

(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

на здобуття освітнього ступеня

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Рецензент _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис) (прізвище та ініціали)

« __ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Гуменюка Андрія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення надійності трансформаторної підстанції 35/6 кВ

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 10 » жовтня 2024 року № 4/7-983

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Головна схема електричних з'єднань ПС 35/6 кВ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Розрахунково-дослідницький розділ		
4	Проектно-конструкторський розділ		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент

(підпис)

Гуменюк А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сисак І.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Гуменюк А.А. Забезпечення надійності трансформаторної підстанції 35/6 кВ. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ТНТУ імені Івана Пулюя. ФПТ. Кафедра ЕІ, група ЕТм-63. – Тернопіль.: ТНТУ, 2024.

Стор. – 66; рис. – 15; табл. – 6; креслень - ; джерел - 20; додатків - 0.

Проведено вибір трансформаторів струму для В-4. Проведено вибір вакуумних вимикачів для В-4; трансформаторів напруги; трансформаторів власних потреб; шинного роз'єднувача. Показана однолінійна схема ПС 35/6 В-4 з вказанням обладнання, яке вводиться в роботу та відповідно однолінійна схема ПС 35/6 В-4 після реконструкції. Проведено вибір трансформаторів струму для В-6 та В-26; вакуумних вимикачів; обмежувачів перенапруг; трансформаторів власних потреб; вентильних розрядників; роз'єднувачів зовнішнього встановлення. Проведено вибір апаратів, які під'єднуються до I і II секції шин. Показана однолінійна схема ПС 35/6 В-6 після реконструкції. Проведено визначення струмів трьохфазного та двохфазного КЗ. Проведено розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора, струмів диференційного захисту трансформатора. Запропонована електрична принципова схема міжлінійного вимикача 35 кВ.

Ключові слова: трансформатор струму, надійність, електричне обладнання, трансформаторна підстанція.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1 Реконструкція трансформаторних підстанцій.....	9
1.2 Заміна або модернізація обладнання.....	10
1.3 Однолінійна схема ПС 35/6 кВ до реконструкції.....	13
1.4 Постановка задач.....	16
2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1. Вибір ТС для В-4.....	17
2.2. Вибір вакуумних вимикачів для В-4.....	18
2.2.1. Загальні дані ВВ. Технічна характеристика ВВ.....	19
2.3. Вибір ТН для В-4.....	22
2.4. Вибір ТВП для В-4.....	23
2.5. Вибір шинного роз'єднувача для В-4.....	25
2.6. Однолінійна схема ПС 35/6 В-4 після реконструкції.....	26
2.7. Вибір ТС для В-6 та В-26.....	29
2.8. Вибір вакуумних вимикачів для В-6 та В-26.....	30
2.9. Вибір обмежувачів перенапруг для В-6 та В-26.....	30
2.10. Вибір ТВП для В-6 та В-26.....	31
2.11. Вибір вентильних розрядників для В-6 та В-26.....	31
2.12. Вибір роз'єднувачів зовнішнього встановлення для В-6 та В-26...	32
2.13. Вибір апаратів, які під'єднуються до І і ІІ секції шин.....	33
2.14. Однолінійна схема ПС 35/6 В-6 після реконструкції.....	37
2.15 Висновки до розділу.....	39
3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Визначення струмів 3-х і двохфазного КЗ.....	40
3.2 Розрахунок та вибір ТС.....	43
3.3 Розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора.....	46

3.4 Розрахунок струмів диференційного захисту трансформатора.....	47
3.5 Міжлінійний вимикач 35 кВ QX1H (РШ - ХВЛ). Схема електрична принципова.....	50
3.6 Висновки до розділу.....	53
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	54
4.1 Структура організації охорони праці на підприємствах електричних мереж.....	54
4.2 Протипожежні вимоги до освітлення.....	59
4.3 Оцінка стійкості об'єкту до дії ударної хвилі ядерного вибуху.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	63

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення надійності трансформаторної підстанції є ключовим аспектом для стабільної роботи електричних мереж і ефективного постачання електроенергії.

Для цього необхідно враховувати важливі фактори: проектування та вибір обладнання, системи автоматизації та моніторингу, резервування обладнання, захист від надзвичайних ситуацій, технічне обслуговування та ремонт, кваліфікацію персоналу, систему моніторингу та управління, аналіз та прогнозування.

Розглянемо детальніше декілька факторів

Проектування та вибір обладнання забезпечується правильним вибором трансформаторів, надійними компонентами. Для правильного вибору трансформаторів важливо вибирати трансформатори, які відповідають потужності і навантаженню підстанції, а також забезпечують мінімальні втрати енергії. Вибрані надійні компоненти означають, що всі елементи підстанції (відключаючі апарати, кабелі, розподільчі пристрої) повинні відповідати встановленим стандартам якості та мати високу механічну і електричну міцність.

Резервування обладнання забезпечується резервними трансформаторами та джерелами світла, модульними системами. Наявність резервних потужностей, які можуть автоматично підключатися у випадку виходу основного обладнання з ладу, забезпечує безперебійне постачання електроенергії. Модульні системи забезпечують можливість швидкої заміни або ремонту частини обладнання без впливу на всю підстанцію.

Тому, задача забезпечення надійності трансформаторної підстанції 35/6 кВ є актуальною [1].

Мета і завдання роботи Метою роботи є підвищення технічної надійності підстанції 110/10 кВ.

Завдання:

1. Провести огляд питання реконструкції трансформаторних підстанцій, заміни або модернізації обладнання;
2. Провести вибір трансформаторів струму для В-4;
3. Провести вибір вакуумних вимикачів для В-4; трансформаторів напруги; трансформаторів власних потреб; шинного роз'єднувача;
4. Показати однолінійну схему ПС 35/6 В-4 з вказанням обладнання, яке вводиться в роботу та відповідно однолінійну схему ПС 35/6 В-4 після реконструкції.
5. Провести вибір трансформаторів струму для В-6 та В-26; вакуумних вимикачів; обмежувачів перенапруг; трансформаторів власних потреб; вентильних розрядників; роз'єднувачів зовнішнього встановлення.
6. Провести вибір апаратів, які під'єднуються до I і II секції шин.
7. Показати однолінійну схему ПС 35/6 В-6 після реконструкції.
8. Провести визначення струмів трьохфазного та двохфазного КЗ.
9. Провести розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора, струмів диференційного захисту трансформатора.
10. Запропонувати електричну принципову схему міжлінійного вимикача 35 кВ.

Об'єкт дослідження – системи розподілення електричної енергії.

Предмет дослідження – засоби та заходи забезпечення надійності понижувальних підстанцій розподілення електричної енергії.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримано подальший розвиток впровадження засобів підвищення надійності понижувальних підстанцій.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані технічні рішення дозволять забезпечити необхідну надійність при змінах перетоків потужності.

Апробація результатів. Результати Гуменюка Андрія Анатолійовича за темою кваліфікаційної роботи «Забезпечення надійності трансформаторної підстанції 35/6 кВ» були представлені на XIII Міжнародній науково-технічній

конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій” (11-12 грудня 2024 року), м. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (20 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 66 сторінок, 6 таблиць, 15 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Реконструкція трансформаторних підстанцій.

Реконструкція трансформаторної підстанції — це комплекс заходів, спрямованих на оновлення, модернізацію або поліпшення технічних характеристик існуючої підстанції для підвищення її ефективності, надійності, безпеки та здатності працювати з новими типами навантажень або енергетичними вимогами [2].

Процес реконструкції може включати декілька етапів, зокрема: оцінку стану існуючої підстанції, проектування модернізації, заміну або модернізацію обладнання, покращення енергетичної ефективності, підвищення надійності та безпеки, технічне обслуговування та випробування [3].

Оцінка стану існуючої підстанції включає в себе проведення технічної діагностики для визначення рівня зношеності обладнання; аналіз існуючих систем управління, захисту та автоматизації.

Проектування модернізації включає розробку проекту, що враховує нові технології, стандарти та енергетичні вимоги; вибір оптимального обладнання, таке як трансформатори, автоматичні вимикачі, засоби захисту та контрольні системи.

Заміна або модернізація обладнання включає в себе заміну старих трансформаторів на нові з кращими технічними характеристиками; оновлення силових кабелів, комутаційної апаратури та системи автоматизації; встановлення нових систем захисту та дистанційного моніторингу [4].

Покращення енергетичної ефективності включає в себе встановлення нових пристроїв для компенсації реактивної потужності; впровадження систем для зниження втрат енергії [5].

Підвищення надійності та безпеки включає встановлення системи аварійного вимикання та захисту від коротких замикань; покращення захисту

від перенапруг та інших потенційних небезпек; встановлення протипожежної безпеки та моніторинг параметрів [6].

Технічне обслуговування та випробування означає, що після завершення реконструкції проводиться тестування всіх нових та модернізованих систем; також сюди можна віднести організацію обслуговування для підтримки високого рівня працездатності підстанції.

Реконструкція може включати також інтеграцію новітніх технологій, таких як використання відновлювальних джерел енергії, автоматизація управління або підвищення екологічних стандартів.

Ці заходи дозволяють зменшити ризики аварій, підвищити енергетичну ефективність і задовольнити зростаючі потреби в електричній енергії на певній території.

1.2 Заміна або модернізація обладнання

Заміна або модернізація обладнання на трансформаторній підстанції є важливим етапом реконструкції, спрямованим на покращення її технічних характеристик, підвищення надійності та ефективності [6]. Це включає в себе заміну старого, застарілого або пошкодженого обладнання на нове або вдосконалене, а також модернізацію існуючих систем.

Основні напрямки модернізації та заміни обладнання підстанції описані нижче.

Заміна силових трансформаторів.

Модернізація трансформаторів. Старі силові трансформатори можуть мати низький коефіцієнт ефективності або бути менш надійними в умовах зростаючого навантаження. Заміна на нові силові трансформатори з високою ефективністю дозволяє зменшити енергетичні втрати, підвищити довговічність обладнання і зменшити витрати на технічне обслуговування [7-9, 20].

Типи трансформаторів. У залежності від умов, можуть використовуватись силові трансформатори з підвищеними характеристиками, зокрема, з більшою потужністю або з можливістю роботи в складних кліматичних умовах.

Заміна комутаційного обладнання

Автоматичні вимикачі. Старі вимикачі можуть не забезпечувати потрібний рівень захисту від коротких замикань або перенапруги. Заміна їх на нові, сучасні автоматичні вимикачі дозволяє швидше реагувати на аварійні ситуації, зменшити ймовірність пошкодження обладнання [11, 13, 14].

Роз'єднувачі та перемикачі. Модернізація або заміна роз'єднувачів і перемикачів підвищує надійність комутації та забезпечує стабільну роботу підстанції [12, 13].

Модернізація системи захисту

Релейний захист. Оновлення релейного захисту для швидшого виявлення та усунення аварійних ситуацій. Використання новітніх технологій у системах захисту дозволяє здійснювати більш точну і швидку діагностику порушень .

Аварійний захист і автоматичне відключення. Встановлення нових автоматичних систем для швидкого відключення аварійних ліній, щоб уникнути пошкодження в разі короткого замикання або інших неполадок.

Модернізація системи автоматизації та управління

Системи SCADA. Впровадження нових, більш потужних та ефективних систем автоматизованого управління та моніторингу (SCADA) для збору та аналізу даних про стан підстанції в реальному часі.

Дистанційне керування. Встановлення сучасних засобів для дистанційного керування і контролю параметрів підстанції, що дає можливість своєчасно реагувати на зміни умов роботи або технічні неполадки.

Заміна силових кабелів

Прокладання нових кабелів. Оскільки старі кабелі можуть мати підвищені втрати енергії або страждати від фізичного зносу, їх заміна на нові, більш ефективні і надійні кабелі покращує стабільність роботи підстанції [15, 16].

Оптичні волоконні кабелі. Встановлення волоконно-оптичних ліній зв'язку для швидкої передачі даних і моніторингу.

Удосконалення системи охолодження

Охолоджувальні системи для трансформаторів. Модернізація або заміна охолоджувальних систем трансформаторів для зниження температури та запобігання перегріву. Це дозволяє підвищити ефективність роботи та продовжити термін служби трансформаторів.

Вентиляція і кондиціонування. Встановлення нових систем вентиляції та кондиціонування для забезпечення оптимальних умов для роботи електричного обладнання.

Модернізація засобів моніторингу та діагностики

Системи діагностики. Встановлення нових систем діагностики для моніторингу стану обладнання в реальному часі, що дозволяє своєчасно виявляти потенційні проблеми і виконувати профілактичне обслуговування.

Моніторинг викидів та екологічні стандарти. Встановлення обладнання для контролю викидів і моніторингу екологічних параметрів підстанції для забезпечення відповідності сучасним стандартам охорони навколишнього середовища.

Інтеграція відновлювальних джерел енергії (за потребою)

Якщо підстанція обслуговує зону, де активно використовуються відновлювальні джерела енергії (сонячні панелі, вітрові турбіни), то модернізація може включати інтеграцію систем для управління і стабільного підключення таких джерел.

Покращення енергетичної ефективності

Встановлення систем компенсації реактивної потужності, що дозволяє зменшити втрати енергії і підвищити ефективність роботи підстанції.

Отже, модернізація та заміна обладнання забезпечує покращення всіх технічних характеристик підстанції: підвищення надійності, зниження ризиків аварій, поліпшення енергетичної ефективності та зменшення витрат на

обслуговування. Це також дозволяє підвищити якість електропостачання для споживачів.

1.3 Однолінійна схема ПС 35/6 кВ до реконструкції

Задані однолінійні схема ПС 35/6 кВ В-4 (рисунок 1.1) і В-6 (рисунок 1.2). Живлення здійснюється повітряною лінією ПЛ-35 кВ від двох введів В-4 А та В-4 Б для першого варіанту та В-6 і В-26 - для другого.

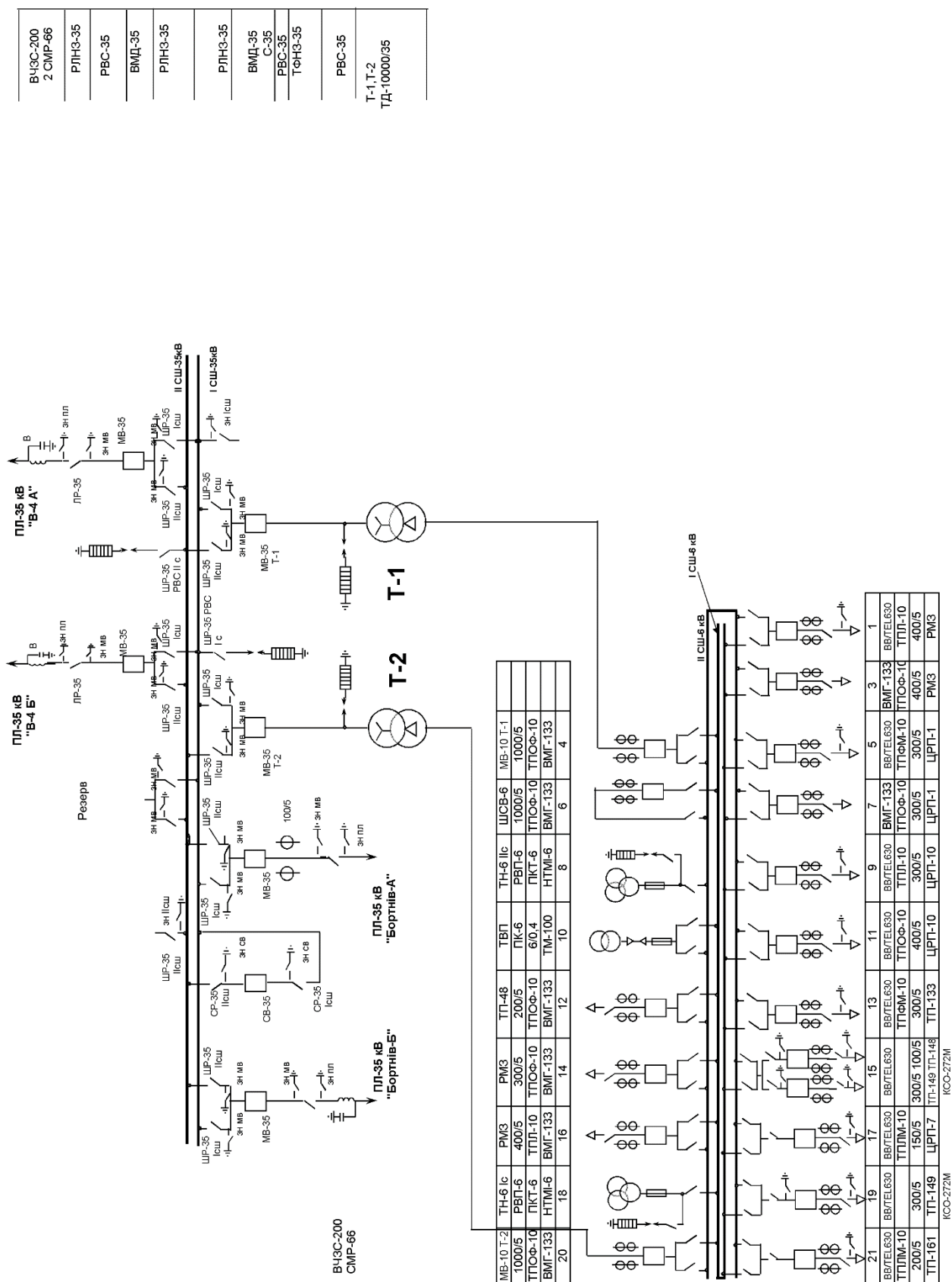


Рисунок 1.1 - Однолінійна схема ПС 35/6 кВ В-4 до реконструкції

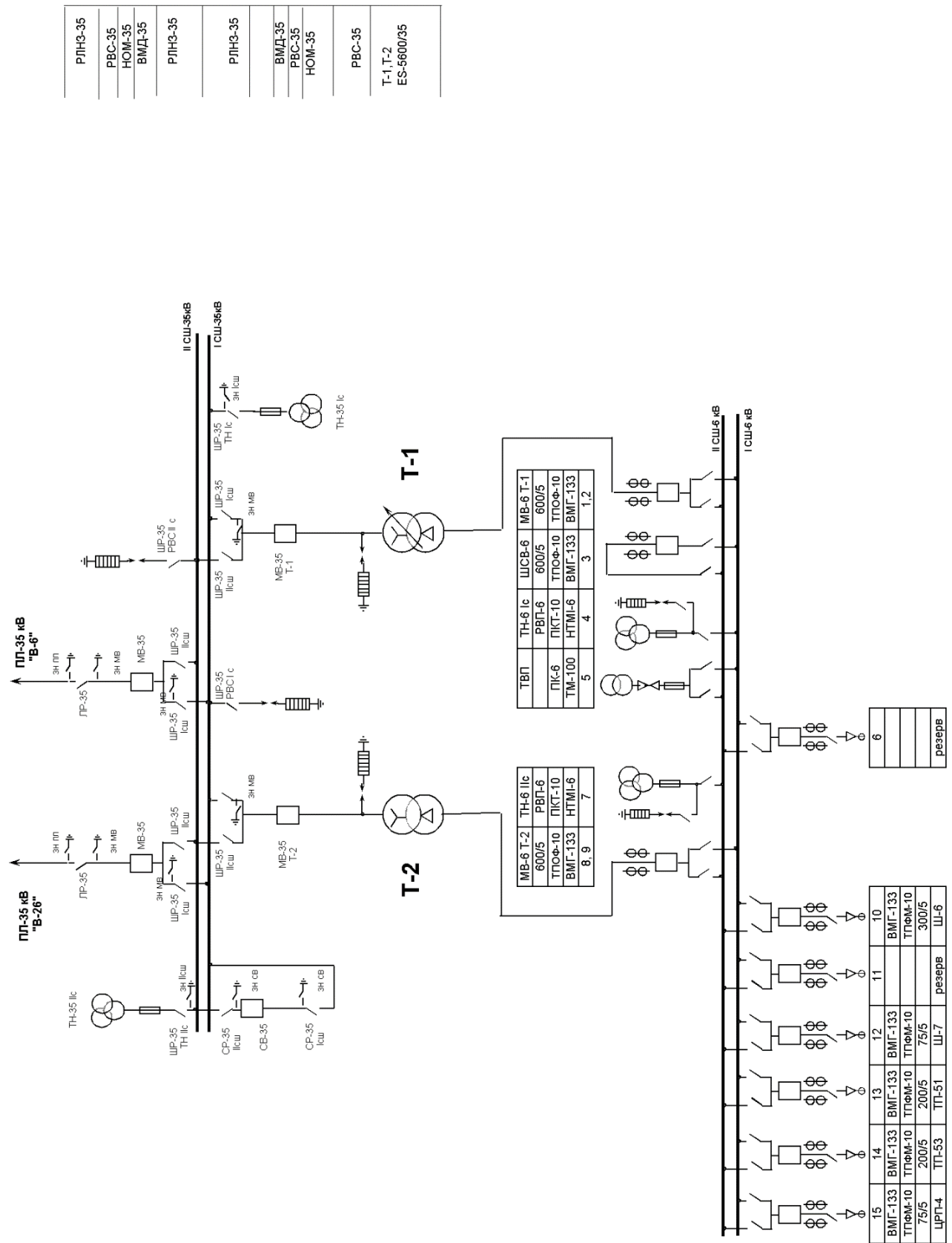


Рисунок 1.2 - Однолінійна схема ПС 35/6 кВ В-6 до реконструкції

1.4 Постановка задач

1. Провести огляд питання реконструкції трансформаторних підстанцій, заміни або модернізації обладнання;
2. Провести вибір трансформаторів струму для В-4;
3. Провести вибір вакуумних вимикачів для В-4; трансформаторів напруги; трансформаторів власних потреб; шинного роз'єднувача;
4. Показати однолінійну схему ПС 35/6 В-4 з вказанням обладнання, яке вводиться в роботу та відповідно однолінійну схему ПС 35/6 В-4 після реконструкції.
5. Провести вибір трансформаторів струму для В-6 та В-26; вакуумних вимикачів; обмежувачів перенапруг; трансформаторів власних потреб; вентильних розрядників; роз'єднувачів зовнішнього встановлення.
6. Провести вибір апаратів, які під'єднуються до І і ІІ секції шин.
7. Показати однолінійну схему ПС 35/6 В-6 після реконструкції.
8. Провести визначення струмів трьохфазного та двохфазного КЗ.
9. Провести розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора, струмів диференційного захисту трансформатора.
10. Запропонувати електричну принципову схему міжлінійного вимикача 35 кВ.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір ТС для В-4

Таблиця 2.1. Вибір ТС для В-4

Параметри ТС	Умови вибору
$U_n, \text{кВ}$	$U_{HT} > U_H$
$I_{нВН}, \text{А}$	$I_{HI} > I_{P.MAX}$
$I_{нНН}, \text{кА}$	$I_{H2} = 5\text{А}$
Клас точності	(*)
$P_{нНН}$	$S_{H2} > S_2$
Кратність струму: термічної стійкості $K_T = \frac{I_t}{I_{H1}}$ динамічної стійкості $K_D = \frac{I_{MAX}}{(\sqrt{2}) \cdot I_{H1}}$	$(K_T \cdot I_{H1})^2 > (I_{K3}^{(3)})^2 \cdot t_k$ $\sqrt{2} \cdot I_{H1} \cdot K_D > i_{уд}$

Для вибору ТС знаходять $I_{p.макс}$ для вводу та кожної лінії 35кВ:

$$I_{P.MAKC} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H},$$

$$S_p = \frac{P_{MAX}}{\cos \varphi}$$

Вибрано трансформатор струму ТС – 35 для “В – 4 А” типу ТФЗМ – 35А – ХЛ – 1400 / 5 (фаза А №74003, фаза С №74002).

Паспортні дані вибраного ТС зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Паспортні дані вибраного ТС

Тип пристрою	I_{HH}, A	I_{HH}, A	К-сть вторинних обмоток	$I_{m.c.}, kA$
Для захисту			Для вимірювання	
<i>ТФЗМ 35А – ХЛ</i>	1200; 300; 400; 600; 800; 1000	5,0	1,0	1,0
				0,6 – 37

Перевірку ТС виконують для найбільш навантаженої фази в вторинній обмотці. Фазу “А” приймають за розрахункову.

Опір з’єднувальних проводів у фазі:

$$R_{\text{ПРОВ}} = \frac{S_{H2} - (\sum S_H + I_{H2} \cdot R_K)}{I_{H2}^2}$$

Потрібний переріз (mm^2) приєднувальних проводів:

$$F_{\text{ПРОВ}} = \frac{\rho \cdot L}{R_{\text{ПРОВ}}}$$

Довжина приєднувальних проводів приймається – $L = 3m$.

Аналогічно, вибираємо трансформатор струму $ТС - 35$ для “ $B - 4 B$ ” типу $ТФЗМ - 35А - ХЛ - 1400 / 5$ (фаза А №74001, фаза С №74005).

Вибираємо трансформатор струму $ТС - 35 T - 1$ типу $ТФЗМ - 35А - ХЛ - 1300 / 5$ (фаза А №74009, фаза В № 74010, фаза С №74015).

2.2. Вибір вакуумних вимикачів для В-4

Рекомендується використовувати ВВ виробництва компаній: РЗВА, Siemens, АВВ, Таврида Електрик.

У таблиці 2.3 наведені умови вибору вимикачів.

Таблиця 2.3. Умови вибору ВВ

Параметри	Умови вибору	Розрахункові формули
U_n	$U_{н.в.} > U_n$	$U_{н.в.} > U_n$
I_n	$I_{н.в.} > I_{p.max}$	$I_{p.max.} = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n}$
$I_{доп.вимк}$	$I_{д.вим} > I_{p.вим}$	$I_{p.вим} = \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}^3$
$I_{дин.стійк.}$	$i_{max} > i_y$	$i_y = \kappa_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}^3$
$I_{терм.стійк.}$	$I_{TH}^2 t_k > (I_{кз}^{(3)})^2 t_{np}$	-

Вибираємо вакуумний вимикач $B-35$ для “ $B-4 A$ ” типу $BP-35 HC-35-20/1600$ №737.

Вибираємо вакуумний вимикач $B-35$ для “ $B-4 B$ ” типу $BP-35 HC-35-20/1600$ №736.

Вибираємо вакуумний вимикач $B-35 T-1$ типу $BP-35 HC-35-20/1600$ №735.

2.2.1. Загальні дані ВВ. Технічна характеристика ВВ.

Структура умовного позначення ВВ:

$$BP-35HC-35-20/1600-X$$

$BP-35HC$ - ВВ зовнішньої установки із електромагнітним приводом;

35 - U_n , кВ;

20 - $I_{н.вимкн.}$, кА;

1600 - I_n , А;

X - кліматичне виконання і категорія розміщення.

Технічні параметри ВВ серії BP показані у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4. Технічні параметри ВВ серії ВР.

Назва параметра	Норма		
	ВР35НС-35-20/1600 У1	ВР35НС-35-20/1600 УХЛ1	ВР35НС-35-20/1600 Т1
Номинальна напруга, кВ	35		33
Найбільша робоча напруга, кВ	40,5		36
Номинальний струм, А	1600		
Номинальний струм вимкнення, кА	20		
Нормовані параметри струму ввімкнення, кА:			
- початкове діюче значення періодичної складової	20		
- найбільший пік	52		
Нормовані параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:			
- найбільший пік (струм електродинамічної стійкості)	52		
- середньоквадратичне значення струму за час його протікання (струм термічної стійкості для проміжку часу 3с.)	20		
- початкове діюче значення періодичної складової	20		
Нормоване значення аперіодичної складової, %, не більше	40		
Власний час ввімкнення, мс., не більше	100		
Власний час вимкнення, мс.	35...50		
Повний час вимкнення, мс., не більше	65		
Безструмова пауза при АПВ, с., не менше	0,3		
Механічний ресурс, циклів "Ввімк-Вимк"	30000		
Комутаційний ресурс, циклів "Ввімк-Вимк":			
- при номінальному струмі	30000		
- при номінальному струмі вимкнення	55		
Маса вимикача, кг, не більше	525		

Параметри вторинних кіл ВВ серії *BP35HC* представлені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Параметри вторинних кіл ВВ серії *BP35HC*.

Назва параметра	Норма
Номінальна напруга кола електромагніту при змінному і постійному струмі, В	220
Номінальна напруга кіл управління і кола вимкнення від незалежного джерела живлення при змінному і постійному струмі, В	220
Максимальний струм споживання кола електромагніту, А, не більше	
- при ввімкненні:	
змінного і постійного струму для схем варіантів 1,2;	10
постійного струму для схеми варіанту 3;	42
- при вимкненні:	
змінного і постійного струму для схем варіантів 1,2;	10
постійного струму для схеми варіанту 3	20
Струм споживання кіл ввімкнення, вимкнення, вимкнення від незалежного джерела живлення, при постійній і змінній напрузі 220 В, А, не більше	1,5
Діапазон робочих напруг кола електромагніту, в % від номінальної напруги:	
- при ввімкненні	85-110
- при вимкненні:	
змінного струму	65-120
постійного струму	70-110
Діапазон робочих напруг, в % від номінальної напруги:	
- кола ввімкнення	85-110
- кола вимкнення і кола вимкнення від незалежного джерела живлення:	
змінного струму	65-120
постійного струму	70-110
Потужність підігріву приводів і полюсів, кВт	0,5

2.3. Вибір ТН для В-4.

ТН вибирають за наступними умовами:

- номінальною напругою $U_{н.т} \geq U_{н}$;
- $S_{н2} > S_2$
- класом точності.

Вторинне навантаження $S_{2н}(ВА)$:

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Вибрано для встановлення на ПС трансформатор напруги *ТН – 35 I СШ* типу *ЗНОМ – 35 – 65У1* (фаза А № 1489006, фаза В № 1377193, фаза С № 1471339).

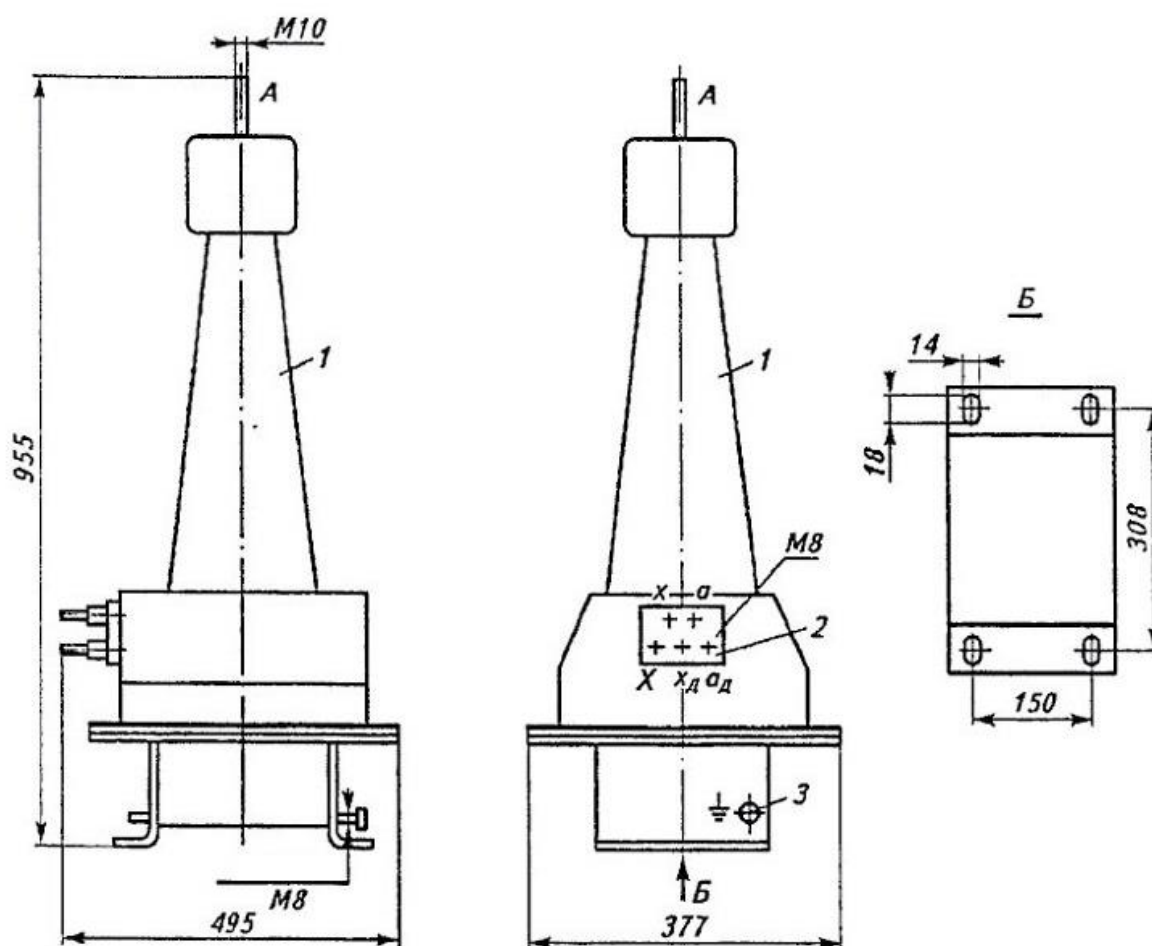


Рисунок 2.1 - Габаритні розміри, загальний вигляд, установочні та приєднувальні розміри трансформатора напруги типу ЗНОМ-35-65 У1: 1 – ввід ВН; 2 – коробка затискачів низької напруги; 3 – болт заземлення М8.

2.4. Вибір ТВП для В-4.

Розрахункове навантаження:

$$S_{ТВП} = 0,01 \cdot S_{\Sigma H}, \text{кВА}$$

Загальна потужність споживачів ВП першої черги забезпечення електроживленням:

$$S_{ТВП1} = 0,6 \cdot S_{ТВП}$$

По значенню $S_{ТВП1}$ здійснюють вибір потужності кожного з силових ТВП.

Умова:

$$S_{ТВП1} \leq S_{\text{НОМ.ТВП}}$$

Вибрано силовий трансформатор *ТВП–1 ТМ – 100 / 6 / 0,4 кВ*.

ТМ 100 / 6 – 04 (МЕК - 76, ДСТУ 11677) є двохобмотковим трьохфазним понижаючим силовим масляним трансформатором промислового призначення. ТВП розрахований для експлуатації в зовнішніх чи внутрішніх умовах в районах помірного і холодного клімату.

ТМ 100 / 6 – 04 не підлягає експлуатації в умовах підвищених вібрацій, поштовхів, ударів, а також хімічно активного і вибухонебезпечного середовища. Допустима частота відхилення зі сторони живлення - до 10 раз в добу.

ТМ 100 / 6 – 04 оснащений оливорозширювачем, який компенсує зміни об'єму оливи в результаті нагрівання і охолодження у процесі роботи силового трансформатора.

Напругу *ТМ100 / 6 – 04* регулюють без збудження. *ТМ100 / 6 – 04* оснащений високовольтними перемикачами, що приєднуються до обмотки ВН та дозволяють регулювати напругу ступенями при відключеному від електричної мережі трансформаторі зі сторони низької напруги та високої напруги із діапазоном $\pm 2 \times 2,5 \%$.

Технічні характеристики ТВП представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.4. Технічні характеристики ТВП

$U_{нВН}, кВ$	6,0
$U_{нНН}, кВ$	0,40
$\Delta P_{xx}, кВт$	0,3050
$\Delta P_{кз}, кВт$	2,00
$I_{xx}, \%$	2,20
$u_{кз}, \%$	4,50
Схема та група з'єднань обмоток	У/У _Н -0 У/З _Н -11
Повна маса, кг	750,0
Довжина, мм	1110,0
Ширина, мм	540,0
Повна висота, мм	1430,0

На рисунку 2.2 представлено креслення ТМ 100 / 6 – 04.

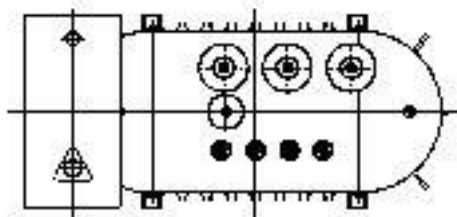
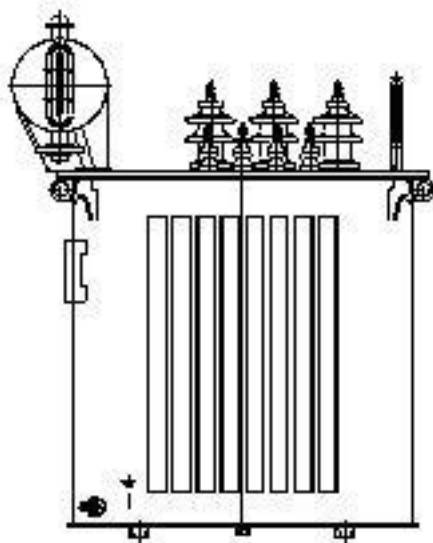


Рисунок 2.2 - Креслення ТМ 100/6-04.

Загальні позначення і використовуване маркування:

$$TM - X / 10 U(XL)1$$

1. T - трансформатор трьохфазний;
2. M - масляне охолодження із природною циркуляцією масла та повітря;
3. X - номінальна потужність, kVA ;
4. 10 - клас напруги обмотки високої напруги, kV ;
5. $U(XL)1$ - категорія розміщення.

2.5. Вибір шинного роз'єднувача для В-4

Шинний роз'єднувач – це роз'єднувач, призначений для відімкнення приєднань (лінії, трансформатора тощо) до однієї з систем збірних шин розподільчої установки.

Вибираємо *ШРТН – 35 I СШ* типу *РДЗ.2 – 35 / 1000 УХЛ – 1*.

Загальний вигляд шинного роз'єднувача представлено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 - Загальний вигляд шинного роз'єднувача
РДЗ.2 – 35 / 1000 УХЛ – 1.

Умови експлуатації:

- 1) Температура оточуючого середовища:

- від + 40 С до – 60 С - для виконання УХЛ1;
 - від – 10 С до + 45 С - для виконання Т1;
- 2) Відносна вологість повітря:
до 100% при температурі +25С;
- 3) Товщина корки льоду:
до 10 мм - для роз'єднувачів 35 кВ та 110 кВ;
до 20 мм - для роз'єднувачів 150 кВ та 220 кВ;
- 4) Швидкість вітру:
без голольоду: 40 м/с;
з голольодом: не більше 15 м/с;
- 5) Категорія ізоляції - "А" чи "Б";
- 6) Кліматичне виконання - УХЛ1 і Т1.
- Привод: роз'єднувачі серії РДЗ приводяться в дію ПРГ-2Б УХЛ1.

2.6. Однолінійна схема ПС 35/6 В-4 після реконструкції.

На рисунку 2.4 представлено однолінійну схему ПС 35/6 В-4 з вказанням обладнання, яке вводиться в роботу.

На рисунку 2.5 представлено однолінійну схему ПС 35/6 В-4 після реконструкції.

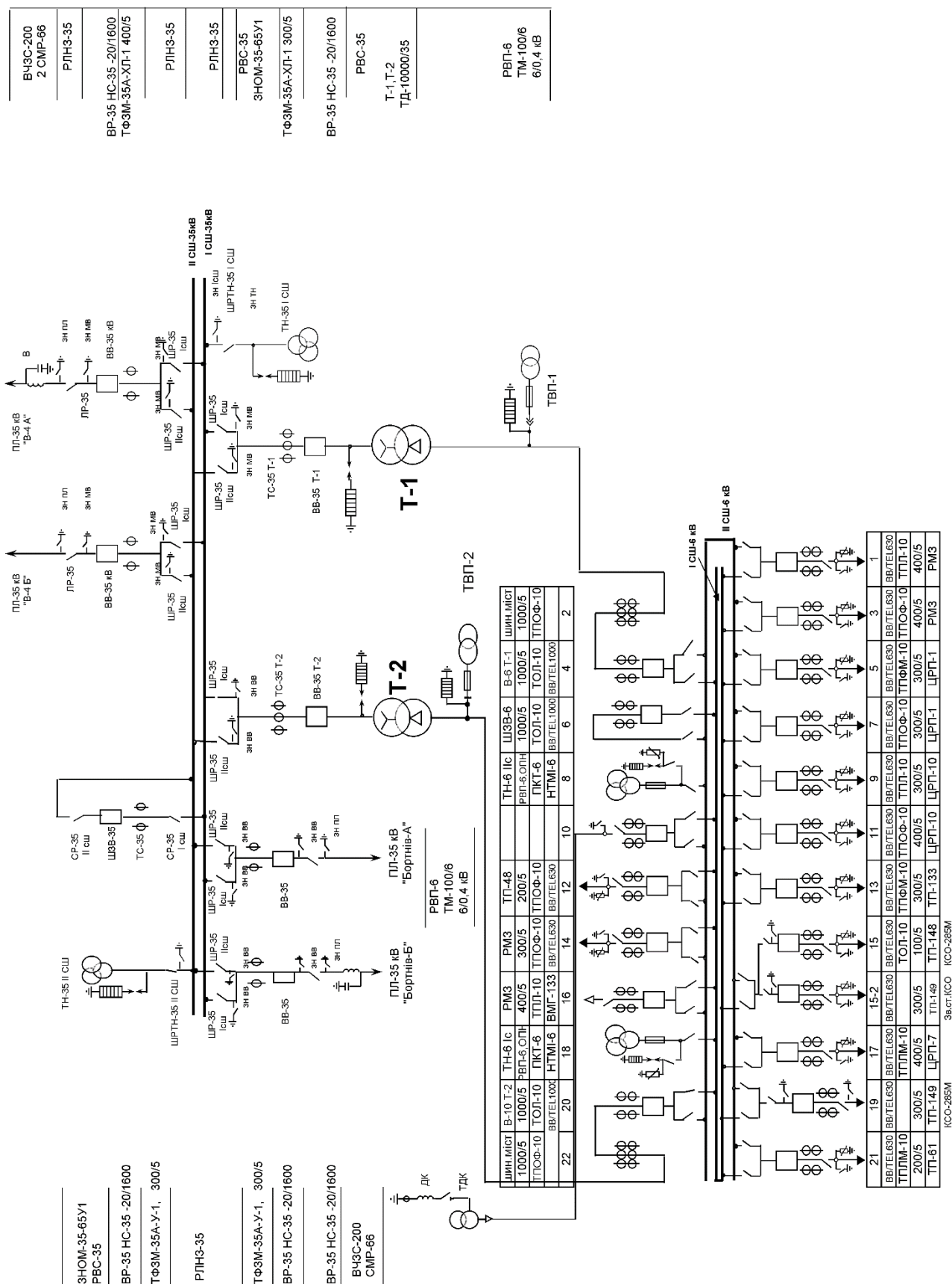


Рисунок 2.5 - Однолінійна схема ПС 35/6 В-4 після реконструкції.

2.7. Вибір ТС для В-6 та В-26

Вибираємо трансформатор струму $ТС - 35 T - 1$ для “В-6” і $ТС - 35 T - 2$ для “В-26” типу $T\Phi 3M - 35A / U1$.

На рисунку 2.6 показано габаритні, установочні, приєднувальні розміри трансформаторів струму $T\Phi 3M - 35A / U1$.

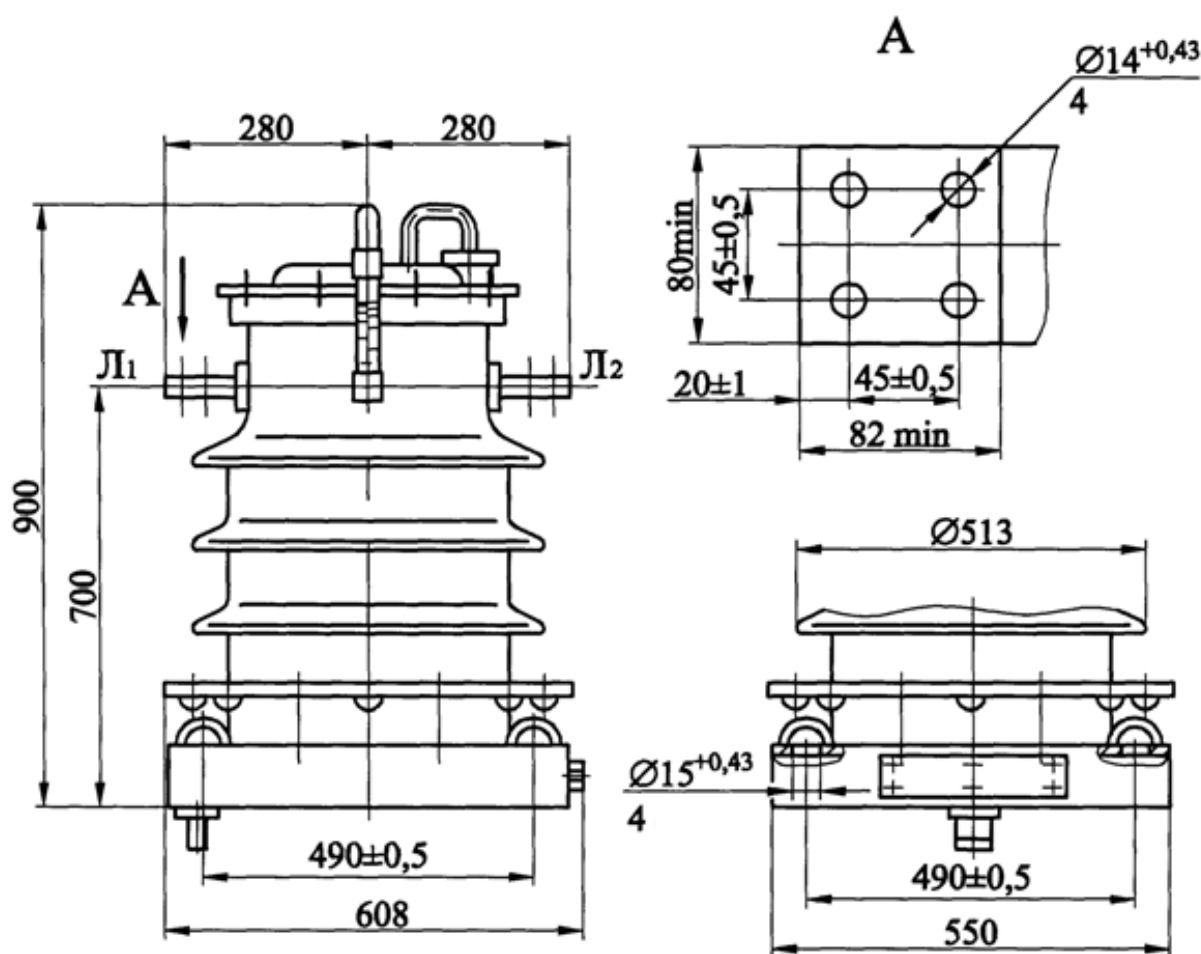


Рисунок 2.6 - Габаритні, установочні, приєднувальні розміри трансформаторів струму $T\Phi 3M - 35A / U1$

Загальний вигляд трансформатора струму $T\Phi 3M - 35A / U1$ показано на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 - Загальний вигляд трансформатора струму *ТФЗМ – 35А / У1*.

2.8. Вибір вакуумних вимикачів для В-6 та В-26.

Вибираємо вакуумний вимикач *В – 35 Т – 1* для “В-6” і *В – 35 Т – 2* для “В-26” типу *ВР – 35 НС – 35 – 20 / 1600 У1*.

2.9. Вибір обмежувачів перенапруг для В-6 та В-26

Вибираємо обмежувач перенапруг *ОПН – 35 Т – 1* для “В-6” і *ОПН – 35 Т – 2* для “В-26” типу *ОПН – 35*.

Робоче положення обмежувачів на 35 кВ – вертикальне. Допускається відхилення від вертикалі обмежувачів опорного виконання не більше 5 градусів.

На рисунку 2.8 представлено загальний вигляд обмежувача перенапруг *ОПН – 35*.



Рисунок 2.8 - Загальний вигляд обмежувача перенапруг *ОПН – 35*

2.10. Вибір ТВП для В-6 та В-26

Вибираємо силовий трансформатор *ТВП – 1* для В-6 та *ТВП – 2* для В-26 типу *ТМ – 40 / 6 / 0,4 кВ*.

2.11. Вибір вентильних розрядників для В-6 та В-26

Вибираємо вентильний розрядник для В-6 та В-26 типу *РВО – 6*.

Умови роботи вентильного розрядника:

- висота - не більше 1000 м;
- температура навколишнього повітря від -45 до + 40 С;
- відносна вологість повітря до 100% при температурі +28С.

На рисунку 2. 9 представлено загальний вигляд вентильного розрядника *РВО – 6*.



Рисунок 2.9 - Загальний вигляд вентильного розрядника *PBO – 6*.

2.12. Вибір роз'єднувачів зовнішнього встановлення для В-6 та В-26

Роз'єднувачі призначені для включення і відключення обезструмлених ділянок електричної мережі високої напруги.

Вибираємо роз'єднувачі зовнішнього встановлення *TP – 35 T – 1* для В-6 та *TP – 35 T – 2* для В-26 типу *РЛНЗ – 35*.

Роз'єднувач РЛНЗ виконаний в вигляді окремих полюсів, з'єднаних між собою трубчатими тягами в один трьохполюсний апарат. Всі три полюси приводяться в рух одним ручним ричажним приводом.

Загальний вигляд роз'єднувача зовнішнього встановлення *РЛНЗ – 35* представлено на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 - Загальний вигляд роз'єднувача зовнішнього встановлення
РЛНЗ – 35

2.13. Вибір апаратів, які під'єднуються до I і II секції шин

Для 15:

- Вибираємо вакуумний вимикач *ВВ/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ – 133*.

Вакуумний вимикач застосовується в комірках КРП зовнішнього і внутрішнього встановлення, а також в камерах КЗО (камера збірна одностороннього обслуговування), як при новому будівництві, так і при заміні вимикачів попередніх років випуску.

- Прохідний ТС типу *ТПФМ – 10* для напруги 10 кВ з номінальним значенням струму від 5 А до 400 А залишаємо незмінним.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 75 А , а на виході 5 А .
- До 15 підключено *ЦРП – 4* без змін.

Для 14:

- Вибираємо вакуумний вимикач *BB/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ* –133.
- Прохідний ТС типу *ТПФМ* –10 замінимо на *ТПЛ* –10.

Частота 50 або 60 Гц.

Клас точності: 0,2s; 0,5s; 0,5; 10Р.

Величина первинного струму, А: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 800, 1000.

Величина вторинного струму, А:5.

- На вході трансформатора струму значення струму змінено з 200 на 150 А, а на виході 5 А.
- До 14 підключено *ТП* –53 без змін.

Для 13:

- Вибираємо вакуумний вимикач *BB/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ* –133.
- Прохідний ТС типу *ТПФМ* –10 залишимо незмінним.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 200 А, а на виході 5 А без змін.
- До 13 підключено *ТП* –51 без змін.

Для 12:

- Вибираємо вакуумний вимикач *BB/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ* –133.
- Прохідний ТС типу *ТПФМ* –10 замінимо на *ТПЛ* –10.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 75 А, а на виході 5 А без змін.
- До 12 підключено *ТП* –136, а не *Ш* –7.

Для 11:

- Вибираємо вакуумний вимикач *BB/TEL* на заміну резерву.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 100 А, а на виході 5 А.

- До 11 підключено *ТП* –152 – *КСО* 285.

Для 10:

- Вибираємо вакуумний вимикач *ВВ/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ* –133.
- Прохідний трансформатор струму типу *ТПФМ* –10 замінюємо на *ТПЛ* –10.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 75 А на заміну 300 А, а на виході 5 А.
- До 10 підключено *ТП* –135, а не *Ш* –6.

Для 9:

- Забрано масляний вимикач *ВМГ* –133.
- Трансформатор струму типу *ТПОФ* –10 залишено без змін.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 600 А, а на виході 5 А без змін.
- До 9 підключено *ШМ* –6 *Т*2, а не *МВ* –6 *Т* –2.

Для 8:

- Вибираємо вакуумний вимикач *ВВ/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ* –133.
- Трансформатор струму типу *ТПОФ* –10 замінено на *ТЛК* –10.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 600 А, а на виході 5 А без змін.
- До 8 підключено *В*-6 *Т*2, а не *МВ* –6 *Т* –2.

Для 7:

- Вибираємо обмежувач перенапруг *ОПН* –6,6 на заміну вентильного розрядника *РВП* –6.
- Запобіжник типу *ПКТ* –10 замінено на *ПKN* –10.

Для надійної роботи високовольтичних трансформаторів в умовах коливань струму встановлюються запобіжники *ПКТ*, які повинні обмежити струм до максимального значення; при тривалому навантаженні кола піщинки

кварцового піску (з високою теплопровідністю) нагріваються і плавкий елемент запобіжника *ПКТ* згорає, розриваючи коло.

Запобіжник *ПKN* – 10 являє собою запобіжник (П) з кварцевим наповненням (К) для захисту силових трансформаторів, повітряних і кабельних ліній (Н).

- Трансформатор напруги *НТМІ* – 6 залишаємо без змін.
- До 7 підключено *ТН* – 6 II с без змін.

Для 6:

- Підключено вакуумний вимикач *ВВ / TEL* на заміну резерву.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 100 А, а на виході 5 А.
- До 6 підключено *ТП* – 151 – *КСО* 285.

Для 5:

- Трансформатор власних потреб *ТМ* – 100 замінено на резерв
- Забрано запобіжник *ПК* – 6
- Відключено *ТВП* від 5.

Для 4:

- Вибираємо обмежувач перенапруг *ОПН* – 6,6 на заміну вентильного розрядника *РВП* – 6.
- Запобіжник типу *ПКТ* – 10 замінено на *ПKN* – 10.
- Трансформатор напруги *НТМІ* – 6 залишаємо без змін.
- До 4 підключено *ТН* – 6 I с без змін.

Для 3:

- Вибираємо вакуумний вимикач *ВВ / TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ* – 133.
- Трансформатор струму типу *ТПОФ* – 10 залишаємо без змін.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 600 А, а на виході 5 А без змін.
- До 3 підключено *ШСВ* – 6 без змін.

Для 2:

- Вибираємо вакуумний вимикач *ВВ/TEL* на заміну масляного вимикача *ВМГ-133*.
- Трансформатор струму типу *ТПОФ-10* замінюємо на *ТЛК-10*.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 600 А, а на виході 5 А без змін.
- До 2 підключено *В-6 Т-1*, а не *МВ-6 Т-1*.

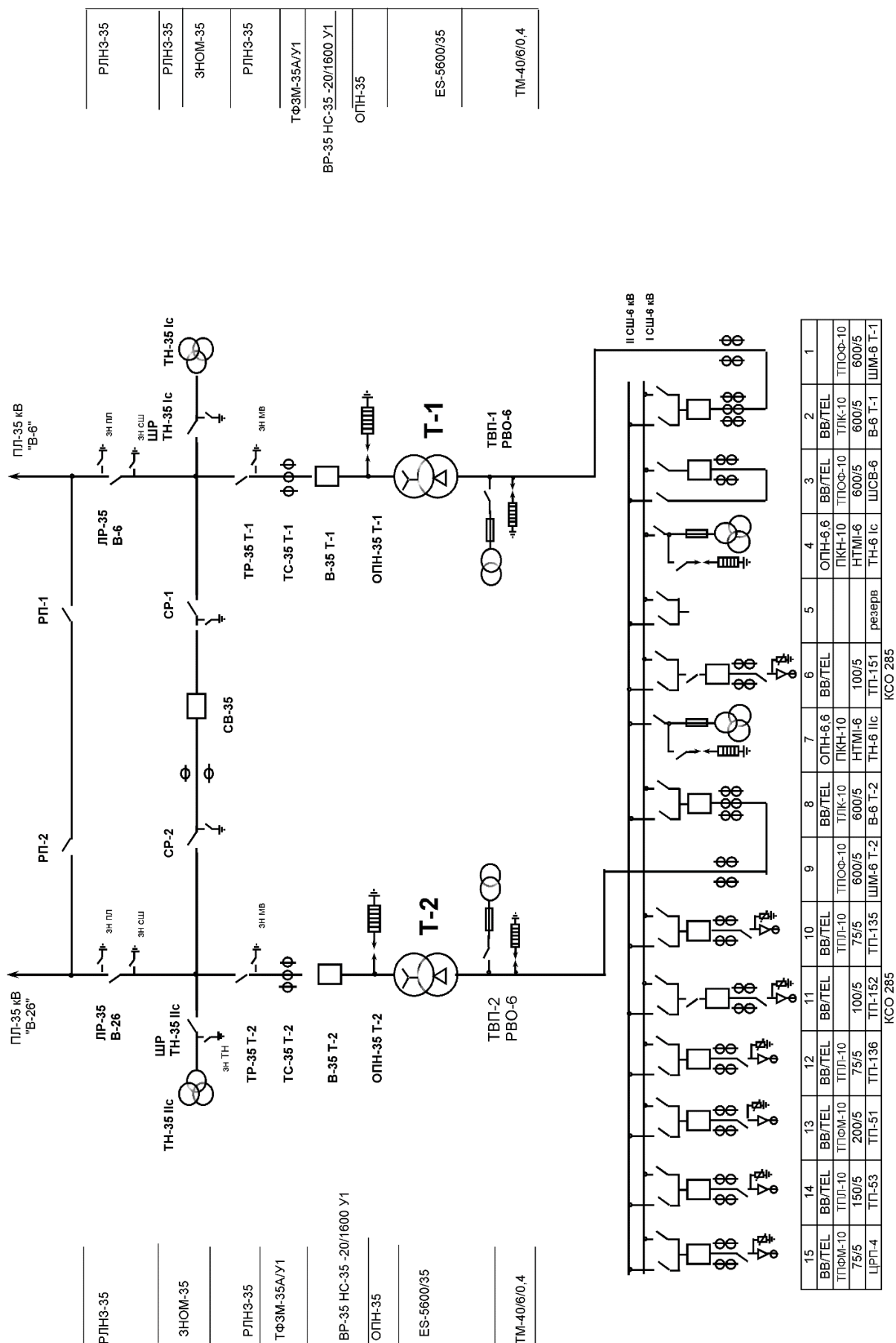
Для 1:

- Забрано масляний вимикач *ВМГ-133*.
- Трансформатор струму типу *ТПОФ-10* залишено без змін.
- На вході трансформатора струму значення струму становить 600 А, а на виході 5 А без змін.
- До 1 підключено *ШМ-6 Т-1*, а не *МВ-6 Т-1*.

2.14. Однолінійна схема ПС 35/6 В-6 після реконструкції

На рисунку 2.11 представлено однолінійну схему ПС 35/6 В-6 після реконструкції.

На даному рисунку показано усі заміни, які були внесені в початкову схему, тобто схему до реконструкції.



2.15 Висновки до розділу

1. Проведено вибір трансформаторів струму для В-4: типу $T\Phi 3M-35A-XЛ-1400/5$ для «В-4 А» та «В-4 Б», а також $T\Phi 3M-35A-XЛ-1300/5$ для Т-1.

2. Проведено вибір вакуумних вимикачів для В-4 типу $BP-35 HC-35-20/1600$; трансформаторів напруги для В-4 типу $ЗНОМ-35-65У1$; трансформаторів власних потреб для В-4 типу $ТМ-100/6/0,4 кВ$; шинного роз'єднувача для В-4 типу $РДЗ.2-35/1000 УХЛ-1$

3. Показана однолінійна схема ПС 35/6 В-4 з вказанням обладнання, яке вводиться в роботу та відповідно однолінійна схема ПС 35/6 В-4 після реконструкції.

4. Проведено вибір трансформаторів струму для В-6 та В-26 типу $T\Phi 3M-35A/У1$; вакуумних вимикачів для В-6 та В-26 типу $BP-35 HC-35-20/1600 У1$; обмежувачів перенапруг для В-6 та В-26 типу $ОПН-35$; трансформаторів власних потреб для В-6 та В-26 типу $ТМ-40/6/0,4 кВ$; вентильних розрядників для В-6 та В-26 типу $РВО-6$; роз'єднувачів зовнішнього встановлення для В-6 та В-26 типу $РЛНЗ-35$.

5. Проведено вибір апаратів, які під'єднуються до I і II секції шин.

6. Показана однолінійна схема ПС 35/6 В-6 після реконструкції.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення струмів 3-х і двохфазного КЗ

Для розрахунку КЗ схема електричної мережі набуде наступного вигляду, зображеного на рисунку 3.1.

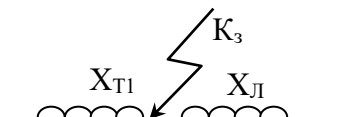


Рисунок 3.1 - Схема електричної мережі

Спочатку проведемо розрахунок струму КЗ. Для цього складемо схему заміщення, де в чисельнику вказуємо номер елемента схеми, а в знаменнику – величину знайденого опору.

За базову потужність приймемо потужність трансформатора Т, а за базову напругу – напругу в точці короткого замикання (тобто 10 кВ). Опір системи приймаємо приблизно рівним нулю 0.

Отже,

$$S_{\bar{o}} = S_T = 250 \text{ кВА};$$

$$U_{\bar{o}} = 10 \text{ кВ}.$$

Для початку знайдемо базовий струм:

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14.43 \text{ А}.$$

де $U_{\bar{o}}$ – базова напруга у точці КЗ.

Приведемо всі опори схеми від точки K_z до енергосистеми до базових величин:

а) для трансформаторів формула переходу наступна:

$$X_{\bar{m}} = \frac{U_{\kappa \%} \cdot S_{\bar{o}}}{S_{nm} \cdot 100},$$

де $S_{\bar{o}}$ – базова потужність, κBA ;

$U_{\kappa \%}$ – відносний опір трансформатора, %;

S_{nm} – номінальна потужність трансформатора, κBA ;

б) для ліній формула переходу наступна:

$$X_{\bar{m}} = \frac{X_l \cdot L_l \cdot S_{\bar{o}}}{U_l^2},$$

де X_l – опір прямої та зворотної послідовності лінії, $X_l = 0,4 \text{ Ом} / \text{км}$;

L_l – довжина відповідної лінії;

U_l – напруга лінії, κB .

$$X_{\bar{m}} = \frac{U_{\kappa \%} \cdot S_{\bar{o}}}{S_m \cdot 100} = \frac{4,5 \cdot 250}{250 \cdot 100} = 0,045;$$

$$X_{\bar{m}} = \frac{X_l \cdot L_l \cdot S_{\bar{o}}}{U_l^2} = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 250}{10^2} = 0,002;$$

Тоді результуючий опір:

$$X_{\text{резK}} = \frac{X_l \cdot X_T}{X_l + X_T} = \frac{0,002 \cdot 0,045}{0,002 + 0,045} = 0,002.$$

тоді зверхперехідний струм трифазного КЗ у т. K_3 :

$$I_{K_3}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{X_{\text{резK}_3}} = \frac{14,43}{0,002} = 7537,629 \text{ A},$$

де $X_{\text{рез}}$ – результуючий опір прямої послідовності.

$$I_{\infty}^{(3)} = I_{K_3}^{(3)} = 7537,629 \text{ A},$$

де I_{∞} – струм в встановленому режимі при $S_c = \infty$ та $X_c = 0$.

Знайдемо ударний струм при трифазному КЗ у т. K_3 :

$$i_{yK_3}^{(3)} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K_3}^{(3)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7537,629 = 19187,67 \text{ A},$$

де k_y – ударний коефіцієнт.

Для перевірки проведемо розрахунок КЗ в абсолютних одиницях.

$$X_T = \frac{U_{\delta}^2 \cdot U_{K\%}}{S_T \cdot 100} = \frac{10^2 \cdot 4,5}{250 \cdot 100} = 18,$$

Знайдемо опори лінії:

$$X_{\text{л}} = X_{\text{л}} \cdot L = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \text{ Ом};$$

Приведемо опори $X_{\text{л1}}$, $X_{\text{л2}}$ до базової напруги за формулою:

$$X_{\text{лб}} = X_{\text{иср}} \cdot \frac{U_{\delta}^2}{U_{\text{ср}}^2} = 6 \cdot \frac{10^2}{10^2} = 6 \text{ Ом},$$

де $X_{\text{иср}}$ – опір в омах при $U_{\text{ср}} = 10 \text{ кВ}$.

Знайдемо еквівалентний опір:

$$X_{\text{еквK}} = \frac{X_{\text{л1}} \cdot X_T}{X_{\text{л1}} + X_T} = \frac{0,8 \cdot 18}{0,8 + 18} = 0.766.$$

Тоді:

$$I_{\text{Кз}}^{(3)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} X_{\text{екв}}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0.766} = 7537.629 \text{ А}.$$

Оскільки $I_{\text{Кз}}''$ у базових та абсолютних одиницях співпали, то струми знайдено вірно.

Отже,

$$I_{\text{Кз}}^{(3)} = 7537.629 \text{ А}.$$

Струм двохфазного КЗ:

$$I_{\text{Кз}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} I_{\delta}}{X_{\text{рез1}} + X_{\text{рез2}}},$$

Оскільки у даному випадку схема зворотної та прямої послідовності співпадають, то запишемо формулу:

$$I_{\text{Кз}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} I_{\delta}}{2 \cdot X_{\text{рез}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 14.43}{2 \cdot 0,002} = 6248.373 \text{ А}.$$

тобто

$$I_{\text{Кз}}^{(2)} = I_{\infty}^{(2)} = 6248.373 \text{ А}.$$

$$i_{yK3}^{(2)} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(2)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6248.373 = 15905.76 \text{ A.}$$

Розрахунок струму КЗ в заданих точках у максимальному режимі занесемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок струму КЗ в заданих точках.

Види КЗ	точка K_3		
	I'' , A	I_∞ , A	i_y , A
трёхфазне	7537.6290	7537.6290	19187.670
двохфазне	6248.3730	6248.3730	15905.760

3.2 Розрахунок та вибір ТС

Проведемо вибір ТС силового трансформатора ТЗ.

Потужність:

$$S_{ном} = 250 \text{ кВА},$$

Номинальна напруга:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$$

Попередньо відомо:

$$I_{\infty K3}^{(3)} = 7,538 \text{ кА}; i_{yK3}^{(3)} = 19,188 \text{ кА}; I_{K3}^{(3)} = 7,538 \text{ кА}.$$

Знайдемо номінальний струм трансформатора по формулі:

$$I_{нмс} = \frac{S_{HT}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14.43 \text{ А}.$$

Вибрано ТС типу ТПШЛ – 6 – 50:

$$K_{дин} = 100$$

$$K_t = 70$$

Перевіряємо силовий трансформатор по умовах:

$$- U_H \leq U_{нмс}$$

- $I_{н.маx} \leq I_{н.мс}$;
- $i_y \leq K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н.мс}$;
- $I_{\infty}^2 \cdot t_{ф.н.} \leq (K_t \cdot I_{н.мс})^2 \cdot t$;
- $Z_{н.р.} \leq Z_{дон.}$,

де $t = 1$.

Основним захистом силового трансформатора є максимальний струмовий захист із витримкою часу $t = 1,5$ с.

$$\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}} = \frac{7,538}{7,538} = 1.$$

Для $\beta'' = 1$ та $t_{\phi} = 1,5$ с знаходимо $t_{\phi.н.}$, що становить 1,2 с. Так як $t_{\phi.н.} > 1$ с, то $t_{\phi.анер.}$ не будемо враховувати.

Опір контактів

$$R_{\kappa} = 0,1 \text{ Ом}.$$

Опір проводу:

$$R_{np} = \frac{l}{\gamma \cdot s} = \frac{100}{57 \cdot 2,5} = 0,7 \text{ Ом}.$$

Внутрішній опір диференціального реле:

$$R_p = 0,2 \text{ Ом}.$$

Приймаємо реле $PT - 40$.

Потужність:

$$0,5 \text{ кВА}$$

Струм

$$10 \text{ А}.$$

Опір реле:

$$Z_p = \frac{S_p}{I_p^2} = \frac{500}{10^2} = 5 \text{ Ом}.$$

Розрахункове навантаження трансформатора:

$$Z_{н.р.} = \sqrt{3} \cdot R_{np} + Z_p + Z_{ep} + R_k$$

Розрахунковий опір навантаження:

$$Z_{н.р.} = \sqrt{3} \cdot R_{np} + Z_p + R_p + R_k = \sqrt{3} \cdot 0,7 + 5 + 0,2 + 0,1 = 6,5 \text{ Ом.}$$

Розрахункова перевірка:

$$K_{10} = \frac{I_{zp}}{I_{н.мс.}}$$

$$I_{zp} = 1,1 \cdot I_{с.з.}$$

$$I_{с.з.} = \frac{K_n}{K_n} I_{н.м} = \frac{1,3}{0,85} \cdot 30,79 = 47,09 \text{ А,}$$

де $K_n = 1,3$;

$$K_n = 0,85.$$

$$I_{zp} = 1,1 \cdot 47,09 = 51,779 \text{ А.}$$

$$K_{10} = \frac{51,79}{50} = 1,036$$

Для трансформатора ТПШЛ – 6 – 50 допустиме навантаження становить $Z_{дон} = 8,5 \text{ Ом.}$

Дані покажемо у табличній формі - таблиця 3.2.

Таблиця 3.2 - Отримані результати при виборі ТС

Величини розрахунків		Параметри ТС	
U_n	10кВ	$U_{н.мс}$	6кВ
$I_{н.мах}$	14.43 А	$I_{н.мс}$	50 А
i_y	19187.67 А	$K_{дин} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{н.мс}$	7071.068 А
$I_{\infty}^2 \cdot t_{ф.н.}$	9.046 кА ² · с	$(K_t \cdot I_{н.мс})^2 \cdot t$	3500 А ² · с
$Z_{н.р.}$	6,5 Ом	$Z_{дон.}$	8,5Ом

Отже ТС для захисту силового трансформатора T вибрано вірно.

3.3 Розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора

Номінальний струм на НН силового трансформатора:

$$I_{н.нн.} = \frac{S_{нт}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 360.844 \text{ A}.$$

Струм спрацювання захисту:

$$I_{сз} = \frac{k_n \cdot k_{сх} \cdot I_{р.мах}}{k_n \cdot K_m} \text{ A},$$

де

$$k_n = 1.3;$$

$$k_{сх} = 0.85;$$

$$k_{сх} = 1;$$

$$I_{р.мах} = I_{н.нн.};$$

$K_m = 10$ – коефіцієнт трансформації ТС *ТПШЛ* – $10 - 50 / 5$;

$$I_{сз} = \frac{k_n \cdot k_{сх} \cdot I_{р.мах}}{k_n \cdot K_m} = \frac{1,3 \cdot 1 \cdot 360.844}{0,85 \cdot 10} = 55.188 \text{ A}.$$

Струм, що проходить через обмотку реле I_p

$$I_p = \frac{1,5 \cdot I_{K3\min нн}^{(3)}}{K_m} = \frac{1,5 \cdot 7537.629}{10} = 1130.644 \text{ A};$$

$$k_q = \frac{I_p}{I_{с.з.}} = \frac{1130.644}{55.188} = 20.487.$$

Так як $20.487 > 1,5$, трансформатор вибрано правильно.

3.4 Розрахунок струмів диференційного захисту трансформатора.

Знайдемо коефіцієнт трансформації по формулі:

$$K_{тр} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{U_{вн}}{U_{нн}} = \frac{10}{0,4} = 25;$$

Відомо, що струми КЗ становлять:

$$I_{КЗвн\max}^{(3)} = 7537.629 \text{ A};$$

$$I_{КЗвн\min}^{(3)} = 7537.629 \text{ A}.$$

Переведемо струми НН на ВН:

$$I_{КЗнн\max}^{(3)} = I_{КЗвн\max}^{(3)} \cdot K_{тр} = 7537.629 \cdot 25 = 188.441 \text{ кА};$$

$$I_{КЗнн\min}^{(3)} = I_{КЗвн\min}^{(3)} \cdot K_{тр} = 7537.629 \cdot 25 = 188.441 \text{ кА}.$$

Проведемо розрахунок струмів КЗ у зоні захисту.

Середнє значення номінальних струмів:

$$I_{нт\text{ вн}} = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_{вн}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14.43 \text{ A};$$

$$I_{нт\text{ нн}} = \frac{S_{m3}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 360.844 \text{ A}.$$

Струми небалансу:

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб}$$

Перша умова вибору - відлагодження струму небалансу:

$$I_{сз} = K_n \cdot I_{нб}$$

$$K_n = 1.3$$

Друга умова - відлагодження струму намагнічування:

$$I'_{сз} = K_n \cdot I_{нт}$$

Знайдемо складову, що зумовлена похибкою ТС:

$$I'_{нб} = K_{анер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon \cdot I_{к\max},$$

$$\varepsilon = 0,1;$$

$$K_{одн} = 1;$$

$$K_{анер} = 1.$$

$$I'_{нб} = K_{анер} \cdot K_{одн} \cdot \varepsilon \cdot I_{к\max} = 1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 7537.629 = 753.763 \text{ A};$$

Складова, зумовлену регулюванням напруги $I''_{нб}$

$$I'_{нб} = \Delta U \cdot I_{КЗвн\max}^{(3)} = 0,045 \cdot 753.763 = 33.919 \text{ A};$$

$$\Delta U = 4,5\% = 0,045$$

Струм небалансу:

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} = 753.763 + 33.919 = 787.682 \text{ A}.$$

Значення струму спрацювання захисту:

$$I_{сз} = K_n \cdot I_{нб} = 1,3 \cdot 787.682 = 1023.987 \text{ A}.$$

$$I'_{сз} = K_n \cdot I_{нт\text{ вн}} = 1,3 \cdot 14.43 = 18.759 \text{ A}.$$

На ВН вибрано ТС типу *ТПШЛ* – 10–50/5, а на НН – типу *ТПШЛ* – 0,4–500/5.

Так як $I_{сз} > I'_{сз}$, розрахунок проводиться згідно першої умови.

Вторинні струми у плечах захисту із сторони ВН та НН:

$$I_{2вн} = \frac{\sqrt{3} \cdot 18.759}{50/5} = 3.249 \text{ A};$$

$$I_{2нн} = \frac{360.844}{100} = 3,61 \text{ A}.$$

Струм спрацювання реле на ВН:

$$I_{сп} = \frac{K_{сх} \cdot I_{сз}}{K_m} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1023.987}{50/5} = 177.36 \text{ A}.$$

Струм, який протікає в мінімальному режимі у точці K_3 :

$$I_p = \frac{1,5 \cdot 7537.629}{50/5} = 1130.644 \text{ A}.$$

Коефіцієнт чутливості:

$$K_{\psi} = \frac{I_p}{I_{cp}} = \frac{1130.644}{177.36} = 6.375.$$

Так як $K_{\psi} > 2$, трансформатори вибрано правильно.

Кількість витків в обмотках реле:

$$I_{осн} = I_{\epsilon 2} = I_{2вн} = 3.25 \text{ A};$$

$$I_{неосн} = I_{\epsilon 1} = I_{2нн} = 3.61 \text{ A}.$$

Число витків обмоток реле PHT

$$\omega_{неосн.роб.} = \frac{F_{cp}}{I_{cp.неосн.}}$$

$$F_{cp} = 100 \text{ A} \pm 5\%$$

$$\omega_{неосн.роб.} = \frac{100}{3.61} = 27.701.$$

Найближча кількість витків становить :

$$\omega_{неосн.роб.} = 28$$

Струм спрацювання реле становить :

$$I_{cp} = \frac{100}{28} = 3.571 \text{ A}.$$

Струм спрацювання захисту:

$$I_{сз.неосн.} = I_{cp.неосн.} \cdot K_{тс} \cdot k_{сх}^{-1} = 3.571 \cdot 10 \cdot (\sqrt{3})^{-1} = 20.617 \text{ A}.$$

На ВН:

$$I_{сз осн} = \frac{I_{сз.не осн}}{K_{тр}} = \frac{20.617}{25} = 0.825 \text{ A}.$$

Отже

$$I_{осн} \cdot \omega_{осн} = I_{неосн} \cdot \omega_{неосн}$$

$$\omega_{осн.розр} = \frac{\omega_{неосн.} \cdot I_{2неосн}}{I_{2осн}} = \frac{28 \cdot 3.61}{3.25} = 31.102.$$

Число витків:

$$\omega_{осн} = 31.$$

Струм небалансу становить:

$$I'''_{нб} = \left| \frac{\omega_{осн.розр} - \omega_{неосн}}{\omega_{осн.розр}} \right| \cdot I_{K3\max}^{(3)} = \left| \frac{31,102 - 31}{31,102} \right| \cdot 7537.629 = 24.72 \text{ A.}$$

Повний струм небалансу становить:

$$I_{нб} = I'_{нб} + I''_{нб} + I'''_{нб} = 33.919 + 753.763 + 24.72 = 812.402 \text{ A.}$$

$$I_{сз} = K_n \cdot I_{нб} = 1,3 \cdot 812.402 = 1056.123 \text{ A} > 1023.987 \text{ A.}$$

Коефіцієнт чутливості:

$$K_q = \frac{I_p}{I_{ср}} = \frac{1130.644}{3.61} = 313.198 > 20.487.$$

$$313.198 > 20.487$$

3.5 Міжлінійний вимикач 35 кВ QX1H (РШ - XVЛ). Схема електрична принципова

На рисунку 3.2. та рисунку 3.3 показано схему міжлінійного вимикача 35 кВ QX1H (РШ - XVЛ).

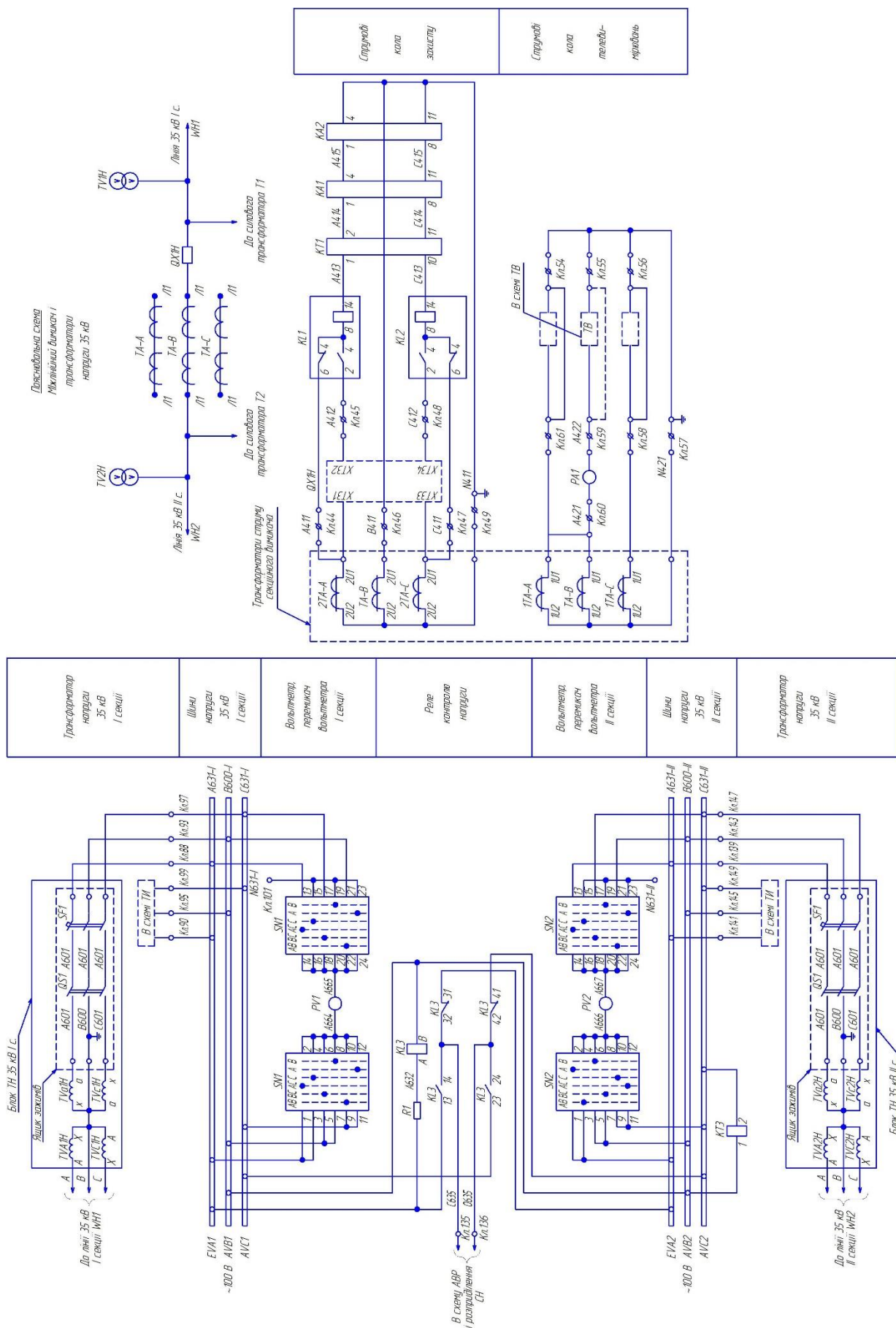


Рисунок 3.2 - Електрична принципова схема міжлінійного вимикача 35 кВ QX1N (РШ - XVЛ). Частина 1

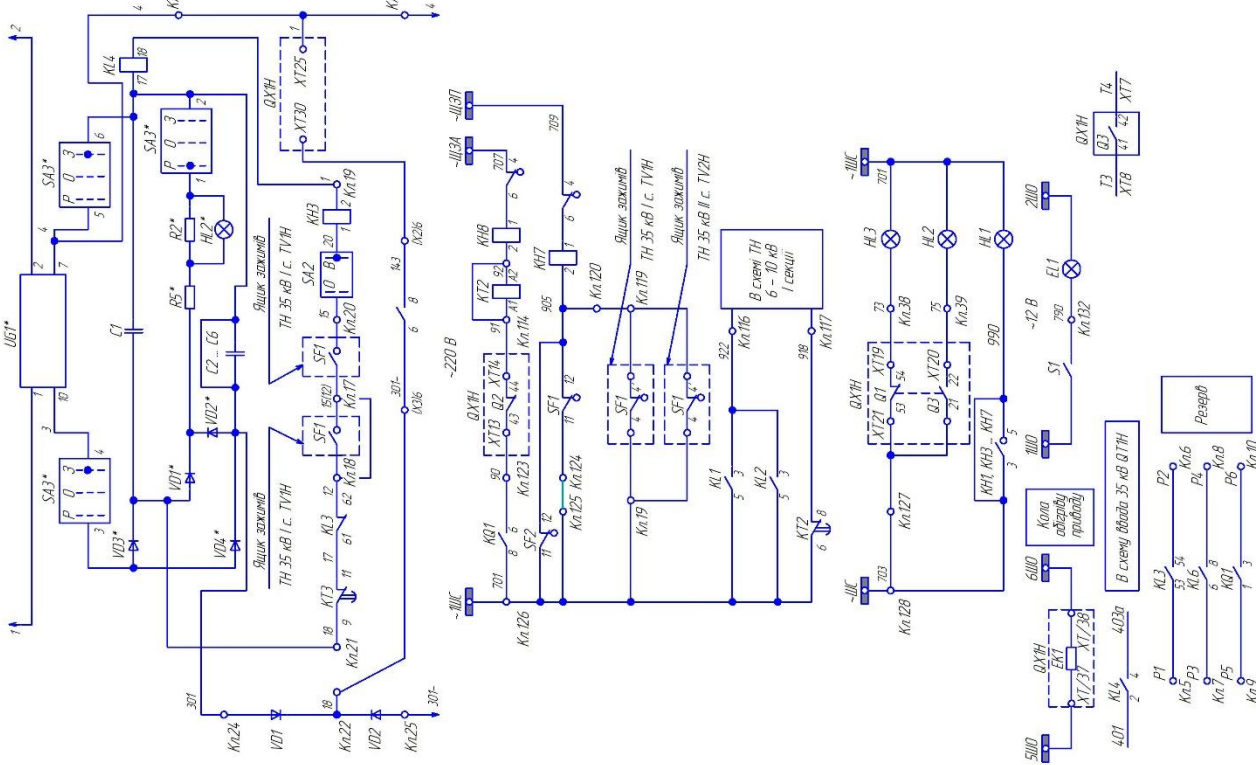


Рисунок 3.3 - Електрична принципова схема міжлінійного вимикача 35 кВ QX1H (РШ - XVЛ). Частина 2

3.6 Висновки до розділу

1. Проведено визначення струмів трьохфазного та двохфазного КЗ.
2. Проведено розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора, струмів диференційного захисту трансформатора.
3. Запропонована електрична принципова схема міжлінійного вимикача 35 кВ QX1H.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Структура організації охорони праці на підприємствах електричних мереж

Відповідно до законодавства про працю і охорону праці наймач зобов'язаний забезпечувати здорові і безпечні умови праці, дотримуватися встановлених нормативними правовими актами (документами) вимог охорони праці, вживати необхідні заходи по профілактиці виробничого травматизму, професійних і інших захворювань.

Охорона праці - система забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників в процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, психофізіологічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні і інші заходи і засоби.

Типове положення про службу охорони праці організації спрямоване на виконання наймачами обов'язків по охороні праці, реалізацію державної політики в цій області.

Типове положення встановлює правові основи організації і діяльності служби охорони праці наймачів усіх організаційно-правових форм, визначає завдання, функції і права цієї служби в загальній системі управління профілактичною роботою в організації по попередженню виробничого травматизму, професійних і виробничий обумовлених захворювань, поліпшенню умов праці працівників.

Управління охороною праці в організації здійснює її керівник. Для організації роботи і здійснення контролю по охороні праці керівник організації створює службу нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією.

Служба нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією є самостійним структурним підрозділом і підпорядковується безпосередньо керівникові організації або одному з його заступників, призначеному відповідальним за організацію охорони праці.

За своїм статусом служба нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією включається до складу основних виробничо-технічних підрозділів організації, і її рішення, прийняті в межах наданих прав і повноважень, є обов'язковими для виконання керівниками і іншими працівниками усіх підрозділів організації.

Порядок взаємодії служби нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією з підрозділами, їх повноваження, а також обов'язки, відповідальність і права відповідних посадовців і фахівців організації у вирішенні питань охорони праці встановлюється системою управління охороною праці (положенням про організацію роботи по охороні праці), іншими локальними нормативними актами.

Працівники служби нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією у своїй діяльності керуються законодавством про працю і охорону праці, угодами (генеральним, тарифним і місцевим), колективним договором, рішеннями (постановами, наказами, розпорядженнями, приписами) органів державного управління охороною праці, нагляду і контролю, вищестоящої організації, відповідними локальними нормативними актами, нормативно-технічною документацією і типовим положенням.

На основі типового положення в організації розробляються положення про службу нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією, враховуються специфіка і характер її діяльності.

Основними завданнями служби нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією є:

- 1) організація роботи по охороні праці, у тому числі:

- координація діяльності підрозділів по забезпеченню здорових і безпечних умов праці;
 - вдосконалення системи управління охороною праці;
 - впровадження передового досвіду і наукових розробок по безпеці і гігієні праці, пропаганда охорони праці;
 - інформування і консультивання працівників організації, у тому числі її керівника, з питань охорони праці;
- 2) здійснення контролю по охороні праці, у тому числі:
- за забезпеченням вимог безпеки і гігієни праці;
 - за дотриманням законодавства про працю і охорону праці;
 - за виконанням локальних нормативних актів з питань охорони праці.

На служби нагляду за експлуатацією, технікою безпеки, дозиметрією і дезактивацією покладаються наступні функції по організації роботи по охороні праці:

- 1) аналіз стану умов і охорони праці, причин порушень законодавства про працю і охорону праці, виробничого травматизму, професійної і виробничий обумовленої захворюваності;
- 2) організаційне і методичне керівництво роботою підрозділів по забезпеченню здорових і безпечних умов праці;
- 3) розробка і здійснення заходів по функціонуванню і вдосконаленню системи управління охороною праці;
- 4) проведення перевірок (обстежень) стану умов і охорони праці, санітарно-побутового забезпечення працівників, дотримання вимог охорони праці при проведенні технологічних процесів, експлуатації будівель, споруд, верстатів, машин, механізмів, іншого устаткування, транспортних засобів, пристосувань, інструменту, засобів колективного і індивідуального захисту;
- 5) організація спільно з підрозділами проведення навчання і перевірки знань працівників із питань охорони праці;

6) підготовка за участю підрозділів переліків діючих і підлягаючим розробці інструкцій по охороні праці; розробка програми ввідного інструктажу по охороні праці і його проведення;

7) надання організаційно-методичної допомоги підрозділам:

- у проведенні вимірів параметрів небезпечних і шкідливих виробничих чинників;

- у оцінці безпеки устаткування, пристосувань, інструменту, організації виробництва робіт і робочих місць;

- у проведенні атестації робочих місць за умовами праці, паспортизації санітарно-технічного стану умов і охорони праці;

- у розробці програм, планів, заходів по поліпшенню умов і охорони праці, попередженню виробничого травматизму, професійних і виробничий обумовлених захворювань;

- у розробці і перегляді інструкцій по охороні праці, організаційно-методичних стандартів організації, що містять вимоги охорони праці, програм первинного інструктажу на робочому місці, учбових планів і програм навчання питанням охорони праці працівників організації;

- у устаткуванні інформаційних стендів, куточків по охороні праці;

- у організації проведення інструктажу по охороні праці (первинного на робочому місці, повторного, позапланового, цільового)

- у складанні списків професій і посад, відповідно до яких працівники повинні проходити обов'язкові медичні огляди;

- у підготовці переліків професій і категорій працівників, що мають відповідно до законодавства право на компенсації за умовами праці;

8) участь в:

- здійсненні нагляду за будівництвом і реконструкцією будівель, споруд;

- прийманню в експлуатацію устаткування, закінчених будівництвом або реконструйованих (модернізованих) виробничих об'єктів, адміністративних і побутових будівель;

- роботі комісій з приймання і ремонту установок, агрегатів і іншого устаткування в частині дотримання вимог безпеки праці, а також по контролю якості засобів індивідуального захисту;

- роботі атестаційних комісій з атестації керівників і фахівців організації; комісій з перевірки знань працівників з питань охорони праці;

- колективно-договірному процесі при розгляді питань охорони праці, підготовці проектів розділів колективного договору, що стосуються умов і охорони праці, розробці плану заходів по охороні праці;

- розслідуванні нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань, розробці заходів по їх профілактиці, підготовці документів на виплату відшкодування шкоди, заподіяної життю і здоров'ю працівників, пов'язаної з виконанням ними трудових обов'язків;

9) підготовка статистичної звітності по охороні і умовам праці;

10) ведення систематизованого обліку і зберігання діючих в організації законодавчих і інших нормативних правових актів, а також локальних нормативних актів і інших документів організації з питань, що входять в сферу діяльності служби охорони праці;

11) організація забезпечення підрозділів необхідними документами, наочними посібниками і учбовими матеріалами з охорони праці;

12) організація і проведення роботи по інформуванню працівників з питань охорони праці, у тому числі про їх права і обов'язки в цій сфері; стані умов і охорони праці на робочих місцях, заходах, що приймаються, по їх поліпшенню; існуючому ризику ушкодження здоров'я і засобах колективного і індивідуального захисту, компенсаціях за умовами праці і іншими питаннями, пов'язаними із забезпеченням охорони праці;

13) організація і проведення за участю підрозділів роботи по профілактиці порушень працівниками вимог безпеки і гігієни праці, пропаганді питань охорони праці, передового досвіду безпечного виконання робіт, у тому числі:

- проведення виставок, оглядів-конкурсів, семінарів, нарад, курсів підвищення кваліфікації, бесід і інших заходів;
 - організація куточків, інформаційних стендів по охороні праці, стінних газет, вітрин, використання малотиражного друку, відео- і кінофільмів, радіомовних, телевізійних і інших засобів інформації;
- 14) підготовка проектів наказів і розпоряджень керівника організації з питань охорони праці, у тому числі за визначенням функціональних обов'язків по охороні праці керівників підрозділів, інших посадовців, фахівців;
- 15) підготовка проектів запитів у відповідні організації про надання інформації, документація про організацію роботи після охорони праці, технологічних процесів, матеріалів, речовин, устаткування, засобів захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих чинників;
- 16) організація нарад по охороні праці;
- 17) розгляд у встановлені терміни письмових і усних звернень працівників з питань умов і охорони праці, підготовка пропозицій керівникові організації по усуненню виявлених в ході їх розгляду недоліків, порушень, а також підготовка відповідей заявникам.

4.2 Протипожежні вимоги до освітлення

Внаслідок невиконання електротехнічних правил, а також під впливом навколишнього середовища (води, пилу, хімічних активних речовин) нормальний стан електроосвітлювальних установок порушується. В таких випадках в електричних колах виникають короткі замикання, перевантаження, перехідні опори, електрична дуга або іскріння, а також шкідливі вихрові струми.

Під час короткого замикання виділяється багато тепла, яке нагріває провідник до температури спалаху ізоляції і вище. Ізоляція проводів або навколишнє гаряче середовище можуть спалахувати, коли в електричному колі виникають небезпечні щодо нагрівання місцеві перехідні опори.

Для захисту електроосвітлювальних установок від перевантаження застосовують плавкі запобіжники, установочні автомати і термореле.

Основні шляхи зниження пожежної небезпеки під час експлуатації електроосвітлення такі: вибір електроосвітлювальних установок з таким розрахунком, щоб вони не стали джерелом займання того середовища, в якому експлуатуються; при монтажі електроосвітлювальних ліній та світильників забезпечення міцності ізоляції; встановлення відстані між провідниками із струмом різної полярності, а також між проводами та заземленими предметами; щільність контактів, надійний захист від механічних пошкоджень, перевантажень, коротких замикань тощо; при виборі світильників враховувати особливості класифікації приміщень згідно з правилами обладнання електротехнічних установок. Треба також мати на увазі, що колби потужних ламп (500 Вт і більше) нагріваються до температури $200-250^{\circ}\text{C}$ і від цього можуть зайнятись горючі матеріали.

Відповідно до цих вимог у робочих приміщеннях, де використовується схема електроспоживання, застосовують відкриті, захищені, вологозахищені, пилонепроникні, вибухозахищені та спеціальні світильники.

4.3 Оцінка стійкості об'єкту до дії ударної хвилі ядерного вибуху

Як кількісний показник стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту до дії ударної хвилі приймається максимальне значення надмірного тиску, при якому будівлі, споруди і устаткування об'єкту зберігаються або одержують слабкі і середні руйнування. Це значення надмірного тиску прийнято вважати межею стійкості об'єкту до ударної хвилі $\Delta P_{\text{фmax}}$.

Оцінка стійкості об'єкту до дії ударної хвилі зводиться до визначення ΔP .

Для оцінки потрібні наступні початкові дані: місце розташування точки прицілювання; віддалення об'єкту від точки прицілювання; очікувана

потужність ядерного боєприпасу; вірогідне максимальне відхилення центру вибуху від точки прицілювання ; характеристика об'єкту і його елементів.

Оцінка стійкості проводиться в такій послідовності.

I. *Визначення максимального значення надмірного тиску ударної хвилі $\Delta P_{\phi \max}$, очікуваного на об'єкті при ядерному вибуху.*

II. *Виділення основних Елементів на об'єкті (цехів, ділянок виробництва, систем), від яких залежить функціонування об'єкту і випуск необхідної продукції.*

Рішення задачі другого етапу доцільно починати з оцінки ролі і значення кожного цеху, ділянки виробництва у функціонуванні підприємства в умовах війни. Для цього необхідно знати специфіку виробництва, об'єм і характер завдань військового часу, особливості технологічного процесу, структуру виробничих зв'язків і т.п. На основі аналізу виявляються основні цехи, ділянки виробництва, системи об'єкту, які можуть бути не тільки серед головних, але і серед другорядних і допоміжних елементів. Наприклад, основними є: ковальський цех, пресовий цех, складальний цех, підйомно-транспортне устаткування, система енергопостачання і т. д.

Основними критеріями оцінки підготовленості об'єкту до відновлення виробничого процесу у разі його порушення є: наявність ремонтно-відновлюваних бригад і їх готовність до відновних робіт; створення запасів необхідних матеріалів, устаткування, будівельних конструкцій і надійність їх зберігання; наперед розроблені проекти відновлення по кожному варіанту руйнувань; надійність зберігання будівельно-монтажної і проектної документації; розміри і оснащеність ремонтної бази об'єкту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд питання реконструкції трансформаторних підстанцій, заміни або модернізації обладнання. Розглянуто основні етапи процесу реконструкції.

2. Проведено вибір трансформаторів струму для В-4: типу $T\Phi 3M - 35A - XL - 1400 / 5$ для «В-4 А» та «В-4 Б», а також $T\Phi 3M - 35A - XL - 1300 / 5$ для Т-1.

3. Проведено вибір вакуумних вимикачів для В-4 типу $BP - 35 HC - 35 - 20 / 1600$; трансформаторів напруги для В-4 типу $ЗНОМ - 35 - 65V1$; трансформаторів власних потреб для В-4 типу $TM - 100 / 6 / 0,4 кВ$; шинного роз'єднувача для В-4 типу $РДЗ.2 - 35 / 1000 УХЛ - 1$

4. Показана однолінійна схема ПС 35/6 В-4 з вказанням обладнання, яке вводиться в роботу та відповідно однолінійна схема ПС 35/6 В-4 після реконструкції.

5. Проведено вибір трансформаторів струму для В-6 та В-26 типу $T\Phi 3M - 35A / U1$; вакуумних вимикачів для В-6 та В-26 типу $BP - 35 HC - 35 - 20 / 1600 U1$; обмежувачів перенапруг для В-6 та В-26 типу $ОПН - 35$; трансформаторів власних потреб для В-6 та В-26 типу $TM - 40 / 6 / 0,4 кВ$; вентильних розрядників для В-6 та В-26 типу $PBO - 6$; роз'єднувачів зовнішнього встановлення для В-6 та В-26 типу $РЛНЗ - 35$.

6. Проведено вибір апаратів, які під'єднуються до I і II секції шин.

7. Показана однолінійна схема ПС 35/6 В-6 після реконструкції.

8. Проведено визначення струмів трьохфазного та двохфазного КЗ.

9. Проведено розрахунок струмів спрацювання захистів трансформатора, струмів диференційного захисту трансформатора.

10. Запропонована електрична принципова схема міжлінійного вимикача 35 кВ QX1H.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А.Л. Стефанюк. Підвищення технічної надійності підстанції / А.Л. Стефанюк, А.А. Гуменюк, А.З. Стасів, І.М. Сисак // Матеріали XIII міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 11-12 грудня 2024. — Т : ТНТУ, 2024.
2. Онипченко Андрій Олександрович Реконструкція трансформаторної підстанції з заміною захисної та комутаційної апаратури : дипломна робота бакалавра / А. О. Онипченко. / Дніпро, 2022. - 56 с.
3. Філюя Я.О. Електрична частина станцій та підстанцій [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 971): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.
4. Завадський Б. В. Модернізація обладнання підстанцій / Б. В. Завадський, І. С. Семенчук, М. Ю. Ярченя // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 24-25 листопада 2021 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — Том II. — С. 28–29. — (Електротехніка та енерго-збереження).
5. Bohdan Orobchuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Serhii Babiuk, Vadym Koval (2023) Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023).
6. Купчик, В. О., Сердюк, Т. Т., Головачук, Г. І., Волосинецький, Р. Б., Мовчан, Л. Т., & Сисак, І. М. (2022). Підвищення надійності та пропускної здатності трансформаторних підстанцій. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 80-81.

7. Сисак І.М. Конспект лекцій з дисципліни “Електропостачання промислових і муніципальних об’єктів” для студентів 5-го курсу денної та заочної форм навчання за ОП 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ.- 2024. - Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>

8. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об’єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

9. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

10. Белякова І.В. Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

11. Козлов В. Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с. ISBN 978-966-932-088-9

12. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко/КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 4,62 Мбайт). – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с.

13. Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) (для студентів денної та заочної форм навчання

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / В. М. Гаряжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с.

14. Конспект лекцій з дисципліни «Електрична частина станцій і підстанцій» для студентів напряму 6.050701 – електротехніка та електротехнології / Укл.: к.т.н., доцент Хмельницький Є.Д. - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2014, 104 стор.

15. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2

16. Сисак І.М. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електропостачання промислових і муніципальних об’єктів» для студентів 5-го курсу денної та заочної форм навчання за ОП 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, - 2024. - Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>

17. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.

18. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

19. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.

20. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.