

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний

(факультет)

Електроенергетики

(кафедра)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Чауса Данила Сергійовича

(ПІБ)

академічної групи 141М-22-1

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка _____

(офіційна назва)

на тему Розробка системи автоматики та телемеханіки підстанції на основі цифрових протоколів передачі інформації

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Півняк Г.Г.			
Розділів:				
Основний	Півняк Г.Г.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Електроенергетики

(повна назва кафедри)

Папаїка Ю. А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Чаусу Д.С. академічної групи 141М-22-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Розробка системи автоматики та телемеханіки підстанції на основі
цифрових протоколів передачі інформації _____,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.11.2023 р. №1372-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступна частина	Опис об'єкту автоматизації	22.10.2023
Основна частина	Вибір засобів автоматизації	26.11.2023
Економічна частина	Розрахунок економічних показників	10.12.2023

Завдання видано _____
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.09.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 20.12.2023

Прийнято до виконання _____
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, яка складається з 58 сторінок формату А4, 3 розділа, 9 рисунків та 11 таблиць.

АВТОМАТИЧНИЙ ВИМИКАЧ, ВИМИКАЧ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ЗАПОБІЖНИК, ПІДСТАНЦІЯ, ПРОЦЕССОРНИЙ МОДУЛЬ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, СПОЖИВАЧ, ТРАНСФОРМАТОР, ТЕРМІНАЛ, ТРАНСФОРМАТОР СТРУМУ ТА НАПРУГИ, ТЕЛЕМЕХАНІКА.

Об'єкт детальної розробки: Підстанція “Комунальна” частина РЗА та АСКТП.

Мета роботи: Модернізація засобів релейного захисту та автоматики, а також засобів телемеханізації наближеної до цифрової підстанції. »

В технологічному розділі надано коротку інформацію проєктуємого об'єкту.

В спеціальній частині проводиться вибір та розрахунки пристроїв для релейного захисту та автоматики, а також шафи телемеханіки.

В економічній частині розраховано техніко-економічні показники.

Терміни та скорочення

- АСОЕ - Автоматизована система обліку електроенергії
- АСКЯЕ - Автоматизована система контролю показників якості електроенергії
- АБ - акумуляторна батарея
- АТ - автотрансформатор
- ВРП - відкритий розподільчий пристрій
- ВЧ - Високочастотний зв'язок
- ЗРП - закритий розподільчий пристрій
- НН - низька напруга
- ОПН - обмежувач перенапруг
- ПЛ - повітряна лінія
- ПС - підстанція
- ПУЕ - правила улаштування електроустановок
- РП - розподільчий пристрій
- СШ - система шин
- Т - трансформатор
- ТВП - трансформатор власних потреб
- ТН - трансформатор напруги
- АСКТП - Автоматизовані системи керування технологічним процесом
- РЗА - Релейний захист та автоматика

ЗМІСТ

1	Вступна частина	7
1.1	Коротка інформація про підстанцію	7
1.2	Кратка інформація про ПС « Комунальна »	9
2	Основна частина	13
2.1	Розрахунок і вибір мікропроцесорних приладів релейного захисту	13
2.1.1	Аналіз чутливості, селективності та стійкості до струмів к.з.	13
2.1.2	Аналіз чутливості, селективності та стійкості до струмів к.з.	19
2.1.3	Перевірка втрат напруги	23
2.1.4	Розрахункова перевірка тр-рів струму	24
2.1.5	Перевірка автоматичних вимикачів та кабелів в колах управління та автоматики	33
2.2	Розрахунок і вибір пристроїв телемеханіки	36
2.2.1	Структура системи	36
2.2.2	Підключення зовнішніх ланцюгів	37
2.2.3	Живлення шафи телемеханіки	38
2.2.4	Розрахунок часу роботи системи телемеханіки від акумулюючих батарей	41
3	Економічна частина	44
	Вступ	44
3.1	Розрахунок капітальних інвестицій	44
3.2	Розрахунок експлуатаційних витрат	48
3.3	Розрахунок річної економії від впровадження науково-технічного рішення	52

3.4	Визначення та аналіз показників економічної ефективності	53
3.5	Висновок	54
	Висновок	55
	Література	56
	ДОДАТОК А	58
	ДОДАТОК Б	59

1 ВСТУПНА ЧАСТИНА

Головними елементами енергосистеми є електричні станції і підстанції. Надійне функціонування та працездатність пристроїв генерації, трансформації та розподілу електричної енергії.

Широке застосування електроенергії пояснюється її цінними властивостями, можливістю ефективного перетворення в інші види енергії (механічну, теплову, хімічну) з метою приведення в дію машин і механізмів, отримання теплоти і світла, зміни хімічного складу речовини, виробництва і обробки матеріалів.

На сьогоднішній день багато електрообладнання котре застосовується на наших підстанціях застаріло та потребує ремонту або заміни. Пристрої релейного захисту застаріли, потребують заміни на сучасні мікропроцесорні прилади автоматики та релейного захисту. Також із-за переведення всіх підстанцій на сучасне обладнання і для автоматизації керування технологічним процесом диспетчерами, встановлюється сучасна телемеханіка на базі АBB RTU, яка відповідає критеріям якості та невідмовності. На даний час компанія взяла курс на цифрові підстанції, щоб відмовитися від усіх аналогових ланцюгів на користь цифрових зв'язків.

1.1 Коротка інформація про підстанцію

Електрична підстанція - електроустановка, призначена для приймання, перетворення та розподілу електричної енергії, що складається з трансформаторів або інших перетворювачів електричної енергії, пристроїв управління, розподільних і допоміжних пристроїв.

Класифікація підстанцій:

1) Функціонально підстанції діляться на:

Трансформаторні підстанції - підстанції, призначені для перетворення електричної енергії однієї напруги в енергію іншої напруги за допомогою трансформаторів.

Підстанція, в якій стоять підвищувальні трансформатори, підвищує електричну напругу при відповідному зниженні значення сили струму, в той час як знижує (або знижувальних) підстанція зменшує вихідна напруга при пропорційному збільшенні сили струму.

Перетворювальні підстанції - підстанції, призначені для перетворення роду струму або його частоти.

2) За значенням в системі електропостачання:

- Головні понижуючі підстанції (ГПП).

- Підстанції глибокого вводу (ПГВ).

- Тягові підстанції для потреб електричного транспорту, часто такі підстанції бувають трансформаторно-перетворювальні для живлення тягової мережі постійним струмом.

- Трансформаторні підстанції 10 (6) / 0,4 кВ (КТП). Останні називаються цеховими підстанціями в промислових мережах, міськими - в міських мережах.

3) Залежно від місця і способу приєднання:

- Тупикові - живляться по одній або двом радіальних лініях.

- Відгалужувальні – приєднуювальні до однієї або двох проходящих ліній на відгалуженнях.

- Прохідні - приєднуються до мережі шляхом заходу однієї лінії з двостороннім живленням.

- Вузлові - приєднуються до мережі не менше ніж трьома живлячими лініями.

4) За місцем розміщення підстанції діляться на:

- Відкриті - підстанції, обладнання яких розташоване на відкритому повітрі.

- Закриті - підстанції, обладнання яких розташоване в будівлі.

5) Окремі різновиди:

- Комплектна трансформаторна підстанція - підстанція, яка містить всі необхідні вузли для включення в електромережу і постачається в зібраному або повністю підготовленому до збірки вигляді.

- Щоглова трансформаторна підстанція - підстанція, призначена для установки на опори достатньої для того, щоб не вимагати встановлення огорож, висоти.

1.2 Кратка інформація про ПС « Комунальна »

В даній роботі мною було вибрано виконати проектування пристроїв релейного захисту та автоматики, а також вибір телемеханіки. Рисунок 1.1.

Вона розташована в місті Дніпро на підприємстві енергетичної компанії ДТЕК.

На підстанцію надходять ПЛ та КЛ напругою 35/10 кВ, через які проходить електрична енергія для споживання підстанції та передачі споживачам. Підстанція живиться по стороні 35кВ двома ввідними лініями від підстанції КПО.

На підстанції по стороні 10кВ встановлені комірки з витканими вакуумними вимикачами виробництва Таврида, заземляючі ножи та трансформатори струму для підключення кіл захисту, обліку та вимірів.

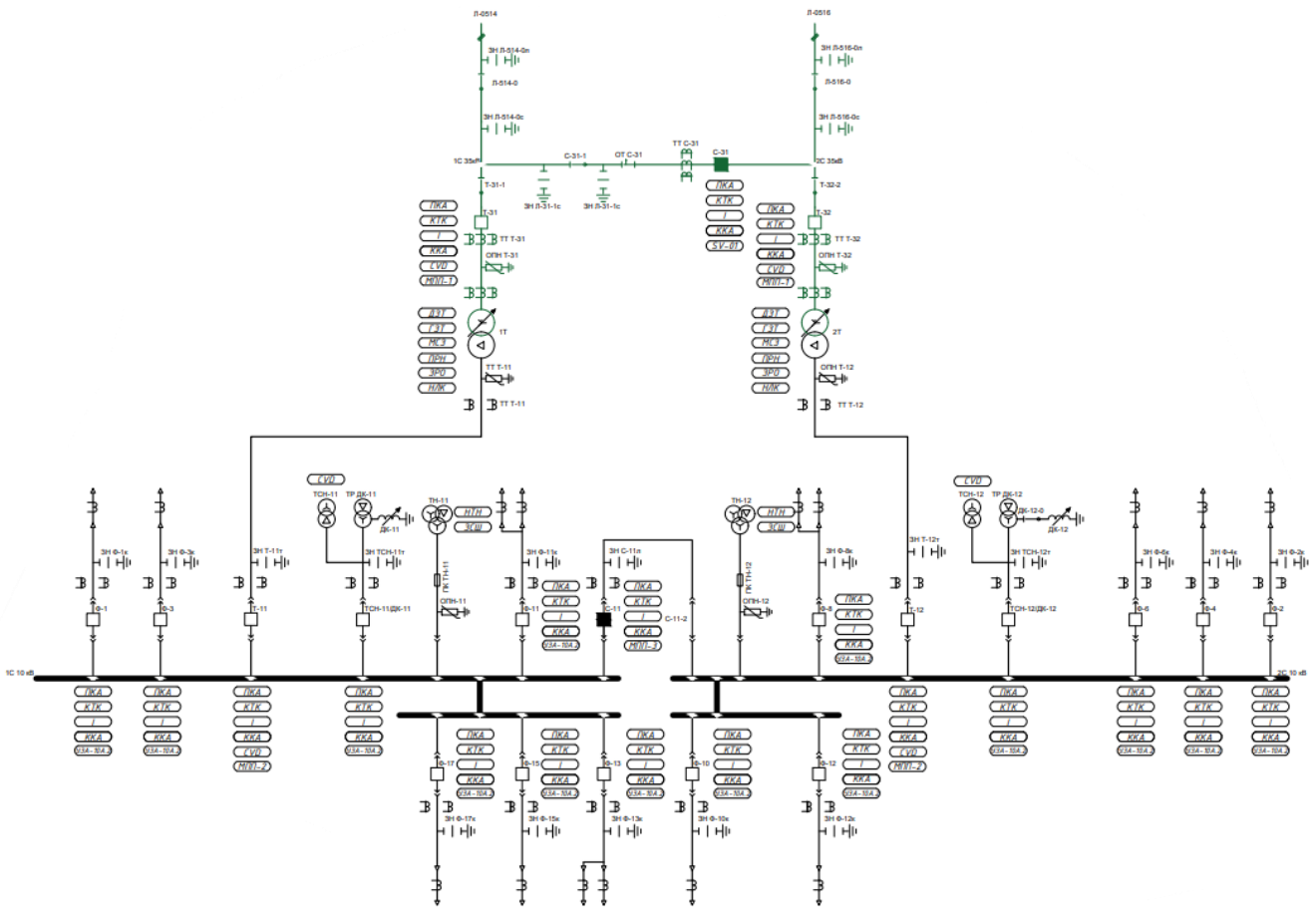


Рисунок 1.1 – Схема підстанції

З релейного захисту встановлені мікропроцесорні термінали УЗА, по вводам встановлено електромагнітні реле, планується заміна на мікропроцесорні термінали Діамант, в них недолік в тому, що керування цим діамантом відбувається за допомогою аналогових команд.

Телемеханіка встановлювалась давно, пристрій 1980 року випуску ТМ-800. В якій заведено 24 канали телесигналізації, 15 каналів телевимірів та 20 каналів телекерування. Недоліки цієї телемеханіки в передачі інформації на верхній рівень, потребує ще встановлення пристрою для перетворення сигналу в стандарт МЕК-60870-5-104. Планується заміна телемеханіки на сучасну типу АВВ RTU, яка може опитувати цифрові виходи приладів релейного захисту для відображення інформації від терміналів (спрацювання захистів та вимірів). Переваги цієї телемеханіки у захисті інформаційного каналу від втручання інших в технологічний процес.



Рисунок 1.2 – Процесорний модуль RTU 560CMR02

Термінали серії RTU560 представляють собою лінійку потужних керуючих промислових програмованих контролерів, в яку входять кілька модифікацій, що відрізняються обсягами оброблюваної інформації і способами монтажу, при цьому перелік основних функцій і підтримуваних стандартних протоколів зв'язку у всіх модифікацій однаковий. Використовуються як централізовані, так і розподілені пристрої нижнього рівня, з масштабуванням від декількох одиниць до декількох тисяч підключаються сигналів вводу / виводу

Застосовуваний процесорний модуль 560CMR02:

1. Обмін даними з модулями вводу / виводу по внутрішній шині передачі даних.
2. Прийом подій про зміну входних сигналів на каналах модулів вводу з мітками часу.
3. Відправлення команд управління модулями виводу.
4. Контроль синхронізації власного годинника, синхронізація модулів вводу / виводу по внутрішній шині.
5. Обмін даними з цифровими пристроями і верхнім рівнем через власні комунікаційні інтерфейси.

Процесорний модуль містить 2 Ethernet-інтерфейсу і 6 послідовних інтерфейсів, що налаштовуються. Модуль укомплектований ліцензією версії PLC - функції збору та ретрансляції сигналів і команд управління, повний набір протоколів, а також доступний внутрішній архів і керуюча програма на мовах стандарту MEK 61131.

Для передачі інформації на верхній рівень застосовують два канали зв'язку:

1. Основний канал зв'язку – для цього каналу застосовують оптичні кабелі, канали радіорелейного зв'язку.

2. Резервний канал зв'язку – для цього каналу застосовується GPRS через операторів мобільного зв'язку.

Розглядався пілотний проект з застосуванням Starlink, але тут дуже багато нюансів:

- Не відповідає стандартам кібербезпеки;
- Для того, щоб організувати цей канал зв'язку треба встановлювати два пристрої, один на ПС, другий де встановлено серверне обладнання для прийому. Це достатньо великі затрати.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок і вибір мікропроцесорних приладів релейного захисту

2.1.1 Аналіз чутливості, селективності та стійкості до струмів к.з.

автоматичних вимикачів в мережі живлення заводу пружин вимикачів 35 кВ

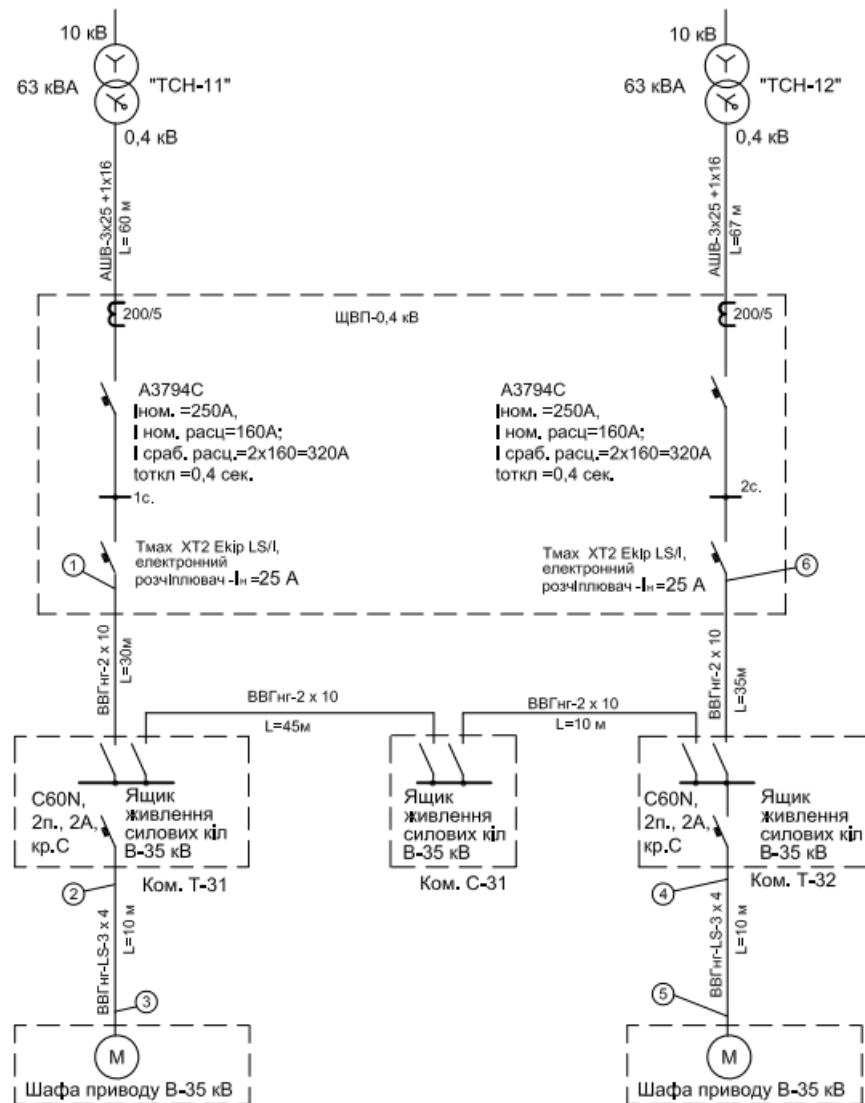


Рисунок 2.1 – Пояснювальна схема

Необхідно спочатку вибрати точки мережі, де можуть бути максимальні і мінімальні струми к.з. у зонах захисту автоматичних вимикачів, що підлягають перевірці.

Максимальні струми необхідні для перевірки селективності між суміжними автоматами та стійкості до струмів к.з., мінімальні для перевірки чутливості до струмів к.з..

Для розрахунків струмів к.з. у кожній точці треба скласти схему заміщення, визначити активні (R) та індуктивні (X) опори кожного елемента, далі – сумарні активні і індуктивні опори (R_{Σ} та X_{Σ}), а потім – повні опори до кожної точки ($Z_{к.з.}$), що розраховуємо по формулі:

$$Z_{к.з.} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}, \quad (2.1)$$

Після цього розраховується струми металевих к.з. $I_{к.з.мет}$ і к.з. при наявності дуги $I_{к.з.д}$ по формулах:

$$I_{к.з.мет} = \frac{400 \cdot \sqrt{3}}{Z_{к.з.}}, \quad (2.2)$$

$$I_{к.з.д} = I_{к.з.мет} \cdot K_d, \quad (2.3)$$

де K_d - коефіцієнт, що враховує наявність дуги і визначається у відповідності з “Методичними вказівками по розрахунку ТКЗ”(УДК.621.613.064.1.001.24).

Повні опори кожного елемента схеми розраховується по формулах:

$$R_{\Pi} = 2R_1 + R_0, \quad (2.4)$$

$$X_{\Pi} = 2X_1 + X_0. \quad (2.5)$$

де R_1, X_1 – активний і реактивний опори прямої послідовності;

R_0, X_0 – активний і реактивний опори нульової послідовності.

Данні розрахунків при живленні від 1с. ЩВП-04кВ зведені в таблицю 2.1, при живленні від 2с. – у таблицю 2.2.

2.1.1.1 Розрахунки струмів к.з. для живлення від 1с. ЩВП-04кВ

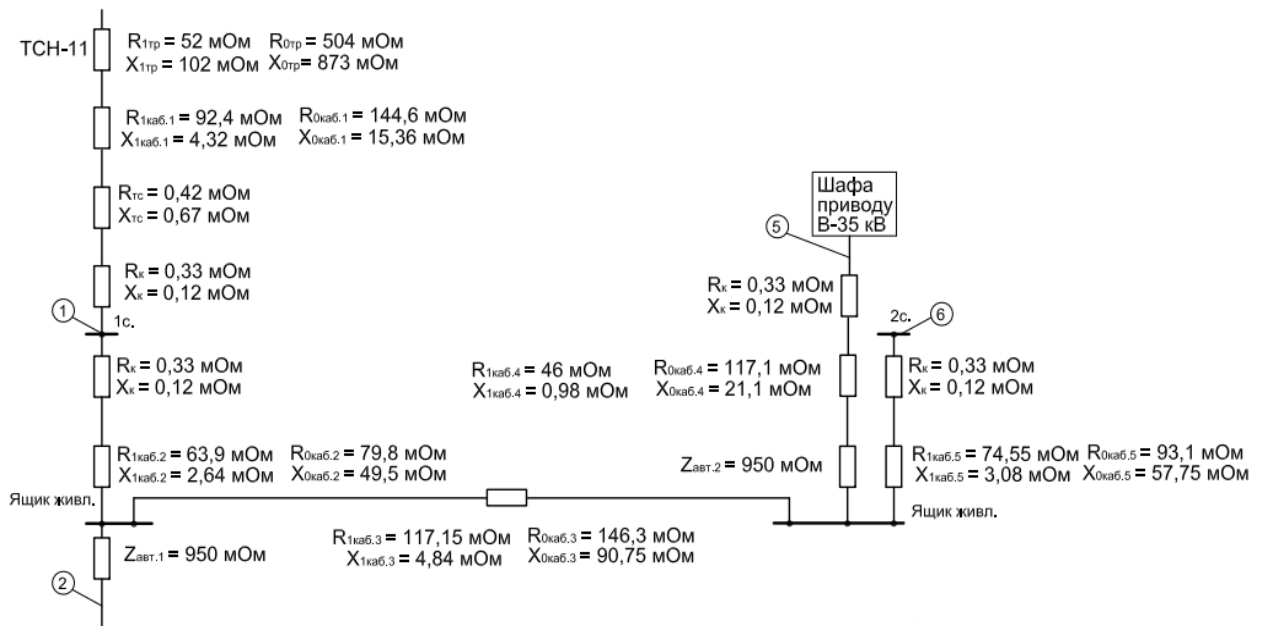


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема заміщення

Таблиця 2.1 – Данні розрахунків при живленні від 1с. ЩВП-04кВ

Точка к.з.	Повний опір ланцюга $Z_{к.з.}$, (МОм)	Струм 1ф металевого к.з. $I_{к.з.}$ (А)	Струм 1ф. К.з. при дузі I_d (А)
1	1320	525	-
2	2460	282	-
5	3095	224	190
6	2122	327	277

2.1.1.2 Розрахунки струмів к.з для живлення від 2с. ЩВП-04кВ

Згідно розрахунковій схемі заміщення на якій зазначено основні параметри цієї схеми розраховується за формулами та заноситься в таблиці.

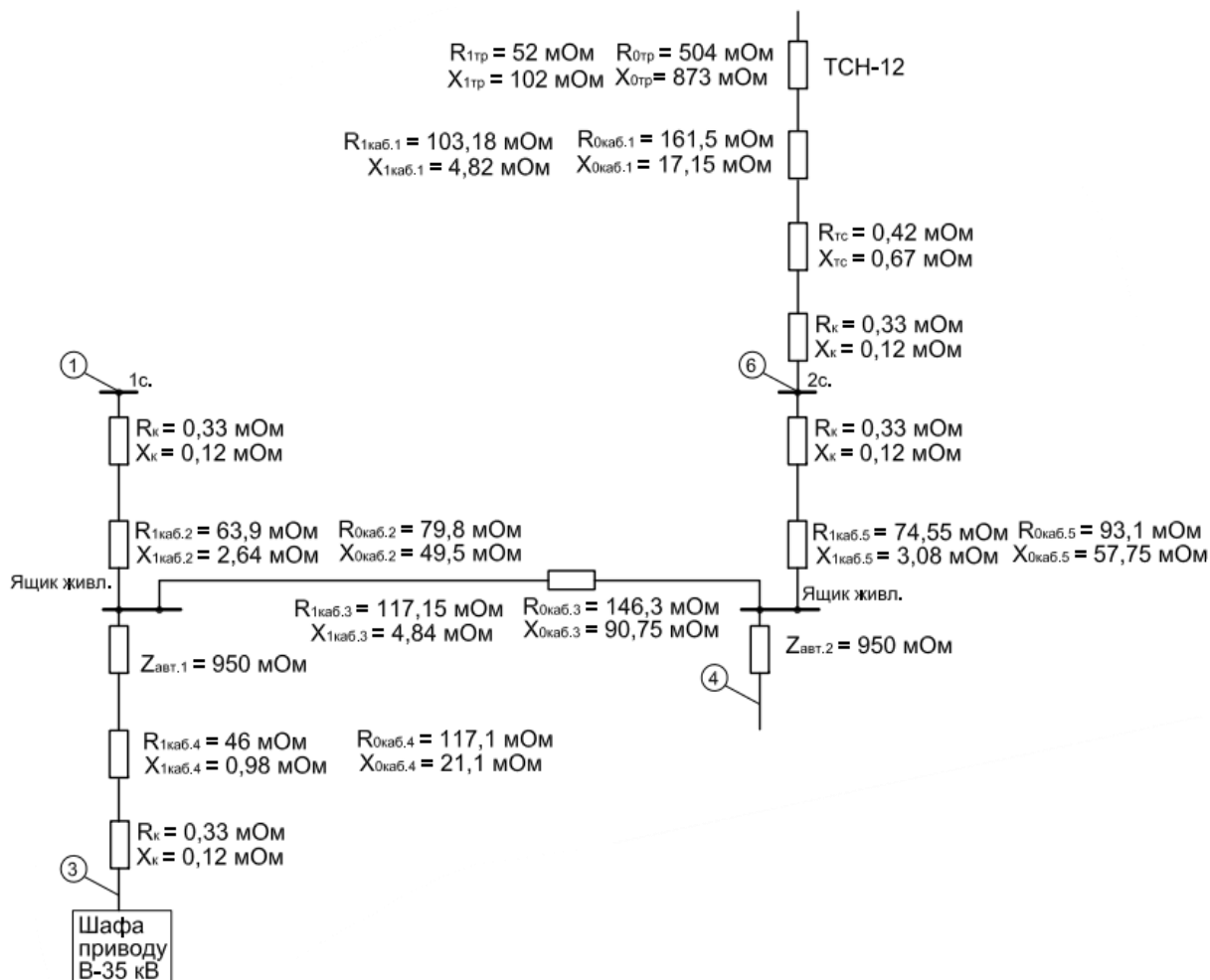


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема заміщення

Таблиця 2.2 – Данні розрахунків при живленні від 2с. ЩВП-04кВ

Точка к.з.	Повний опір ланцюга Zк.з., (МОм)	Струм 1ф металевого к.з. Ік.з. (А)	Струм 1ф. К.з. при дузі Ід (А)
1	2160	321	273
3	3091	224	190
4	2640	262,5	-
6	1475	470	-

Висновки:

1. Мінімальний струм к.з. повинен вимикати автомат у ящику живлення, дорівнює 160 А (точка 3 при живленні від 2 с.ш.). Струм надійного миттєвого спрацювання цього автомату при характеристиці С:

$$I_{\text{над.спр}} = 2 * 10 = 20 \text{ А}, \quad (2.6)$$

Мінімальний коефіцієнт чутливості цього автомату становить:

$$K_{\text{ч.мін}} = \frac{190}{20} = 9,5 > 1,5, \quad (2.7)$$

Максимальний струм к.з., який повинен вимикати автомат на ЩВП, дорівнює 282 А. Це набагато менше струму, який спроможен вимкнути автомат – бкА.

2. На автоматах на ЩВП треба встановити уставки:

- функція захисту – S;
- уставка спрацювання захисту по струму - $I_2 = I_H = 25 \text{ А}$;
- уставка спрацювання захисту по часу - $t_2 = 0,2 \text{ с}$.

Мінімальний струм к.з., який повинен вимикати автомат на ЩВП, дорівнює 277 А (точка 6 при живленні від 1с.ш.). Струм надійного спрацювання цього автомата 25 А.

Мінімальний коефіцієнт чутливості цього автомату становить:

$$K_{ч.мін} = \frac{277}{25} = 11,1 > 1,2. \quad (2.8)$$

Максимальний струм к.з., який повинен вимикати автомат на ЩВП, дорівнює 470 А. Це набагато менше струму, який спроможен вимкнути автомат – 50кА.

3. Селективність між автоматами у ящиках живлення і на ЩВП-0,4 кВ забезпечується за рахунок того, що автомати у ящиках живлення миттєво (не більше 10 мсек) вимикають навіть мінімальні струми к.з. а автомати ЩВП спрацьовують з витримкою часу 0,2 сек

4. Селективність між автоматами на ЩВП живлення кільця двигунів підзаводу, з одного боку, і введних з іншого боку, забезпечується за рахунок того, що ввідні автомати спрацьовують з витримкою часу 0,4 сек, що на 0,2 сек менше за час спрацювання живлення вказаного кільця.

2.1.2 Аналіз чутливості, селективності та стійкості до струмів к.з.

автоматичних вимикачів в мережі живлення обігріву і освітлення комірок 35 кВ

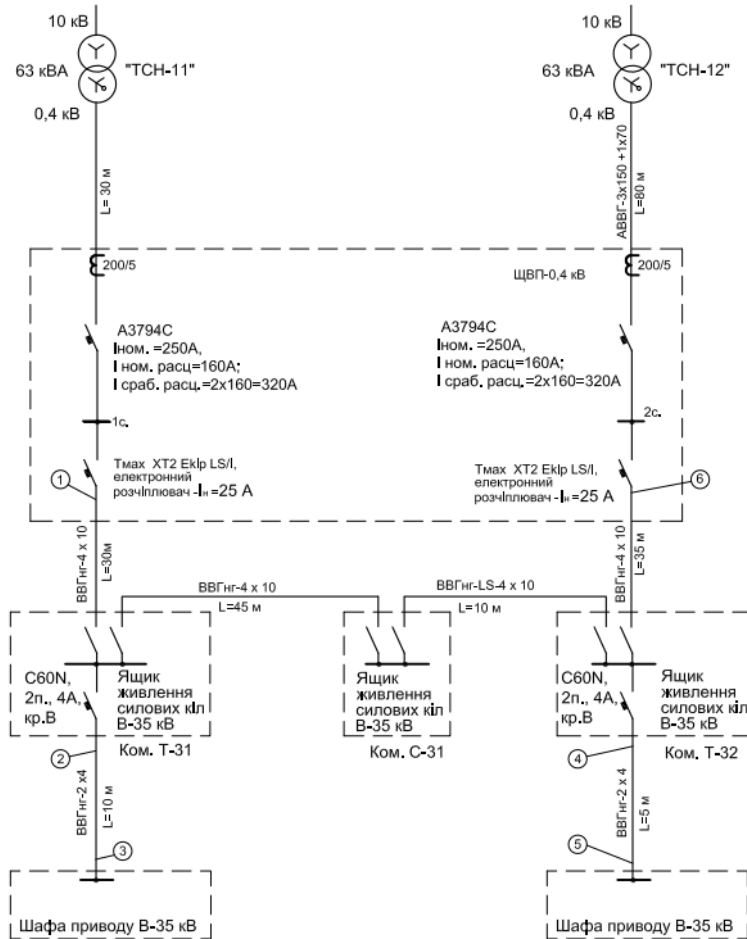


Рисунок 2.4 – Пояснювальна схема

Принципи розрахунків в основному такі самі, як для мережі живлення заводу пружин вимикачів 35 кВ. Єдина відмінність та, що для даної трифазної мережі у розрахунках використовуються повні опори однофазного к.з.

$(R_{\Pi}, X_{\Pi}, Z_{\Pi})$ - для розрахунку струмів однофазного к.з. і опори прямої послідовності (R_1, X_1, Z_1) – для розрахунку струмів трифазного к.з.

При цьому струм металевого трифазного к.з. розраховується по формулі:

$$I_{\text{к.з.мет}} = \frac{400}{Z_{\text{к.з.}} \cdot \sqrt{3}} \quad (2.9)$$

Данні розрахунків при живленні від 1с. ЩВП-04кВ зведені в таблицю 2.3, при живленні від 2с. – у таблицю 2.4.

2.1.2.1 Розрахунки струмів к.з. для живлення від 1с. ЩВП-04кВ

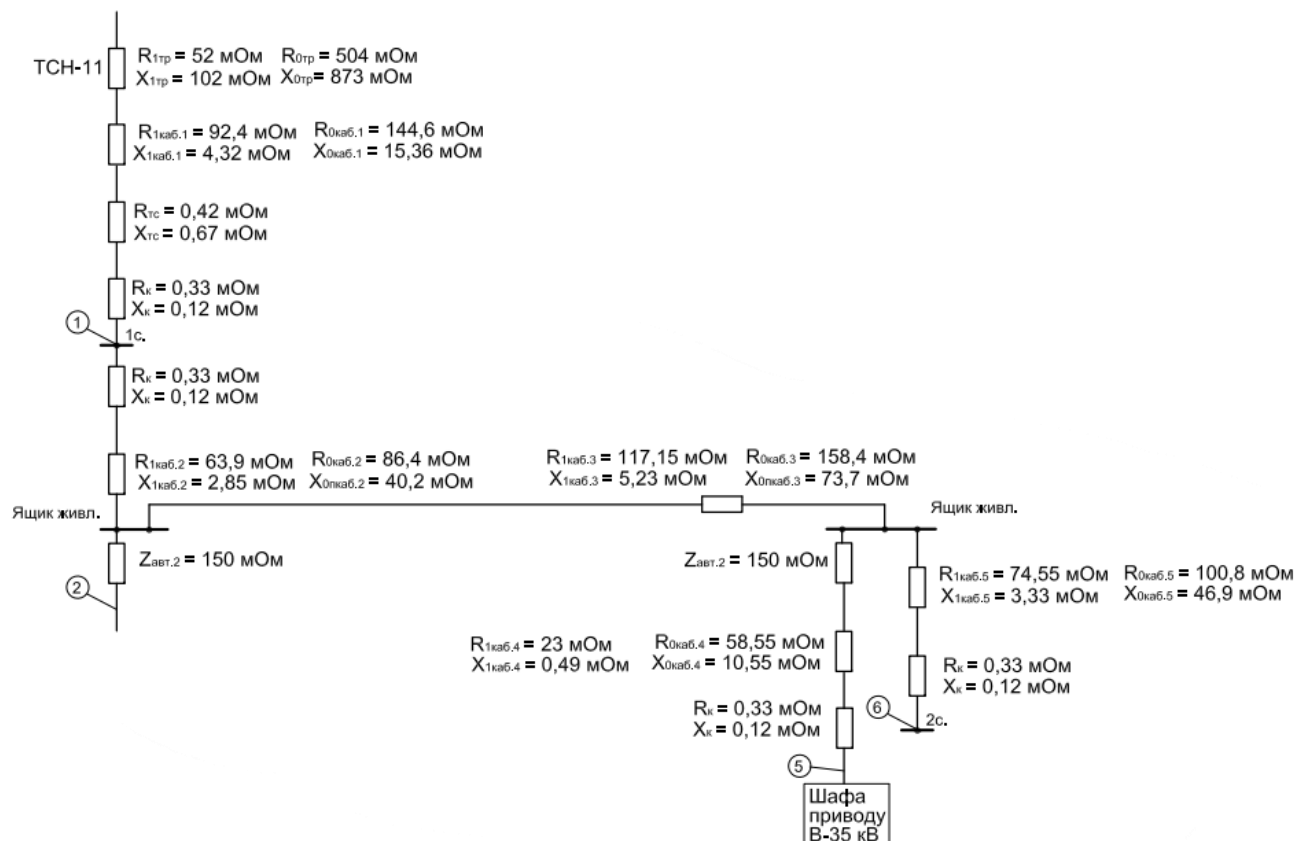


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема заміщення

Таблиця 2.3 – Данні розрахунків при живленні від 1с. ЩВП-04кВ

Точка к.з.	Повний опір ланцюга 3ф $Z_{3к.з.}$, (МОМ)	Повний опір ланцюга 1ф $Z_{1к.з.}$, (МОМ)	Струм 3ф металевого к.з. $I_{3к.з.}$ (А)	Струм 1ф металевого к.з. $I_{1к.з.}$ (А)	Струм 3ф. К.з. при дузі $I_{3д}$ (А)	Струм 1ф. К.з. при дузі $I_{1д}$ (А)
1	243,4	1320	949	525	-	-
2	-	1810	-	383	-	-
5	-	1421	-	488	-	414
6	452	1014	511	683	434	590

2.1.2.2 Розрахунки струмів к.з. для живлення від 2с. ЩВП-04кВ

Для 2с. теж робиться розрахункова схема заміщення з всіма параметрами і розраховується таким же чином.

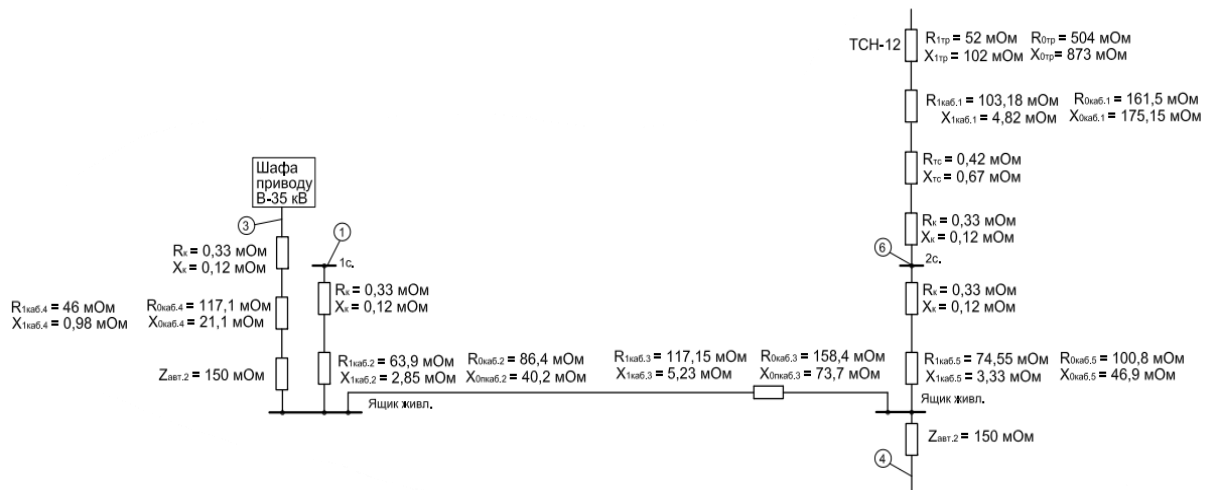


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема заміщення

Таблиця 2.4 – Данні розрахунків при живленні від 2с. ЩВП-04кВ

Точка к.з.	Повний опір ланцюга 3ф Z _{к.з.} , (мОм)	Повний опір ланцюга 1ф Z _{к.з.} , (мОм)	Струм 3ф металевого к.з. I _{к.з.} (А)	Струм 1ф металевого к.з. I _{к.з.} (А)	Струм 3ф. К.з. при дузі I _{зд} (А)	Струм 1ф. К.з. при дузі I _д (А)
1	429	1196	538	193	450	164
3	-	1490	-	465	-	395
4	-	884	-	784	-	-
6	189,4	1475	1220	470	-	-

Висовки:

1. Мінімальний струм к.з. який повинен вимикати автомат у ящику живлення, дорівнює 140 А (точка 3 при живленні від 2 с.ш.). Струм надійного миттєвого спрацювання цього автомату при характеристиці В:

$$I_{над.спр} = 4 * 5 = 20 \text{ А}, \quad (2.10)$$

Мінімальний коефіцієнт чутливості цього автомату становить:

$$K_{\text{ч.мін}} = \frac{140}{20} = 7 > 1,5, \quad (2.11)$$

Максимальний струм к.з., який повинен вимикати автомат на ЩВП, дорівнює 282 А. Це набагато менше струму, який спроможен вимкнути автомат – 6кА.

2. На автоматах на ЩВП треба встановити уставки:

- функція захисту – S;
- уставка спрацювання захисту по струму - $I_2 = I_H = 25 \text{ А}$;
- уставка спрацювання захисту по часу - $t_2 = 0,2 \text{ с}$.

Мінімальний струм к.з., який повинен вимикати автомат на ЩВП, дорівнює 180 А (однофазне к.з. у точці 1 при живленні від 1с.ш.). Струм надійного спрацювання цього автомата 25 А. Мінімальний коефіцієнт чутливості цього автомату становить:

$$K_{\text{ч.мін}} = \frac{180}{25} = 7,24 > 1,5. \quad (2.12)$$

Максимальний струм к.з., який повинен вимикати автомат на ЩВП, дорівнює 1338 А (точка 1 при живленні від 1с. ЩВП). Це набагато менше струму, який спроможен вимкнути автомат – 50кА.

5. Селективність між автоматами у ящиках живлення і на ЩВП-0,4 кВ забезпечується за рахунок того, що автомати у ящиках живлення миттєво (не більше 10 мсек) вимикають навіть мінімальні струми к.з. а автомати ЩВП спрацьовують з витримкою часу 0,2 сек.

2.1.3 Перевірка втрат напруги

2.1.3.1 Перевірка втрат напруги у мережі живлення заводу пружин

вимикачів 35 кВ

Цю перевірку виконуємо для приєднання 35 кВ з найбільшим сумарним опором у цих колах. Як видно з розрахункової схеми, таким приєднанням є В-35 кВ Т-31 при живленні від ТСН-12. Вважатимемо, що до самої крайньої точки (привод В-35 кВ) проходить повний струм цих кіл. Це є деяке перебільшення, але дає певний запас. Максимальний сумарний струм однієї фази, що може проходити у цих колах, дорівнює: $I=2$ А.

Сумарний опір цих кіл від ТСН-12 до приводу В-35 кВ згідно розрахункових схем складає $Z_{\Sigma} = 1,85$ Ом. Втрати напруги від (ШУ) до приводу В-35 кВ:

$$\Delta U = I * Z_{\Sigma} = 2 * 1,85 = 2,7 \text{ В}, \quad (2.13)$$

Це падіння напруги по відношенню до номінальної напруги дорівнює:

$$\Delta U\% = 2,7 * \frac{100}{220} = 1.23\% - \text{допустимо}. \quad (2.14)$$

2.1.3.2 Перевірка втрат напруги у мережі освітлення і обігріву комірок 35 кВ

Цю перевірку виконуємо для приєднання 35 кВ з найбільшим сумарним опором у цих колах. Як видно з розрахункової схеми, таким приєднанням є В-35 кВ Т-31 при живленні від ТСН-12. Вважатимемо, що до самої крайньої точки (привод В-35 кВ) проходить повний струм цих кіл. При цьому будемо вести розрахунок для однофазної мережі. Це є деяке перебільшення, але дає певний запас. Максимальний сумарний струм однієї фази, що може проходити у цих колах, дорівнює: $I=2,1$ А.

Сумарний опір цих кіл від ТСН-12 до приводу В-35 кВ згідно розрахункових схем складає $Z_{\Sigma} = 0,772$ Ом. Втрати напруги від (ШУ) до приводу В-35 кВ:

$$\Delta U = I * Z_{\Sigma} = 2,1 * 0,772 = 1,544 \text{ В}, \quad (2.15)$$

Це падіння напруги по відношенню до номінальної напруги дорівнює:

$$\Delta U\% = 1,544 * \frac{100}{220} = 0,702\% - \text{допустимо}. \quad (2.16)$$

2.1.4 Розрахункова перевірка тр-рів струму

2.1.4.1 Розрахункова перевірка тр-рів струму введів 35кВ Т-31, Т-32

Параметри трансформаторів струму:

ТРО 73.11 0,5/10Р/10Р 400/5; 400/5; 400/5

1-ша обмотка 0,5 $K_{б\text{ез}}=5$ $S_{\text{ном}}=20$ ВА - кола вимірювання

2-га обмотка 10Р $K_{10}=10$ $S_{\text{ном}}=20$ ВА - кола резервного захисту тр-ра

3-тя обмотка 10Р $K_{10}=10$ $S_{\text{ном}}=20$ ВА - кола основного захисту тр-ра

Схема з'єднань для всіх обмоток - повна зірка

Навантаження обмоток тр-рів струму

$$S_{\text{нав}} = Z_{\text{нав}} * I_{2\text{ном}}^2, \quad (2.17)$$

$$Z_{\text{нав}} = Z_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{конт}}, \quad (2.18)$$

де $Z_{\text{приб}}$ - опір приладів, підключених до ТС, може визначатись як:

$$Z_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{(I_{2\text{ном}})^2}, \quad (2.19)$$

де $S_{\text{приб}}$ - номінальна потужність приладів, підключених до ТС;

$I_{2\text{ном}}$ - номінальний вторинний струм ТС - 5 А;

$R_{\text{пров}}$ - опір провідників, що з'єднують прилади з тр-рами струму, може визначатись як:

$$R_{\text{пров}} = R_{0\text{пров}} * I_{\text{пров}} , \quad (2.20)$$

$R_{0\text{пров}}$ - питомий опір провідника на одиницю довжини (табличне значення);

$I_{\text{пров}}$ - довжина провідника (з проекту);

$R_{\text{конт}}$ - опір контактних з'єднань, $R_{\text{конт}}=0,1$ Ом.

1-ша обмотка:

- 1) амперметр ЕПА-100П S=4 ВА;
- 2) перетворювач струму ТИ S=1,5 ВА;
- 3) кабель від ТС до ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ - Т1(2)-701(702,703),

КВВГЭнг 10х2,5 l = 10 м;

- 4) кабель від ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ до панелі управління - Т1(2)-706, КВВГЭнг 10х4 l = 45 м;

$$S_{\text{приб}} = 4 + 1,5 = 5,5 \text{ ВА}, \quad (2.21)$$

$$Z_{\text{приб}} = 0,22 \text{ Ом}, \quad (2.22)$$

$$I_{\text{пров}} = 10 + 45 \text{ м} , \quad (2.23)$$

$$R_{01\text{пров}} = 7,4 \text{ Ом/км} , \quad (2.24)$$

$$R_{0\text{пров}} = 4,63 \text{ Ом/км} , \quad (2.25)$$

$$R_{\text{пров}} = 0,28 \text{ Ом} , \quad (2.26)$$

$$Z_{\text{наб}} = 0,22 + 0,282 + 0,1 = 0,602 \text{ Ом}, \quad (2.27)$$

$$S_{\text{наб}} = Z_{\text{наб}} * I_{2\text{ном}} = 0,602 * 25 = 15,05 \text{ ВА} , \quad (2.28)$$

$$S_{\text{наб}} < S_{\text{ном}} . \quad (2.29)$$

2-га обмотка:

Навантаження:

- 1) прилад Діамант V010 S=0,5 ВА;

2) кабель від ТС до ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ - Т1(2)-701(702,703),
КВВГЭнг 10х2,5 l = 10 м;

3) кабель від ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ до панелі автоматики тр-ра -
Т1(2)-705, КВВГЭнг 10х4 l = 45 м;

$$S_{\text{приб}} = 0,5 \text{ ВА}, \quad (2.30)$$

$$Z_{\text{приб}} = 0,02 \text{ Ом}, \quad (2.31)$$

$$I_{\text{пров}} = 55 \text{ м}, \quad (2.32)$$

$$R_{01\text{пров}} = 7,4 \text{ Ом/км}, \quad (2.33)$$

$$R_{0\text{пров}} = 4,63 \text{ Ом/км}, \quad (2.34)$$

$$R_{\text{пров}} = 0,28 \text{ Ом}, \quad (2.35)$$

$$Z_{\text{наб}} = 0,02 + 0,282 + 0,1 = 0,402 \text{ Ом}, \quad (2.36)$$

$$S_{\text{наб}} = Z_{\text{наб}} * I_{2\text{НОМ}} = 0,402 * 25 = 10,05 \text{ ВА}, \quad (2.37)$$

$$S_{\text{наб}} < S_{\text{НОМ}}. \quad (2.38)$$

3-тя обмотка:

Навантаження:

1) прилад Діамант Т010 S=0,5 ВА;

2) кабель від ТС до ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ - Т1(2)-701(702,703),
КВВГЭнг 10х2,5 l = 10 м;

3) кабель від ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ до панелі автоматики тр-ра -
Т1(2)-705, КВВГЭнг 10х4 l = 45 м;

$$S_{\text{приб}} = 0,5 \text{ ВА}, \quad (2.39)$$

$$Z_{\text{приб}} = 0,02 \text{ Ом}, \quad (2.40)$$

$$I_{\text{пров}} = 55 \text{ м}, \quad (2.41)$$

$$R_{01\text{пров}} = 7,4 \text{ Ом/км}, \quad (2.42)$$

$$R_{0\text{пров}} = 4,63 \text{ Ом/км}, \quad (2.43)$$

$$R_{\text{пров}} = 0,28 \text{ Ом}, \quad (2.44)$$

$$Z_{\text{наб}} = 0,02 + 0,282 + 0,1 = 0,402 \text{ Ом}, \quad (2.45)$$

$$S_{\text{наб}} = Z_{\text{наб}} * I_{2\text{ном}} = 0,402 * 25 = 10,05 \text{ ВА}, \quad (2.46)$$

$$S_{\text{наб}} < S_{\text{ном}}. \quad (2.47)$$

Перевірка по напрузі максимальної робочої точки

Напруга насичення трансформатора струму:

$$U_{\text{м}} = K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{\text{ном}}), \quad (2.48)$$

$$U_{\text{рmax}} = I_{\text{к.з.2 макс}} * (R_2 + Z_{\text{ном}}), \quad (2.49)$$

де $I_{\text{к.з.2 макс}}$ - максимальний вторинний струм КЗ;

R_2 -опір вторинної обмотки трансформатора струму (з паспортних даних);

$R_2 = 0,3$ для обмоток класу точності 10Р.

З урахуванням струму намагнічування:

Напруга насичення трансформатора струму:

$$U_{\text{м}} = 0,9 * K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{\text{ном}}), \quad (2.50)$$

Напруга максимальної робочої точки:

$$U_{\text{рmax}} = 0,9 * I_{\text{к.з.2 макс}} * (R_2 + Z_{\text{ном}}), \quad (2.51)$$

Повинна виконуватись умова $U_{\text{м}} > U_{\text{рmax}}$

2-га обмотка - МТЗ 35 кВ:

$$U_{\text{м}} = K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{\text{ном}}) = 10 * 5 * (0,3 + 1,2) = 75 \text{ В}, \quad (2.52)$$

$$U_{\text{рmax}} = I_{\text{к.з.2 макс}} * (R_2 + Z_{\text{ном}}) = \frac{3388}{400} * (0,3 + 0,402) = 29,72 \text{ В}, \quad (2.53)$$

З урахуванням струму намагнічування:

$$U_M = 0,9 * K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{НОМ}) = 0,9 * 10 * 5 * (0,3 + 1,2) = 72 \text{ В}, \quad (2.54)$$

$$U_{pmax} = 0,9 * I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{НОМ}) = 0,9 * \frac{3388}{5} * (0,3 + 0,402) = 26,75 \text{ В}, \quad (2.55)$$

$$U_M > U_{pmax} \text{ виконується.} \quad (2.56)$$

3-тя обмотка - дифзахист 35 кВ:

$$U_M = K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{НОМ}) = 10 * 5 * (0,3 + 0,8) = 55 \text{ В}, \quad (2.52)$$

$$U_{pmax} = I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{НОМ}) = \frac{3388}{5} * (0,3 + 0,38) = 28,54 \text{ В}. \quad (2.53)$$

З урахуванням струму намагнічування:

$$U_M = 0,9 * K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{НОМ}) = 0,9 * 10 * 5 * (0,3 + 0,8) = 49,5 \text{ В}, \quad (2.54)$$

$$U_{pmax} = 0,9 * I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{НОМ}) = 0,9 * \frac{3388}{5} * (0,3 + 0,38) = 25,68 \text{ В}. \quad (2.55)$$

З умов роботи диференційного захисту:

Для урахування аперіодичної складової струму напруга максимальної робочої точки U_M повинна бути удвічі більшою за U_{pmax}

$$U_M/2 > U_{pmax} \text{ виконується.} \quad (2.56)$$

2.1.4.2 Розрахункова перевірка тр-рів струму введів 35кВ С-31

Параметри трансформаторів струму:

ТРО 73.11 0,5/10Р 400/5

1-ша обмотка 0,5 $K_{б\text{ез}}=5$ $S_{НОМ}=20$ ВА - кола вимірювання

2-га обмотка 10Р $K_{10}=10$ $S_{НОМ}=20$ ВА - кола захисту СВ 35 кВ

Схема з'єднань для всіх обмоток - повна зірка

Навантаження обмоток тр-рів струму

$$S_{\text{нав}} = Z_{\text{нав}} * I_{2\text{ном}} , \quad (2.57)$$

$$Z_{\text{нав}} = Z_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{конт}} . \quad (2.58)$$

де $Z_{\text{приб}}$ - опір приладів, підключених до ТС, може визначатись як:

$$Z_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{(I_{2\text{ном}})^2}, \quad (2.59)$$

де $S_{\text{приб}}$ - номінальна потужність приладів, підключених до ТС;

$I_{2\text{ном}}$ - номінальний вторинний струм ТС - 5 А;

$R_{\text{пров}}$ - опір провідників, що з'єднують прилади з тр-рами струму, може визначатись як:

$$R_{\text{пров}} = R_{0\text{пров}} * l_{\text{пров}} , \quad (2.60)$$

$R_{0\text{пров}}$ - питомий опір провідника на одиницю довжини (табличне значення);

$l_{\text{пров}}$ -довжина провідника (з проекту);

$R_{\text{конт}}$ -опір контактних з'єднань, $R_{\text{конт}}=0,1$ Ом.

1-ша обмотка:

1) амперметр ЕПА-100П S=4 ВА;

2) перетворювач струму ТИ S=1,5 ВА;

3) кабель від ТС до ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ - Т1(2)-701(702,703),

КВВГЭнг 10х2,5 l = 10 м;

4) кабель від ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ до панелі управління - СВ,

КВВГЭнг 10х2,5 l = 25 м;

$$S_{\text{приб}} = 4 \text{ ВА}, \quad (2.61)$$

$$Z_{\text{приб}} = 0,16 \text{ Ом}, \quad (2.62)$$

$$I_{\text{пров}} = 35 \text{ м}, \quad (2.63)$$

$$R_{01\text{пров}} = 7,4 \text{ Ом/км}, \quad (2.64)$$

$$R_{0\text{пров}} = 4,63 \text{ Ом/км}, \quad (2.65)$$

$$R_{\text{пров}} = 10 * \frac{7,4}{1000} + 25 * \frac{4,63}{1000} = 0,189 \text{ Ом}, \quad (2.66)$$

$$Z_{\text{нав}} = 0,16 + 0,189 + 0,1 = 0,449 \text{ Ом}, \quad (2.67)$$

$$S_{\text{нав}} = Z_{\text{нав}} * I_{2\text{ном}} = 0,449 * 25 = 11,22 \text{ ВА}, \quad (2.68)$$

$$S_{\text{нав}} < S_{\text{ном}}. \quad (2.69)$$

2-га обмотка:

Навантаження:

- 1) прилад Диамант SV01 S=0,5 ВА;
- 2) кабель від ТС до ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ - Т1(2)-701(702,703),

КВВГЭнг 10х2,5 l = 10 м;

- 3) кабель від ящика кіл ТС 35 на ВРУ 35 кВ до панелі автоматики СВ,

КВВГЭнг 10х4 l = 35 м;

$$S_{\text{приб}} = 0,5 \text{ ВА}, \quad (2.70)$$

$$Z_{\text{приб}} = 0,02 \text{ Ом}, \quad (2.71)$$

$$I_{\text{пров}} = 35 \text{ м}, \quad (2.72)$$

$$R_{01\text{пров}} = 7,4 \text{ Ом/км}, \quad (2.73)$$

$$R_{0\text{пров}} = 4,63 \text{ Ом/км}, \quad (2.74)$$

$$R_{\text{пров}} = 10 * \frac{7,4}{1000} + 35 * \frac{4,63}{1000} = 0,236 \text{ Ом}, \quad (2.75)$$

$$Z_{\text{нав}} = 0,02 + 0,236 + 0,1 = 0,356 \text{ Ом}, \quad (2.76)$$

$$S_{\text{нав}} = Z_{\text{нав}} * I_{2\text{ном}} = 0,356 * 25 = 8,9 \text{ ВА}, \quad (2.77)$$

$$S_{\text{нав}} < S_{\text{ном}}. \quad (2.78)$$

Перевірка по напрузі максимальної робочої точки

Напруга насичення трансформатора струму:

$$U_M = K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{НОМ}), \quad (2.79)$$

$$U_{pmax} = I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{НОМ}), \quad (2.80)$$

де $I_{к.з.2 \text{ макс}}$ - максимальний вторинний струм КЗ;

R_2 -опір вторинної обмотки трансформатора струму (з паспортних даних);

$R_2 = 0,25$ Ом для обмоток класу точності 0,5, $R_2 = 0,4$ Ом для обмоток класу точності 10Р.

З урахуванням струму намагнічування:

Напруга насичення трансформатора струму:

$$U_M = 0,9 * K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{НОМ}), \quad (2.81)$$

Напруга максимальної робочої точки:

$$U_{pmax} = 0,9 * I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{НОМ}), \quad (2.82)$$

Повинна виконуватись умова $U_M > U_{pmax}$

2-га обмотка - МТЗ 35 кВ:

$$U_M = K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{НОМ}) = 10 * 5 * (0,3 + 0,8) = 55 \text{ В}, \quad (2.83)$$

$$U_{pmax} = I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{НОМ}) = \frac{3388}{\frac{400}{5}} * (0,3 + 0,356) = 27,78 \text{ В}, \quad (2.84)$$

З урахуванням струму намагнічування:

$$U_m = 0,9 * K_{10} * 5 * (R_2 + Z_{ном}) = 0,9 * 10 * 5 * (0,3 + 0,8) = 49,5 \text{ В}, \quad (2.85)$$

$$U_{рmax} = 0,9 * I_{к.з.2 \text{ макс}} * (R_2 + Z_{ном}) = 0,9 * \frac{3388}{5} * (0,3 + 0,356) = 25,0 \text{ В}, \quad (2.86)$$

$$U_m > U_{рmax} \text{ виконується.} \quad (2.87)$$

Таблиця 2.5 – Таблиця результатів розрахунків

Приєднання		Т-31, Т-32			С-31	
		№1-0,5 Вимірювання	№2-10Р МСЗ 35 кВ	№3-10Р Диф.захист	№1-0,5 Вимірювання	№2-10Р МСЗ 35 кВ
Номинальний повний струм, А	I1	400	400	400	400	400
Номинальний вторинний струм, А	I2	5	5	5	5	5
Номинальна потужність обмотки ВА	Sном	20	20	20	20	20
Опір номінального навантаження, Ом	Zном	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Опір вторинної обмотки, Ом	R2	0,25	0,4	0,4	0,25	0,4
Номинальна гранична кратність	K10ном	5	10	10	5	10
Розр. гранична кратність	K10		1,1	8,47		1,1
Опір струмових кіл, Ом	Zнав	0,062	0,402	0,042	0,449	0,356
Схема з'єднання ТС		повна зірка	повна зірка	повна зірка	повна зірка	повна зірка
Макс. струм КЗ, А	I1кмакс		400	3388		400
Розр. навантаження, ВА	Sнав	15,05	10,05	10,05	11,22	8,9
Напруга насичення, В	Um		55	55		55
Напруга максимальної робочої точки, В	Uрmax		29,72	29,72		27,78
Напруга насичення ТС з урахуванням струму намагнічування, В	Um		49,5	49,5		49,5
Напруга максимальної робочої точки з урахуванням струму намагнічування, В	Uрmax		26,75	26,75		25
Умова Sнав < Sном		вконується	вконується	вконується	вконується	вконується
Умова K10 < K10ном		вконується	вконується	вконується	вконується	вконується
Умова Um > Uрmax			вконується	вконується		вконується

2.1.5 Перевірка автоматичних вимикачів та кабелів в колах управління та автоматики

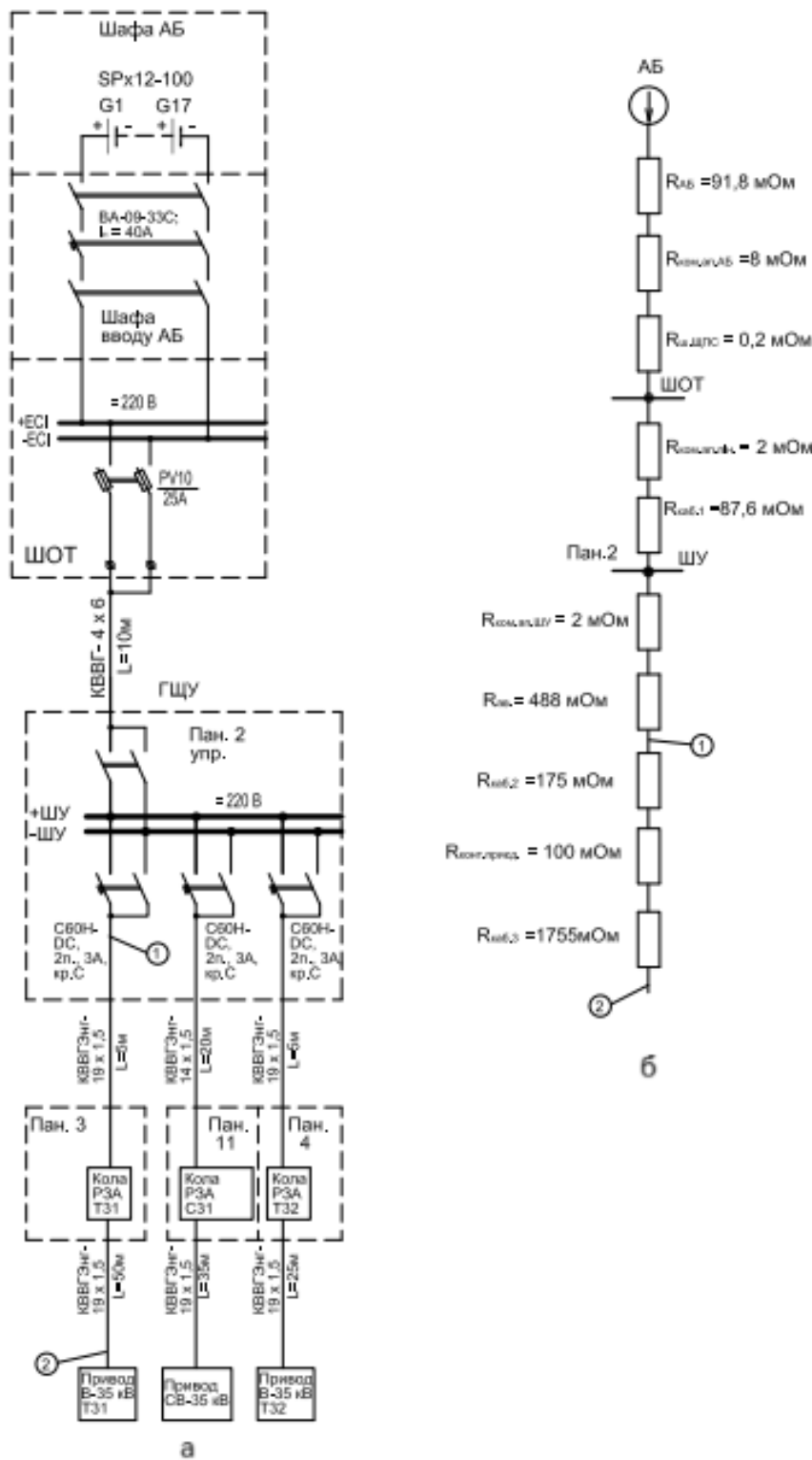


Рисунок 2.7 - а) Пояснювальна схема; б) Розрахункова схема

2.1.5.1 Розрахунки струмів к.з.

Нові кола постійного струму живляться від існуючих шинок на панелі ГЩУ, які живляться від існуючого щита постійного струму (ЩПС) по існуючих лініях живлення. На цих лініях на ЩПС встановлені роз'єднувачі з запобіжниками.

Для живлення нових оперативних кіл кожного приєднання 35 кВ встановлені автоматичні вимикачі серії С60Н-DC (ЗА, хар. С) виробництва компанії Schneider Electric.

Для перевірки нових автоматичних вимикачів проводимо розрахунок струмів короткого замикання для характерних точок схеми постійного струму. Ці точки вибрані таким чином, щоб розрахувати максимальні та мінімальні струми к.з. для перевірки нових автоматичних вимикачів. Максимальний СКЗ потрібен для перевірки селективності, а мінімальний для перевірки чутливості цих автоматів.

Для розрахунків СКЗ складена схема заміщення, на якій вказані опори ділянок схеми.

Струм металевого к.з.:

$$I_{\text{к.з.м1}} = \frac{nE_{\text{розр}}}{R_{\text{АБ}} + R_{\text{зовн}}} = \frac{102 * 1,93}{91,8 + 679,6} = 255 \text{ А}, \quad (2.89)$$

де $n = 102$ – кількість послідовно з'єднаних елементів АБ;

$E_{\text{розр}}$ – ЕДС одного елементу АБ;

$R_{\text{зовн}}$ – сумарний опір до точки розрахунку.

Струм к.з. при дузі дорівнює:

$$I_{\text{к.з.д}} = I_{\text{к.з.м}} * K_{\text{д}}. \quad (2.90)$$

де $K_{\text{д}} = 0,68$ – коефіцієнт що враховує наявність дуги.

Результати розрахунків заносяться до таблиці 2.6.

Таблиця 2.5 – Таблиця результатів розрахунків

Точка к.з.	Сумарний зовнішній опір ланцюга R _{зовн} , (МОм)	Струм 1ф металевого к.з. I _{к.з.} (А)	Струм 1ф. К.з. при дузі I _д (А)
1	679,6	255	-
2	2710	70,3	47,8

Як видно з цієї таблиці, мінімальний струм к.з. в т.2 47,8 А, а струм надійного миттєвого спрацювання дорівнює 30А.

Максимальний струм к.з. 255А в т.1 , це набагато менше струму, який автомат спроможен вимкнути 6кА

Що стосується селективності цих автоматів з запобіжниками, то вза ампер-секундній характеристиці видно, що запобіжник спрацює через 0,1 с, а автомат майже миттєво.

2.1.5.2 Перевірка втрат напруги нових оперативних кіл

Цю перевірку виконуємо для приєднання з найбільшим сумарним опором від існуючих шинок управління ГЩУ до привода В-35. Як видно з розрахункової схеми, таким приєднанням є В-35 Т-31.

Вважаємо, що до привода проходить повний струм цих кіл. Це є перебільшенням, але дає запас. Максимальний струм, що може проходити у цих колах дорівнює 2А. Сумарний опір від шинок до приводу 2,52 Ом.

Витрати напруги від ШУ до привода:

$$\Delta U = I * R_{\Sigma} = 2 * 2.52 = 5.04 \text{ В}, \quad (2.91)$$

Це падіння напруги по відношенню до номінальної напруги дорівнює:

$$\Delta U\% = 5.04 * \frac{100}{220} = 2,3\%. \quad (2.92)$$

2.2 Розрахунок і вибір пристроїв телемеханіки

2.2.1 Структура системи

Система складається з шафи телемеханіки, сполученої з ланцюгами живлення, вимірювальним та сигнальним обладнанням на ПС. Шафа телемеханіки розташовується в ГШУ і містить GPRS/LTE-роутер для передачі даних в систему верхнього рівня диспетчерського управління. Для реалізації функції телевимірювання в систему входять аналогові вимірювальні перетворювачі ПНС-3-03-3-24 та цифрові вимірювальні перетворювачі 560CVD03. Шафа телемеханіки базується на основі комплексу технічних засобів RTU560 виробництва концерну Hitachi Energy, в складі:

- Корзина 560MPRR03 R0001 1KGT022100R0001;
- Процесорний модуль 560CMR02 R0001 1KGT036300R0001 з флеш-картою Rel. 12 SPS/Archive Licence 750 DP 1KGT201646R0012;
- Блоки вводу /виводу сигналів на основі:
 - плати дискретного вводу (TC) 560BIR01 R0001 1KGT034000R0001;
 - плати дискретного виводу (TK) 260BOR01 R0002 1KGT036800R0002;
 - плати аналогового вводу (TB) 560AIR02 R0001 1KGT037500R0001;
- Шинний модуль 560BCU04 R0003 1KGT022300R0003;
- Блок живлення 560PSR00 R0001 1KGT026500R0001;
- Комутатор Planet IGS-12040MT; • Блок живлення SDR-240-24;
- Блок безперебійного живлення DR-UPS40;
- Акумулятори CSB Battery GPL 1272.

Для забезпечення збору даних шафа підключається до контрольних ланцюгів силового, вимірювального і сигнального обладнання ПС. Джерелами

сигналів для системи телемеханіки служать: – датчики типу "сухий контакт" комутаційних апаратів, реле захистів і системи центральної сигналізації ПС; – перетворювачі вимірювальні (встановлюються на етапі впровадження системи). Паралельний обмін між системою телемеханіки підстанції та двома системами верхнього рівня АСДТУ MicroSCADA ABB та PowerOn Advantage GE здійснюється по корпоративному каналу зв'язку з резервуванням по GPRS/LTE – зв'язку.

Комутатор Planet IGS-12040MT об'єднує сигнали від обладнання шаф телемеханіки і передає їх до шафи технологічної мережі передавання даних (ТМПД). Обладнання шафи (ТМПД) здійснює шифрування та передачу даних на верхній рівень. Організація GPRS/LTE – зв'язку здійснюється на основі GPRS/LTE каналу передачі. Процесорний модуль 560CMR02, за допомогою Комутатора Planet IGS-12040MT, при цьому підключається до Ethernet LAN - портів GPRS/LTE - роутера RUT-955, Teltonika. Інформаційний зв'язок з верхнім рівнем здійснюється за протоколом Host Communication Interface with IEC 60870-5-104 (ідентично ГОСТ Р МЭК 60870-5-104). Мережеві налаштування обладнання телемеханіки узгоджуються при виконанні робіт з впровадження системи. Автоматична синхронізація дати та часу організовується від серверу верхнього рівня АСДТУ, MicroSCADA по протоколу IEC 60870-5-104 кожні 5 хвилин і при відновленні втраченого каналу зв'язку. Замовник забезпечує синхронізацію серверу верхнього рівня від корпоративного NTP - серверу або іншим шляхом.

2.2.2 Підключення зовнішніх ланцюгів

Монтаж зовнішніх зв'язків проводиться до модулів вводу/виводу даних, конструктивно виконаних у форматі блок-модулів, які встановлюються на DIN-рейку. Ланцюги каналів вводу/виводу винесені на клеми зовнішніх з'єднань шафи ТМ (X1, X3, XT). Мікропроцесорні пристрої та цифрові вимірювальні перетворювачі заводяться через телекомунікаційні кабелі на патч-панелі XU. Для інтеграції сигналів телесигналізації проектом передбачається провід ПВ різного перерізу:

1. ПВ-1 1x1,5 кв. мм. для наступних ланцюгів:

- телесигналізації для під'єднання до клемника телемеханіки;
- напруги з ТН та живлення для під'єднання безпосередньо до

вимірювальних модулів 560CV03 та вимірювальних перетворювачів ПНС-3-03-3-24;

- ланцюгів телесигналізації та напруги для монтажу в колах РЗА.

2. ПВ-1 1x2,5 кв. мм. для:

- ланцюгів трансформаторів струму для під'єднання безпосередньо до вимірювальних модулів 560CV03;

- ланцюгів трансформаторів струму для монтажу в колах РЗА.

3. ПВ-1 1x16,0 кв. мм. (жовто-зелений) використовується для організації заземлення пристрою захисту від перенапруг ланцюгів $\sim 220\text{В}$ до шини заземлення ПС (загальною довжиною 20 м.).

4. ПВ-1 1x6,0 кв. мм. використовується для підключення автоматичного вимикача системи телемеханіки.

5. ПВ-1 1x16,0 кв. мм. (жовто-зелений) використовується для заземлення шафи телемеханіки до шини заземлення ПС (загальною довжиною 20 м.).

6. Кабель FTP-cat.5E LSON для організації підключення інформаційних кіл до вимірювальних модулів 560CV03 та вимірювальних перетворювачів ПНС-3-03-3-24.

Клемники ТМ, що встановлюються в комірках РЗА оптимально монтувати в клемному відсіку комірки.

2.2.3 Живлення шафи телемеханіки

Шафа телемеханіки має 2 вводи живлення:

- $\sim 220\text{ В}$ від Панелі змінного струму №1 встановлено автоматичного вимикача QFT1 $\sim 220\text{В}$, 16А;

- $\sim 220\text{ В}$ від Панелі змінного струму №3 встановлено автоматичного вимикача QFT2 $\sim 220\text{В}$, 16А;

В шафі організований АВР для входів ~ 220 В на базі мініконтакторів СЕС09.01-230V 50/60Hz фірми ЕТІ.

Для організації живлення модулів і компонентів шафи ТМ, що розташовані в РУ, а також для вирішення інших завдань експлуатації, шафа комплектується джерелом живлення SDR-240- 24. Основні характеристики джерела живлення SDR-240-24:

- вихідна напруга 24В (для заряду акумуляторів встановлюється в діапазоні 26,6- 27,2В за допомогою регулятора на етапі виробництва шафи);
- максимальний вихідний постійний струм - 10А;
- вхідна напруга 88...264В змінного або 124...370В постійного струму;
- вбудований захист від перевантажень і коротких замикань.

Для забезпечення роботи системи телемеханіки при зникненні електроживлення здійснюється перехід на живлення від батарей і на вході модуля дискретного вводу формується відповідний сигнал. Батареї спеціального обслуговування не вимагають. Розрахунковий час автономної роботи наведений в розділі 13 пояснювальної записки.

Для контролю відповідності величини напруги мережі живлення 220В 50Гц заданому діапазону використовується реле контролю напруги (Hager EU 102). У разі виходу за допустимий діапазон (встановлюється на етапі виробництва шафи, як правило від 130В до 260В) реле відключає шафу від вхідної напруги, щоб уникнути виходу з ладу обладнання.

Контроль напруги живлення ~ 220 В на вводі шафи телемеханіки виконується за допомогою контактора RD-25-31 фірми ЕТІ. Котушка контактора підключається після реле контролю напруги, а контакти - до клемника X1 (номери клем та відповідні канали дискретного модулю, відображені на кресленні «Схема електрична принципова. Телесигналізація»).

Для захисту обладнання шафи ТМ від імпульсних перенапруг використовується комплект ПЗІП I класу (Hakel HS55) та ПЗІП II класу (Hakel ГСВ2-230/50 2+0 С), скомутованих між собою за допомогою імпульсного

розділяючого дроселя (Наkel PI-L16/15), справність його варисторів контролюються шляхом підключення блок-контакту до каналу модуля ТС.

Пристрій гальванорозв'язки (TCL-XXX-XXX DC) слугує для забезпечення відсутності електричного зв'язку між обладнанням шафи і зовнішніми ланцюгами.

Застосовується в наступних випадках:

- Перші 8 дискретних входів (внутрішні сигнали шафи) живляться від ланцюгів 24В живлення шафи, усі інші дискретні входи живляться гальванічно розв'язаною напругою 24В. Це також запобігає втратам внутрішніх телесигналів шафи ТМ при можливій несправності блоку гальванорозв'язки.
- Для живлення вимірювальних пристроїв; Ввімкнення шафи ТМ:
- Для подачі напруги на АВР ~220В від 1СШ в шафу ТМ необхідно ввімкнути двополюсний автоматичний вимикач QF1.1;
- Для подачі напруги на АВР ~220В від 2СШ в шафу ТМ необхідно ввімкнути двополюсний автоматичний вимикач QF1.2;
- Для подачі напруги ~220В на блок живлення (SDR-240-24) необхідно ввімкнути двополюсний автоматичний вимикач QF2;
- Для підключення до ланцюгів резервного живлення (акумуляторні батареї) необхідно ввімкнути однополюсний автоматичний вимикач QF3;
- Для подачі напруги 24В на живлення вимірювальних модулів необхідно ввімкнути двополюсні автоматичні вимикачі QF4.1 (560CVD03) та QF4.2 (ПНС-3-03-3-24);
- Для подачі напруги на живлення блоку вентиляторів необхідно ввімкнути однополюсний автоматичний вимикач QF5.
- Для подачі напруги ~220В для обладнання на перспективу необхідно ввімкнути двополюсний автоматичний вимикач QF6.

2.2.4 Розрахунок часу роботи системи телемеханіки від акумулюючих батарей

Системи безперебійного живлення автоматично підтримують живлення підключеного обладнання в аварійних ситуаціях, до відновлення зовнішнього електроживлення мережі.

В шафі телемеханіки встановлено 4 акумулюючі батареї GPL 1272 виробництва CSB Battery, ємністю 7,2Аг та напругою 12В, з'єднані попарно послідовно та паралельно між собою.. Таким чином, сумарна характеристика ДБЖ - 24В, 14,4Аг. Схема такого підключення акумулюючих батарей до блоку безперебійного живлення DR-UPS40 погоджена з виробником блоку безперебійного живлення, фірмою MeanWell.

Згідно ТЗП до вимог ДБЖ - безперебійне живлення шафи телемеханіки при зникненні зовнішнього живлення має бути не менше 2 годин. Для перевірки відповідності вибраного обладнання вимогам ТЗП проведемо розрахунок часу роботи шафи телемеханіки від батарей при зникненні зовнішнього каналу живлення системи.

Приведемо основні компоненти системи шафи телемеханіки, що розміщена в ПС які живляться від ДБЖ при зникненні основного каналу живлення та розрахуємо їх потужність згідно характеристик, наведених виробником в технічній документації.

Таблиця 2.6 – Потужність пристроїв, які живляться від ДБЖ

Найменування	Тип	Потужність, W	К-ть, шт
Блок гальванорозв'язки	TCL-024-124DC	5,369	1
Ланцюги ТС	520BIDO1 (1,5мА на 1 вхід)	4,608	128
Блок гальванорозв'язки	TCL-024-124DC	13,954	1
Модуль вимірювальний	560CVD03 R0035	12	6
Блок гальванорозв'язки	TCL-060-124DC	53,58	1
Перетворювач вимірювальний	ПНС-3-03-3-24	46,05	16
Комутатор	Planet IGS-12040MT	12	1
Процесорний модуль	560CMR02 R0002	44,3	1
LTE-роутер	Teltonika RUT955	7	1
Перетворювач вимірювальний	ПНС-2-08-3-24	2,88	1

При розрахунках потужності блоків гальванорозв'язок були враховані втрати при ККД пристрою 86%.

Враховуючи ККД блока живлення SDR-240-24 (94%) можемо вирахувати сумарну потужність шафи:

$$P_{\Sigma} = \frac{5,359+13,954+53,58+12+44,3+7+2,88}{0,94} = 147,95 \text{ Вт}, \quad (2.93)$$

Маючи потужність системи можемо порахувати час, за який блок акумуляюючих батарей розрядяться повністю

$$T_{\text{год}} = \frac{C \cdot U}{P_{\Sigma}} = \frac{14,4 \cdot 24}{147,95} = 2 \text{ год } 20 \text{ хв.} \quad (2.94)$$

де $T_{\text{год}}$ - час автономної роботи ДБЖ при відключенні мережі, год;

C - ємність акумуляюючої батареї, Аг;

U - напруга ДБЖ, В;

P_{Σ} - потужність навантаження, Вт.

Отже можемо зробити висновок, що для шафи телемеханіки, розташованої в ПС при сумарній потужності в 147.95 Вт чотирьох акумуляюючих блоків GPL 1272 фірми CSB Battery, ємністю 14,4 г та напругою 12В достатньо для підтримки працездатності шафи на 2 години 20 хвилин.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Вступ

Проводиться реконструкція підстанції “Комунальна”. На котрій встановлене застаріле обладнання релейного захисту і телемеханіки, котре обслуговувати дорого та великі втрати енергії, а також масляні трансформатори струму. Електромеханічні прилади релейного захисту достатньо застаріле, що дуже затратно в обслуговуванні та ремонті, а також менший термін служби цього обладнання і потребують частого технічного обслуговування.

В даному проекті пропонується замінити застарілу електромеханіку на більш сучасне: мікропроцесорні термінали та литі трансформатори струму та напруги, що спрощують обслуговування та ремонт, а також сучасну телемеханіку яка може опитувати цифрові виходи з терміналів.

Сучасне обладнання зроблено так, щоб зменшити кількість ремонтів та часу обслуговування. Також спрощують роботу з ними, електромеханічні реле потребували настроювання та чистки контактів, а на сучасному терміналі все цифрове. Цифрові входи і виходи на терміналі допоможуть диспетчеру керувати віддалено та бачити, що відбувається на підстанції.

На ремонт та обслуговування обладнання потрібно фінансових так і людських витрат, що не дуже вигідно для компанії. В даному розділі будуть розраховані капітальні інвестиції на монтаж та амортизаційні відрахування на обслуговування обладнання. Компанія зробить інвестиційний вклад у модернізацію, а в подальші роки буде заощаджувати на обслуговуванні.

3.1 Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

При визначенні величини проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об} \cdot (\sum_{i=1}^k C_i) + Z_{тзс} + Z_{м} + Z_{н} + Z_{пр}, \quad (3.1)$$

де- $K_{об} \cdot (\sum_{i=1}^k C_i)$ - вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення, зведено в таблиці 3.1;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{м}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{н}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{пр}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Таблиця 3.1 Зведення капітальних інвестицій

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Обґрунтування	Сума, грн
1	Процесорний модуль 560CMR02 R0002	1	200000	[9]	200000
2	Гальванорозв'язка TCL-024-124DC	2	3600	[10]	7200
3	Гальванорозв'язка TCL-060-124DC	1	4000	[10]	4000
4	Вимірювальний прилад ПНС-3-03-3-24	17	5600	[11]	95200
5	Роутер Teltonika RUT955	1	11700	[12]	11700

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
6	Комутатор Planet IGS-12040MT	1	20000	[13]	20000
6	Кабель КВВГЕНГ 5x1.5	315	50	[14]	15750
	Кабель КВВГЕНГ 10x1	14	92	[14]	1288
	Кабель КВВГЕНГ 4x1	510	40	[14]	20400
7	Кабель КВВГЕНГ 5x2.5	388	65	[14]	25220
9	Кабель ВВГнг 3x4	40	57	[14]	2280
	Кабель ВВГнг 4x1,5	298	45	[14]	13410
	Кабель ВВГнг 2x10	120	112	[14]	13440
	Кабель ВВГнг 4x10	120	220	[14]	26400
	Кабель ВВГнг 2x4	15	50	[14]	750
	АВ Tmax XT2 Ekip LS/I	4	23000	[15]	92000
	АВ C60N	4	300	[16]	1200
	Прилад Діамант SV01	3	50000	[17]	150000
	Шафа підлогова (2200x800x600) з цоколем (200x800x600), двостороння, двостулкові двері, з блоками живлення та АВ, і клемми	1	100000	[18]	100000
	Модуль дискретного вводу 560BIR01 R0001	8	25000	[9]	200000
	Модуль аналогового вводу 560AIR02 R0001	4	25000	[9]	100000
	Модуль дискретного виводу 560BOR01 R0002	3	25000	[9]	75000
					1 185 888

Витрати на монтажні (Z_m) та на налагоджувальні роботи (Z_n) можна визначити наступним чином:

$$Z_{m(n)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{cm} \times K_{pr}, \quad (3.2)$$

де- C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду. Визначається підрядною організацією, в цю тарифну ставку закладається витрати на проживання, доїзд і харчування, грн.

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат, складає 1,1;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок, складає 1,22;

K_{pr} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт, складає 1,1;

$$\begin{aligned} Z_{m(n)} &= ((2 \cdot 130 \cdot 1200) + (6 \cdot 100 \cdot 1200)) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,1 = \\ &= 1\,523\,438, \text{ грн} \end{aligned}$$

Визначаємо транспортно-заготівельні і складальні витрати $Z_{тзс}$, які формуються на основі чинних тарифів на доставку та розвантаження, це лягає на підрядника, який виставляє тариф 2 850 за 1100 кг вантажу.

$$Z_{тзс} = 5000 \text{ грн,}$$

Одноразові вкладення грошових коштів $Z_{\text{пр}}$, обумовленні витратами на демонтаж старого обладнання, заробітної плати 5 робітників 12 годин зміна по 100 грн година.

$$Z_{\text{пр}} = 6\,000 \text{ грн,}$$

За формулою (4.1) розраховуємо величину проектних капіталовкладень ($K_{\text{пр}}$):

$$K_{\text{пр}} = 1\,185\,888 + 1\,523\,438 + 5\,000 + 6\,000 = 2\,720\,326 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

$$C = C_a + C_z + C_c + C_{\text{пр}} + C_e + C_{\text{ін}}, \text{ грн} \quad (3.3)$$

де C_a - амортизаційні відрахування

C_z - заробітна плата обслуговуючого персоналу

C_c - єдиний соціальний внесок

$C_{\text{пр}}$ - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж

C_e - вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування або втрат електроенергії

$C_{\text{ін}}$ - інші витрати

3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Електричне обладнання відносяться до групи 4 – машини та обладнання з терміном мінімального використання 5 років, таблиця 4.2

Таблиця 3.2 Мінімумально допустимі терміни корисного використання за окремими групами основних засобів

Групи	Мінімумально допустимі терміни корисного використання, років
група 3 - будівлі;	20
- споруди;	15
- передавальні пристрої.	10
група 4 - машини і обладнання; - електронно-обчислювальні машини, інші машини для автоматичної обробки інформації, пов'язані з ними засоби з читування або друку інформації, комп'ютерні програми, інформаційні	5 / 2
група 5 - транспортні засоби.	5

Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості:

$$\Phi_a = \Phi_{\text{п}} - Л, \quad (3.4)$$

де $\Phi_{\text{п}}$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

$Л$ – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Норма амортизації:

$$N_a = \frac{\Phi_n - L}{\Phi_n \cdot T_n} \cdot 100\% , \quad (3.5)$$

$$N_a = \frac{2\,720\,326 - 272\,032}{2\,720\,326 \cdot 5} \cdot 100\% = 18\%$$

де T_n – термін корисного використання (амортизаційний період).

Річні амортизаційні відрахування:

$$AO = \frac{\Phi_n \cdot N_a}{100} \text{ або } AO = \frac{\Phi_n - \Phi_l}{T_n} , \quad (3.6)$$

$$AO = \frac{2\,720\,326 \cdot 18}{100} = 489\,658 \text{ грн}$$

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається за видами основних фондів і нематеріальних активів за розділами зведення капітальних витрат для проектного варіанту і за даними підприємства про балансову вартість замінного устаткування для базового варіанту. Прийнято, що ліквідаційна вартість основних засобів становить 10% від вартості капітальних інвестицій. Заносимо результати розрахунку до (таблиці 4.3)

Таблиця 3.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування технічних засобів (комплектуючих виробів)	Капітальні інвестиції, тис. грн.	Норма амортизації, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн
1	Обладнання РЗА та телемеханіки	2 720 326	18	489 658

3.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Необхідності в розрахунку заробітної плати немає, так як додатковий персонал не потрібний, а постійно перебуваючих на підстанції немає.

3.2.3 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електрообладнання приймаються 1% від капітальних витрат (272 032 грн).

3.2.4 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

До власних потреб підстанції відноситься:

- Освітлення: 1 кВт, при роботі в 3900 години за рік;
- Споживання шафи ТМ 0,147 кВт, при роботі 8760 годин на рік;
- Підігрів апаратури: 1 кВт, при роботі 2800 годин за рік;
- Сигналізація: 0,1 кВт, при роботі 4380 годин за рік.
- Споживання від ШОТ 0,6 кВт, при роботі 8760 годин на рік;

Кількість спожитої електроенергії за рік – 13681 кВт*год за рік.

$$C_e = W_p \cdot C_e, \text{ грн} \quad (3.11)$$

де- W_p – кількість спожитої за рік електроенергії, кВт·годин;

C_e – тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн./кВт·год.

$$C_e = 13681 \cdot 5,7 = 77\,981 \text{ грн ,}$$

Експлуатаційні витрати

$$C = 489\,658 + 272\,032 + 77\,981 = 839\,671 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.4 Порівняння базових експлуатаційних витрат і проектних

	Базова	Проектна
Амортизаційні витрати	250000	489658
Витрати на ТО	500000	272032
Витрати на ЕЕ	120000	77981
Експлуатаційні витрати	870000	839671

3.3 Розрахунок річної економії від впровадження науково-технічного рішення

Річна економія від впровадження прийнятого науково-технічного рішення ($E_{кр}$) може полягати в наступному:

- безпосередній економії ресурсів (електроенергії), зниженні собівартості і збільшенні прибутку від реалізації продукції (за інших рівних умов);
- економією платежів за спожиту електроенергію за рахунок: застосування диференційованих (багатозонних) тарифів на електроенергію та упорядкування графіка навантажень або підвищення класу точності приладів обліку;
- збільшенні випуску продукції за рахунок скорочення часу простоїв основного технологічного обладнання і поліпшення якості продукції. Це також призводить до збільшення прибутку підприємства в результаті збільшення обсягу реалізації і продажної ціни (за інших рівних умов);
- скорочення екологічних платежів, що обумовлено зменшенням шкідливих викидів підприємства у навколишнє природне середовище.

В цьому проекті економія полягає в тому, що при застосуванні сучасних мікропроцесорних терміналів і сучасних засобів автоматизації дозволяють зменшити людський ресурс і направити людей на виконання більш важливих завдань. Застосування телемеханіки допоможе зменшити кількість годин

перебування оперативного персоналу для застосування графіків відключення, тим самим зменшується кількість палива для виїзду на цю підстанцію.

Економія річних експлуатаційних витрат визначається за формулою:

$$\Delta C = C_{\text{б}} - C_{\text{пр}} = 870000 - 839671 = 30329, \text{ грн/рік} \quad (3.12)$$

де $C_{\text{б}}$ – експлуатаційні витрати за базовим варіантом;

$C_{\text{пр}}$ – те ж, за проектним варіантом.

Повна річна економія

$$E_{\text{р}}^{\text{повн}} = \Delta C * E_{\text{з}}^{\text{поп}} = 30329 + (36500 + 104000 + 350000) = 520829 \text{ грн}, \quad (3.13)$$

де $E_{\text{з}}^{\text{поп}}$ – попереджений збиток визначається сумою збитку на паливо для ОВБ та збитком за простій відключеного обладнання після ГПВ, та збитку за пошкоджене обладнання .

Економія на паливо в середньому 36500 грн за рахунок того, що диспетчера керують приєднаннями віддалено.

Економія простій обладнання 104000 грн, за рахунок вчасного вмикання споживачів. В середньому на доїзд до ПС треба одна година, середнє споживання 200кВт.

Економія за рахунок зменшення ймовірності виходу із ладу вимикачів та трансформатора (350000)

3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження прийнятого технічного рішення:

$$T_p = \frac{K_{np}}{E_p} = \frac{2\,720\,326}{520829} = 4,98 \text{ років} \quad (3.14)$$

Зводимо результати техніко-економічного обґрунтування ефективності впровадження засобів автоматизації до таблиці:

Таблиця 3.5 Економічні розрахунки проекту

№	Найменування показників	Одиниці виміру	Сума
1	Капітальні витрати	грн	2 720 326
2	Експлуатаційні витрати	грн	839 671
	у тому числі:		
3	Амортизаційні відрахування	грн	489 658
4	Витрати на ТО	грн	272 032
5	Вартість спожитої ЕЕ	грн	77 981
6	Повна річна економія	грн	820 829
7	Розрахунковий термін окупності	років	4,98

3.5 Висновок

У даному розділі кваліфікаційної роботи був проведено розрахунок обсягів капітальних та експлуатаційних витрат. Капітальні витрати на модернізацію підстанції «Комунальна» складають -2 720 326 грн, експлуатаційні витрати котрі складаються з амортизаційних відрахувань та вартості спожитої енергії - 839 671 грн. не враховувалася заробітна плата, бо на підприємстві є свої робітники котрі обслуговують обладнання. Термін окупності від впровадження засобів автоматизації складає 4,98 років.

ВИСНОВОК

В даній кваліфікаційній роботі було виконано модернізацію релейного захисту та автоматики, а також встановлено сучасну телемеханіку підстанції “Комунальна”.

В першому розділі була дана коротка відомість про проектуємий об’єкт. Що саме проектується та яке обладнання.

В другому виконано основні розрахунки по виборі автоматичних вимикачів ля захисту кіл оперструму терміналів, надано опис встановленої телемеханіки та розраховано час роботи шафи ТМ від АКБ.

В третьому розрахував техніко-економічні показники, а саме капітальні та експлуатаційні витрати і термін окупності.

ЛІТЕРАТУРА

- 1) Неклепаев В.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
- 2) Справочник по электрическим установкам высокого напряжения/ Под ред. И.А. Баумштейна, С.А. Бажанова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 768 с.
- 3) Нормы технологического проектирования понижающих подстанций с высшим напряжением 35-750 кВ. – М.: Энергия, 1979, - 40 с.
- 4) ГКД 341.004.001 – 94 Минэнерго Украины “Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 10 – 750 кВ”. – К., 1994.
- 5) Правила устройства электроустановок.–10-е изд.–М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
- 6) Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. В.И.Круповича, Ю.Г.Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 456 с.
- 7) Электрическая часть станций и подстанций. Учебник для вузов/ Под ред. А.А. Васильева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
- 8) Державні будівельні норми.
- 9) Каталог АВВ
https://library.e.abb.com/public/0a518e09d91544379e0ef206d9c1c3e5/560CMR02_DS_en.pdf;

10) Гальванорозв'язка

https://www.tme.eu/ua/details/tcl024-124dc/peretvoriuvachi-dc-dc/traco-power/tcl-024-124-dc/?brutto=0¤cy=USD&gclid=CjwKCAiA6byqBhAWEiwAnGCA4FFxpr7tMOH8AGAY3b72kFqt4sH7-buR8nchmyRWq_7ZEnTuMxU6pBoCTTcQAvD_BwE

11) Перетворювач струму

<https://standart-pribor.com.ua/product/preobrazovatel-pns-3/>

12) Модем

https://secur.ua/ru/setevoe-oborudovanie/marshrutizatory/marshrutizator-teltonika-rut955-2g-3g-4g-dual-sim?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=pmax_ukraine_rufeed&gclid=CjwKCAiA6byqBhAWEiwAnGCA4K3db0Kiyox-NzPZGb2NMBsuiNabPgaR3w6mCfkB3RwV95tKAWSahoCFZMQAvD_BwE

13) Промисловий керований комутатор

<https://www.planet.kiev.ua/product/igs-12040mt/>

14) Кабель

<https://luxelectro.com.ua/ru/kabel-odeskabel-kvvgeng-10x1-0-detail.html>

15) Автоматичний вимикач

<https://abbua.com.ua/ru/xt2n-160-ekip-lsi-in10a-3p-f-f-abb>

16) Автоматичний вимикач

<https://www.aviokon.lviv.ua/ru/product/24336-avt-vym-c60n-2p-10a-c-schneider-electric-sht/>

17) Мікропроцесорний термінал

<https://flagma.ua/pm-rza-diamant-o2125377.html>

18) Шафа телемеханіки

https://net-server.com.ua/shkaf-servernyy-napolnyy-ip-42u-600kh800-perforirovannye-dveri/?gclid=Cj0KCQIAjMKqBhCgARIsAPDgWlZR5MbP47ZT4ZY7Cpwt7Xe5mRZTfjrBg40i-pD4cqUotdaFsCuf0wgaAvBCEALw_wcB

ДОДАТОК А

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4		Пояснювальна записка	58	
5					
6			Демонстраційні матеріали		
7					
8	A4		Презентація	13	
9					
10					
11					
12					

ДОДАТОК Б

Відгук керівника