanatory note and a graphic part. Explanatory note: 116 pages, 18 figures, 36 tables, 2 appendices, list of references from 31 sources. Graphic part: 7 drawings in A1 format.

Object - area of high-voltage electric networks with substation 35 / 10kV "Sribne" of Chernihiv region

The purpose is a modernize the equipment of the 35/10 kV "Silver" substation in order to increase the reliability of power supply in the area of electric networks, increase the sensitivity and speed of relay protection, automation of the substation.

In the qualifying work the calculation of short-circuit currents is carried out, the choice of power equipment of 35 / 10kV substation " Sribne " is made instead of morally and physically obsolete, the choice of settings of current protection of 10 kV lines and protection of power transformers is made. The network AVR on 35/10 kV Sribne substation and on-load tap-changer automation are offered and calculated. The technical and economic comparison of the accepted variants is made and indicators of economic efficiency are defined. The issues of labor protection in the electric power industry are considered and the grounding circuit of the substation is checked.

SUBSTATION, SHORT CIRCUIT CURRENT, MICROPROCESSOR RELAY PROTECTION TERMINAL, NETWORK AUTOMATIC RESERVE INPUT, ECONOMIC EFFECT.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОПИС ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ.....	9
1.1 Загальна характеристика об'єкта .....	9
1.2 Характеристика силового обладнання підстанції "Срібне" .....	13
1.3 Характеристика пристроїв релейного захисту підстанції "Срібне" .....	14
1.4 Характеристика навантажень підстанції "Срібне" .....	17
2 ВИБІР СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНАНЬ ПІДСТАНЦІЇ .....	22
2.1 Вибір схеми електричних з'єднань на стороні 35 кВ .....	22
2.2 Вибір схеми електричних з'єднань на стороні 10 кВ .....	23
3 РОЗРАХУНОК АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ ПС "СРІБНЕ" .....	26
3.1 Розрахунок параметрів схем заміщення.....	26
3.2 Розрахунок струмів трифазних КЗ ПС "Срібне" .....	31
4 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ "СРІБНЕ" .....	39
4.1 Вибір вимикачів.....	39
4.2 Вибір роз'єднувачів 35кВ .....	44
4.3 Вибір трансформаторів струму 35кВ .....	46
4.4 Вибір ОПН .....	50
5 РОЗРАХУНОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ .....	54
5.1 Розрахунок максимального струмового захисту ЛЕП 10кВ .....	54
5.2 Розрахунок струмової відсічки ЛЕП 10кВ.....	59
5.3 Розрахункова перевірка трансформаторів струму.....	61
5.4 Релейний захист силового трансформатора.....	64
5.5 Розрахунок мережного АВР .....	66
5.6 Автоматичне регулювання напруги силового трансформатора .....	69
6 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ .....	77
6.1 Розрахунок техніко–економічних показників для першого варіанту.....	80
6.2 Розрахунок техніко–економічних показників для другого варіанту .....	83
7 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	88

7.1 Охорона праці в електроенергетиці.....	88
7.2 Надзвичайні ситуації на електроенергетичних об'єктах.....	89
7.3 Розрахунок заземлення підстанції 35/10 кВ «Срібне» .....	90
<b>8 ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ ЕЛЕКТРОННОЇ ТА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ АПАРАТУРИ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ .....</b>	<b>97</b>
8.1 Актуальність проблеми електромагнітної сумісності на енергооб'єктах .	97
8.2 Особливості електромагнітної ситуації на енергооб'єктах електричних підстанцій.....	98
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>106</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>108</b>
<b>ДОДАТОК А ПЕРЕЛІК ЛИСТІВ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ .....</b>	<b>111</b>
<b>ДОДАТОК Б КАРТИ СЕЛЕКТИВНОСТІ РЗА 10КВ ПС "СРІБНЕ" .....</b>	<b>112</b>

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВР – автоматичний ввід резерву

АПВ – автоматичне повторне включення

ЗРУ – закритий розподільний пристрій

ЗУ – заземлюючий пристрій

КЗ – коротке замикання

КЛ – кабельна лінія

КРУ – комплектний розподільний пристрій

ЛЗШ – логічний захист шин

ЛЕП – лінія електропередач

МП РЗА – мікропроцесорний пристрій релейного захисту й автоматики

МСЗ – максимальний струмовий захист

НН – низька напруга

ОПН – обмежник перенапруги

ПЛ – повітряна лінія

ПС – підстанція

РЗА – релейний захист й автоматика

РУ – розподільний пристрій

СВ – струмова відсічка

ТН – трансформатор напруги

ТС – трансформатор струму



## ВСТУП

Електроенергетика є базовою галуззю економіки України. Порівняно з іншими галузями промисловості вона працює найбільш стабільно, хоч знизилася випуск продукції за останні десять років на одну третину. Особливо різко скоротилося електроспоживання в промисловості, будівництві, тобто в галузях, що зазнали найбільшого спаду виробництва. При цьому відбувалися зміни в структурі енергетики — частка виробництва електроенергії атомними станціями та нетрадиційними джерелами швидко зростала.

Для забезпечення надійності електропостачання споживачів необхідно здійснювати вибір сучасних електричних апаратів згідно з об'єктивними електричними навантаженнями нормальних режимів роботи.

Питання надійності електропостачання та невисокої вартості спорудження нових чи реконструкції діючих підстанцій (ПС) – важливі моменти, на які необхідно звертати увагу при вирішенні проектних завдань. При проектуванні повинен проводитися детальний аналіз режимів роботи елементів електричних мереж та економічність проектних рішень.

У даному дипломному проекті розглядається реконструкція підстанції 35/10 кВ "Срібне". Реконструкція ПС пов'язана з моральним та фізичним зносом більшості силового обладнання підстанції та його релейного захисту, а також зниженням навантаження в регіоні. До основних задач дипломного проекту відносяться:

- розрахунок аварійних режимів роботи;
- вибір обладнання РУ 35 та 10 кВ;
- розрахунок релейного захисту ЛЕП 10 кВ;
- розрахунок мережевого АВР;
- розрахунок контуру заземлення;
- техніко–економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

# 1 ОПИС ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

## 1.1 Загальна характеристика об'єкта

Срібнянський район розташовується на південному сході Чернігівської області з райцентром в с.м.т. Срібне (рисунок 1.1). Площа Срібнянського району 600 км<sup>2</sup>. В даному районі в основному розвивається сільське господарство та переробна промисловість.



Рисунок 1.1 План Срібнянського району

Характеристика обладнання підстанції 35/10 кВ "Срібне", що приводиться в цьому розділі, отримана під час проходження переддипломної практики в Південних ВЕС ПАТ "Чернігівобленерго".

Підстанція 35/10 кВ "Срібне" знаходиться в селищі міського типу Срібне, Срібнянського району, Чернігівської області. Вона була побудована 19 травня 1973 року, і на даний момент її встаткування вичерпало свій строк служби, тому вона має потребу в реконструкції.

**За повною версією роботи звертатися на кафедру електричної інженерії та інформаційно-вимірювальних технологій**

## ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті в умовах зростання навантаження в Срібнянському районі Чернігівської області було запропоновано реконструкцію ПС 35/10 кВ "Срібне". Як результат реконструкції планується заміна силових трансформаторів номінальною потужністю 4000кВА на трансформатори такої ж потужності, але оснащені автоматикою регулювання напруги під навантаженням. Це дозволить забезпечити дотримання нормованих відхилень рівня напруги у найвіддаленішого (мінімальна напруга) та найближчого (максимальна напруга) до підстанції споживача. В проекті обгрунтовується заміна застарілого електрообладнання на сучасне: масляних вимикачів на вакуумні, що дозволить суттєво знизити витрати на технічне обслуговування та підвищити надійність; старих роз'єднувачів, механічна частина яких знаходиться в незадовільному стані, на нові; морально застарілих розрядників на ОПН, а також запропоновано встановлення мікропроцесорного захисту для ЛЕП 10кВ та силових трансформаторів.

З урахуванням нового обладнання проведено розрахунок струмів короткого замикання. За результатами розрахунків аварійних режимів було перевірено обране устаткування, та здійснено розрахунок параметрів релейного захисту. За результатами розрахунку релейного захисту побудовані карти селективності.

Оскільки на даній підстанції в нормальному режимі роботи ділянки електричної мережі 35кВ здійснено розрив кільцевої мережі, то для підвищення ефективності електропостачання споживачів та зниження недовідпуску електроенергії в післяаварійних режимах запропоновано встановлення мережного АВР та розраховані параметри елементів пристроїв АВР.

У зв'язку з встановленням мікропроцесорних пристроїв захисту в проекті розглянуті питання забезпечення електромагнітної сумісності силового та цифрового обладнання.

Проведений розрахунок економічних показників показав доцільність запропонованих заходів по реконструкції підстанції.

У розділі охорони праці розкриті деякі питання стосовно забезпечення безпеки праці та запобіганню надзвичайних ситуацій в електроенергетиці, наведений розрахунок захисного заземлення модернізованої підстанції.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352с.
2. ГОСТ 11920–85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения напряжением до 35 кВ включительно.
3. Справочник по электронабжению и электрооборудованию / Под общей редакцией А.А. Федорова. – Том1. Электроснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 562с.
4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року // Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. – 73с.
5. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов /Г.Ф.Быстрицкий, Б.И.Кудрин. – М.: "Академия", 2003. – 176с.
6. Електричні системи і мережі. Методичні вказівки до курсового проекту для студентів за напрямом підготовки 6.050701“Електротехніка та електротехнології”. / Укл.: Буйний Р.О., Бодунов В.М., Горбань Т.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2008. - 94 с.
7. Електричні станції та підстанції. Вибір схем електричних з'єднань. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни “Електричні станції та підстанції” для студентів за напрямом підготовки 6.050701“Електротехніка та електротехнології”. / Укл.: Буйний Р.О., Приступа А.Л. – Чернігів: ЧДТУ, 2009. - 94 с.
8. СОУ-Н ЕЕ 20.178:2008. Схеми принципів електричних розподільчих установок напругою від 6 до 750 кВ електричних підстанцій: Настанова. – К.: Мінпаливенерго України, 2008. – 74 с.
9. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для вузів/ Г. Г. Півняк та ін. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002 – 597с.

10. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 «Електричні системи і мережі»./ Укладачі: Буйний Р. О., Ананьев В. М., Тисленко В. В. – Чернігів, ЧДТУ, 2004–70с.
11. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3–е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987.– 648с.
12. Высоковольтный союз. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://www.vsoyuz.com/ru/produkcija>
13. Таврида электрик Украина. Официальный сайт. – Режим доступа: <http://tavrida-ua.com/products/vacuums witch.html>
14. Аналогові щитові прилади. FRER – Режим доступа: [http://frer.ru/downloads/frer\\_analog\\_ru.pdf](http://frer.ru/downloads/frer_analog_ru.pdf)
15. Руководство з експлуатації. Лічильник електричної енергії трьохфазний електронний – Режим доступа: [https://energосys.com.ua/wp-content/uploads/2014/02/A1140\\_Manual\\_v10.pdf](https://energосys.com.ua/wp-content/uploads/2014/02/A1140_Manual_v10.pdf)
16. Методические указания по применению ограничителей перенапряжения нелинейных в электрических сетях 6–35 кВ./ Укл.: Ю.И. Лысков, Н.П. Антонова, О.Ю. Демина, А.В. Зуева и др. – Москва: ОАО "Институт "Энергосетьпроект", ОАО ВНИИЭ, НТК "ЭЛ–ПРОЕКТ", 1999 г. – 36 с.
17. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 350с.
18. Микропроцессорное устройство релейной защиты РЗЛ–01. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – К.: РЕЛСиС, 2010, – 32с.
19. Правила устройств электроустановок. – Х.: Госенергонадзор Украины: Издательство «Форт», 2009. – 704 с.
20. NDKV-10
21. Микропроцессорное устройство релейной защиты РЗЛ–05. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – К.: РЕЛСиС, 2018, – 108с.
- 22.Голота А.Д. Автоматика в електроенергетичних системах. – К.: Вища шк., 2006. – 367с.

23. Микропроцессорное устройство релейной защиты РС83-В4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – РЗАСистемс, 2016, – 65с.
24. Нагорная, В.Н. Экономика энергетики: учеб. пособие / В.Н. Нагорная; Дальневосточный государственный технический университет. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 157 с.
25. Денисов В. И. Техничко-экономические расчеты в энергетике: Методы экономического сравнения вариантов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 216 с.
26. Нормы времени на ремонт и техническое обслуживание электрических сетей. СОУ–Н ЕЕ 05.838:2006. – К.: Грифре, 2006. – 239 с.
27. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 342 с.
28. Кузнецов А.П. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях. – М.: НЦ ЭНАС, 2001. – 117 с.
29. Долин П.А. "Справочник по технике безопасности". – 5-е изд., переаб. и доп. – М: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
30. Інформація щодо електромагнітної сумісності: [Електронний ресурс] / Решение проблем ЭМС. Режим доступа - <http://problemaemc.narod.ru>.
31. Інформація щодо електромагнітної сумісності: [Електронний ресурс] / Решение проблем ЭМС. Режим доступа - <http://electro-control.ru/jelektromagnitnaja-sovmestimost'.html>.



**ДОДАТОК А**  
**ПЕРЕЛІК ЛИСТІВ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ**

Назва листа графічної частини	Формат	Кількість аркушів
Схема електрична принципова однолінійна підстанції «Срібне»	A1	1
План та розрізи підстанції «Срібне»	A1	1
Схема електрична принципова захисту ліній 10 кВ	A1	1
Контур заземлення підстанції «Срібне»	A1	1
Результати розрахунку економічних показників реконструкції підстанції «Срібне»	A2	1
Карта уставок релейного захисту підстанції «Срібне»	A2	1