

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

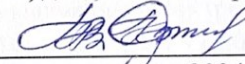
Бакалаврська дипломна робота на тему:

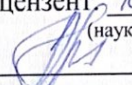
**АНАЛІЗ УМОВ ВИБОРУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК
ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ**

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,

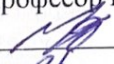
Попов А. В. 

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС

Остра Н. В. 
« ____ » ____ 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ЕССЕН
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)
 Раденко О.В.
« ____ » ____ 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.


« 17 » ____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

« 11 » 03 2024 р.

З А В Д А Н Н Я **НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Попову Андрію Віталійовичу.
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Аналіз умов вибору схем розподільних установок при проектуванні електричних станцій та підстанцій»

Керівник роботи к.т.н., доц., доцента каф. ЕСС Остра Н. В.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 80

2. Термін подання студентом роботи червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи:

1. Лежнюк П. Д., Лагутін В. М., Тептя В. В. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 194 с. 2.

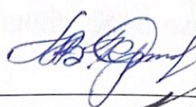
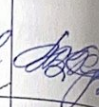
Посилання на періодичні видання.

Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів: $S_{с.ном} = 1000$ МВА; $x_{с.ном} = 0,32$; $U_{с.ном} = 35$ кВ; $P_{max} = 12$ МВт; $P_{min} = 28$ МВт.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Основні схеми розподільних установок на станціях та підстанціях 2. Класифікація типів розподільних установок 3. Аналіз умов вибору схем розподільних установок 4. Алгоритм вибору схеми відкритої розподільної установки для ГЕС 5. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Основні схеми розподільних установок на електричних станціях та підстанціях. 2. Класифікація типів розподільних установок. 3. Конструкція КРУЕ типу ELK 3. 4. Основні умови та критерії, що враховуються при виборі схеми РУ.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Остра Н. В., к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д.п.н., проф., завідувач каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

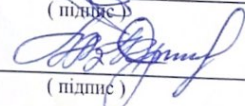
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи	
		початок	кінець
1	Вступ. Огляд літературних джерел	21.01.24	15.02.24
2	Аналіз основних схем розподільних установок станцій та підстанцій (розділ 1 БДР)	16.02.24	15.03.24
3	Аналіз основних видів розподільних установок (розділ 2 БДР)	16.03.24	10.04.24
4	Аналіз умов вибору схем розподільних установок (розділи 3 БДР)	11.04.24	11.05.24
5	Виконання розрахунку та охорони праці (розділи 4-5 БДР)	12.04.24	19.05.24
6	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	20.05.24	24.05.24
7	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	25.05.24	04.06.24
	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	05.06.24	07.06.24
	Рецензування БДР	08.06.24	10.06.24
	Захист БДР	За графіком	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

А. В. Попов

Н. В. Остра

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311.1

Попов Андрій Віталійович «Аналіз умов вибору схем розподільних установок при проектуванні станцій та підстанцій». Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2024. – 80 с. Бібліогр.: 17. Рис.: 22. Табл.: 12.

У бакалаврській дипломній роботі були розглянуті схеми розподільних установок на станціях та підстанціях, та умови їх вибору при проектуванні.

В першому розділі були проаналізовані основні схеми розподільних установок які використовуються на станціях та підстанціях. В другому розділі були розглянуті види розподільних установок, були наведені їх переваги та недоліки, а також області застосування. В третьому розділі були розглянуті умови вибору схем при проектуванні електричних станцій і підстанцій. В четвертому розділі був проведений розрахунок вибору розподільної установки для ГЕС.

В розділі «Охорона праці» був проведений аналіз основних питань з охорони праці в приміщенні з шафами КРУ.

Ключові слова: електрична станція, підстанція, розподільна установка, вимикач, роз'єднувач, релейний захист та автоматика.

ABSTRACT

Andrii Popov "Analysis of the conditions for choosing schemes of distribution installations in the design of stations and substations". Bachelor thesis. – Vinnytsia: VNTU. - 2024. – 80 p. Bibliography.: 17. Fig.: 22. Tables: 12.

In the bachelor's thesis, the schemes of switchgears at stations and substations and the conditions for their selection during design were considered.

In the first section, the main schemes of switchgear used at stations and substations were analyzed.

In the second section, the types of switchgear were considered, their advantages and disadvantages, as well as areas of application were given. In the third section, the conditions for choosing schemes in the design of electrical stations and substations were considered. In the fourth chapter, the calculation of the selection of the distribution plant for the HPP was carried out.

In the "Occupational safety" section, an analysis of the main issues of occupational safety in the premises with switchgear cabinets was carried out.

Keywords: power plant, substation, switchgear, switch, disconnecter, relay protection and automation.

ЗМІСТ

ПОЗНАЧКИ ТА СКОРОЧЕННЯ.....	4
ВСТУП	5
1 ОСНОВНІ СХЕМИ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК НА СТАНЦІЯХ ТА ПІДСТАНЦІЯХ ТА ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ.....	7
1.1 Аналіз основних схем розподільних установок на електричних станціях	7
1.1.1 Огляд схеми розподільної установки з однією системою збірних шин.....	8
1.1.2 Дослідження схеми розподільної установки з 2-ма системами збірних шин.....	11
1.1.3 Схеми кільцевого типу	14
1.1.4 Розподільні установки з 2-ма системами збірних шин і кількістю вимикачів на кожен гілку 2, 3/2 і 4/3.	16
1.1.5 Спрощені схеми розподільних установок.	18
1.2 Аналіз схем розподільних установок на підстанціях.....	20
2 КЛАСИФІКАЦІЯ ТИПІВ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК	27
2.1 Застосування та умови експлуатації відкритих розподільних установок.....	27
2.2 Аналіз умов застосування закритих розподільних установок	31
2.3 Конструктивні особливості та умови застосування комплексних розподільних установок.....	34
2.4 Умови застосування та характерні особливості комплексних розподільних установок з ізоляцією із елегазовою	42

3 АНАЛІЗ УМОВ ВИБОРУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК...	46
4 АЛГОРИТМ ВИБОРУ СХЕМИ ВІДКРИТОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГЕС	53
4.1 Побудова графіків електричних навантажень	53
4.2 Вибір типу та потужності основного обладнання ГЕС.....	57
4.3 Зв'язок електричної станції з системою	58
4.4 Вибір структурної схеми ГЕС	59
4.5 Вибір силових трансформаторів.....	60
4.6 Вибір схем розподільних установок	63
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	68
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	68
5.1.2 Електробезпека.....	69
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	70
5.2.1 Мікроклімат	70
5.2.2 Склад повітря робочої зони	71
5.2.3 Виробниче освітлення	71
5.2.4 Виробничий шум.....	73
5.3 Пожежна безпека.....	74
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ.....	80

ПОЗНАЧКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

РУ – розподільна установка

ВРУ – відкрита розподільна установка

ЗРУ – закрита розподільна установка

КРУ – комплектна розподільна установка

КРУЕ – комплектна розподільна установка з елегазовою ізоляцією

КРУП - комплектна розподільна установка з повітряною ізоляцією

КРУВ - комплектна розподільна установка з вакуумними вимикачами

КРУТД - комплектна розподільна установка з твердим діелектриком

КРУЗ - комплектна розподільна установка зовнішнього розташування

КЗ – коротке замикання

ПС – підстанція

ШЗВ – шино з'єднувальний вимикач

АВР – автоматичне увімкнення резерву

НН - сторона низької напруги

ВН - сторона високої напруги

СН - сторона середньої напруги

РП - розподільний пристрій

ЛЕП - лінії електропередачі

ВСТУП

Електрична станція є складним електротехнологічним комплексом, вона містить велику кількість допоміжного і основного електрообладнання. Основне електрообладнання використовується для виробництва, перетворення, розподілу та передачі електроенергії. Допоміжне обладнання – відповідає за нормальну роботу основного та виконує допоміжні функції, тобто вимірювання, сигналізації, управління, захисту, автоматики та ін [2].

Елементи допоміжного обладнання вторинних і первинних кіл разом з допоміжними приладами і будівельною частиною створюють розподільну установку електричної станції або підстанції.

Відповідно до місця розміщення розподільні установки поділяються на внутрішні та зовнішні. Зазвичай в кожній розподільній установці містяться збірні шини і ряди відгалужень від них з відповідним обладнанням.

РУ є важливою частиною електричних мереж, тому що без них неможлива реалізація задачі розподілу електричної енергії від генераторів електростанції до споживачів. Так як обладнання на станціях та РУ весь час вдосконалюється, то й сам принцип побудови потрібно покращувати.

З 24.02.2022 через окупацію і руйнування енергосистема України втратила близько 55% доступних генеруючих потужностей. Зруйновано близько 93% потужностей ТЕС і 59% - ГЕС. Дивлячись наприклад на ситуацію в місті Харків, де були зруйновані всі об'єкти генерації та трансформаторні підстанції [1]. В зв'язку з цією ситуацією, відновлення потребує велика кількість електричних станцій та підстанцій, а так як РУ є одним з найважливіших об'єктів на станціях та підстанціях, також можна сказати що аналіз умов вибору РУ при проектуванні електричних станцій та підстанцій і дослідження методів та способів їх покращення є важливим завданням.

Отже, дослідження умов вибору схем розподільних установок є **актуальною задачею**.

Метою даної бакалаврської дипломної **роботи** є дослідження та аналіз

умов вибору схеми розподільної установки під час проектування електричних станцій та підстанцій.

Відповідно до теми в роботі розв'язуються наступні **основні задачі**:

1. Аналіз основних схем розподільних установок станцій та підстанцій;
2. Аналіз умов вибору схем розподільних установок;
3. Аналіз основних видів розподільних установок;
4. Проаналізувати розрахунок з умовами вибору схеми РУ;
5. Розглянути основні аспекти щодо охорони праці.

Об'єктом дослідження є електростанції та підстанції України, а **предметом дослідження** є розподільні установки для них.

1 ОСНОВНІ СХЕМИ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК НА СТАНЦІЯХ ТА ПІДСТАНЦІЯХ ТА ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ

Розподільна установка - це комплекс електротехнічного обладнання, який використовується для прийому, розподілу та передачі електроенергії. В її обов'язки входить керування електричними потоками, захист від перевантажень та коротких замикань, а також стабільна та безпечна робота електричних мереж.

1.1 Аналіз основних схем розподільних установок на електричних станціях

Вимоги до схем розподільних установок (РУ) передбачаються нормами технологічного проектування підстанцій і є наступними:

1. Електрична схема зобов'язана відповідати умовам роботи станції в енергосистемі й очікуваних режимах;
2. Бути досить зручною в використанні, а саме: наочною і простою, мати мінімальний обсяг переключень, які пов'язані із зміною режиму, також повинна дозволяти ремонт електричного устаткування, при цьому не порушуючи режиму установки;
3. Повинна передбачатись можливість автоматизації при вкладанні економічно доцільних сум;
4. Повинна бути економічно виправданого ступеню надійності.

При проектуванні схеми розвитку різні технічні варіанти порівнюються між собою по техніко-економічних показниках. Варіанти повинні взаємозаміняти один одного й давати однаковий відпуск електроенергії споживачам. На підставі схеми розвитку розробляють схеми станцій і підстанцій, рахують струми к.з і обираються вимикачі. Здебільшого якраз струми коротких замикань визначаються тип вимикача і вартість розподільної установки, інколи навіть відмовляються від того або іншого варіанта схеми

через занадто великий струм коротких замикань.

Розподільні установки характеризуються номінальною напругою, числом і потужністю генераторів які під'єднані, трансформаторів, потужністю яка видається в мережу, кількістю ліній, режимом роботи й перспективою розвитку.

При невеликому числі приєднань застосовують спрощені схеми з малою кількістю вимикачів. При більшому числі приєднань відношення кількості вимикачів до числа приєднань знаходиться у межах від одного до двох, застосовуються досить складні схеми розподільних установок.

Далі покажу основні схеми РУ електростанцій.

1.1.1 Огляд схеми розподільної установки з однією системою збірних шин

У кожному приєднанні міститься вимикач і два роз'єднувачі – лінійний і шинний. В даній схемі дії з роз'єднувачами дозволяються тільки при відкритому вимикачі відповідного приєднання. Ясність цієї вимоги й простота РУ практично виключають помилкові операції з роз'єднувачами.

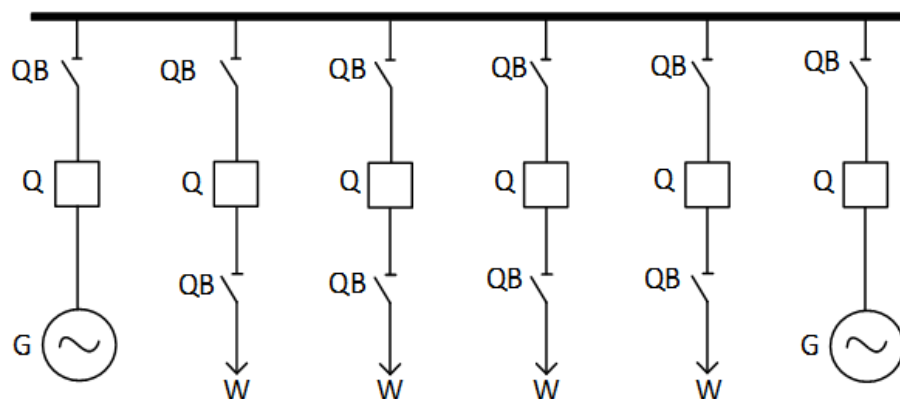


Рисунок 1.1 – Розподільна установка в якій одна система збірних шин

Перевагою схеми з однією системою збірних шин являється її виняткова проста й відносно невелика вартості. Недоліками є:

- під час профілактичного ремонту шин та шинних роз'єднувачів

відключається увесь пристрій до моменту ремонту;

– під час ремонту лінійних роз'єднувачів і вимикачів відключаються відповідні приєднання, що є небажано, а інколи неприпустимо;

– короткі замикання які відбуваються в зоні збірних шин призводить до повного відключення РУ;

– зовнішнє КЗ і поломка вимикача приєднання також призводить до повного відключення РУ.

Частково деякі недоліки можна усунути секціонуванням збірних шин, а тобто їх поділу на частини з установкою в точках розподілу вимикачів, які звуться секційними.

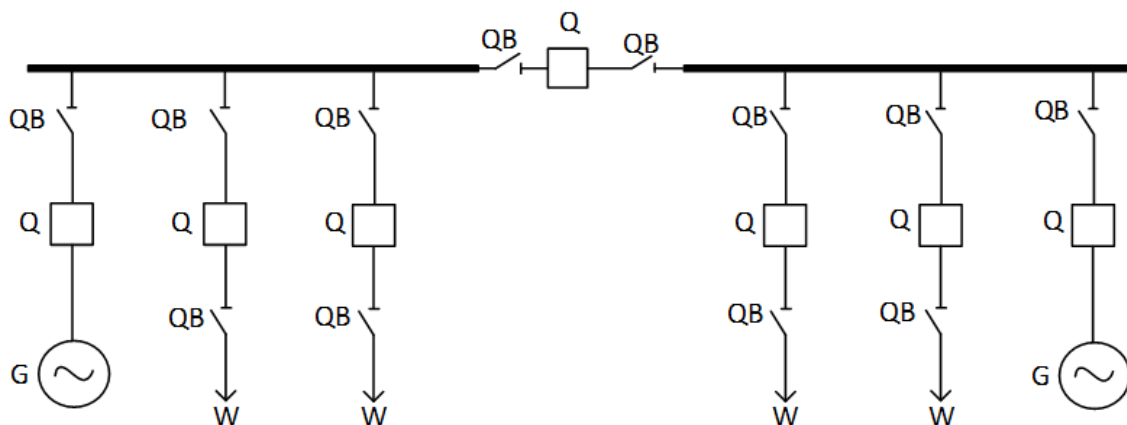


Рисунок 1.2 – розподільна установка в якій одна система збірних шин та секційний вимикач

Його виконують так, щоб в кожній секції було як мінімум одне джерело енергії. Кількість секцій залежить від потужності й кількості джерел енергії, напруги, схеми мережі. В розподільних установках більшим числом секцій збірні шини замикаються у кільце. Секціонування дозволяє збільшити надійність розподільної установки й установки в цілому. Але, під час замикання на секційному вимикачі повинні відключатись обидві секції. У розподільній установці 6 – 10 кВ підстанцій секційні вимикачі, як правило, є розімкнутими.

Щоб забезпечити можливість почергового ремонту вимикачів без вимкнення установки у РУ 110 – 220 кВ виконують обхідну систему шин.

При нормальній роботі обхідні вимикачі й обхідні роз'єднувачі відключені.

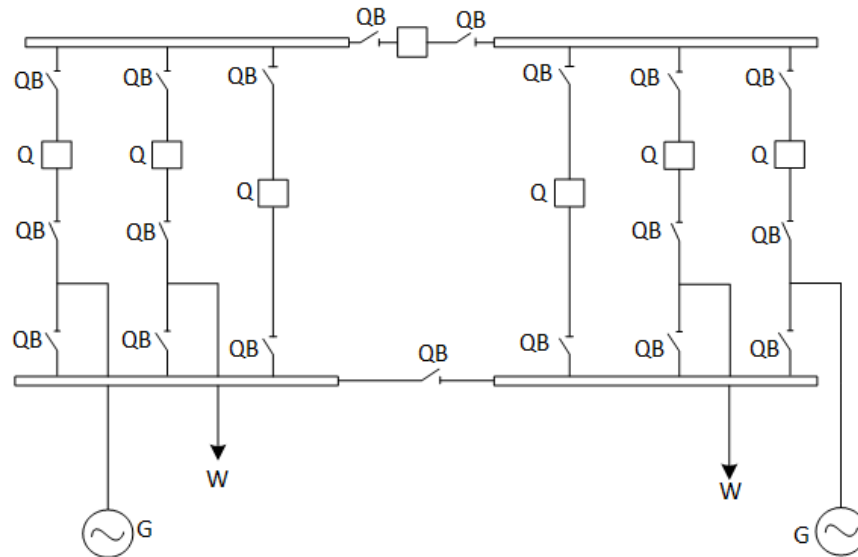


Рисунок 1.3 – Розподільна установка в якій одна система збірних шин, секційний вимикач та обхідна система шин

Під час ремонту вимикача який розташований на приєднанні, його функції виконує обхідний вимикач. Цю заміну виконують в такий спосіб:

- 1 – вмикають обхідний вимикач для виконання перевірки роботоздатності обхідної системи шин;
- 2 – вимикають обхідний вимикач;
- 3 – вмикають обхідний роз'єднувач приєднання яке ремонтується;
- 4 – включають обхідний вимикач;
- 5 – вимикають вимикач приєднання, що підлягає ремонту;
- 6 – вимикають роз'єднувачі.

За захист приєднання в час ремонту відповідає обхідний вимикач з своїм релейним захистом. Для зменшення кількості обхідних вимикачів у схожих схемах використовують один з двома шинними роз'єднувачами, за допомогою

яких якими можна підключити потрібну секцію шин. Розподільні установки в яких одна секціонована система збірних шин застосовуються на станціях і підстанціях на напругу до 220 кВ включно. Установки в яких одна секціонована система збірних шин (без використання обхідної) застосовуються у розподільних установках 6 – 10 кВ ТЕЦ, на власних потребах станцій і ін.

1.1.2 Дослідження схеми розподільної установки з 2-ма системами збірних шин

На кожному приєднанні такої РУ містяться вимикач і два шинних роз'єднувачі. Також застосовується шино-з'єднувальний вимикач (ШЗВ) Дану схему використовують в РУ 110 – 220 кВ. ШЗВ, як правило, замкнений.

Перемикання приєднань із одної системи шин на іншу виконується за допомогою шинних роз'єднувачів. При відключеному ШЗВ всі розімкнені роз'єднувачі 1-ої й 2-ої системи шин шунтуються через збірні шини шино-з'єднувальний вимикача.

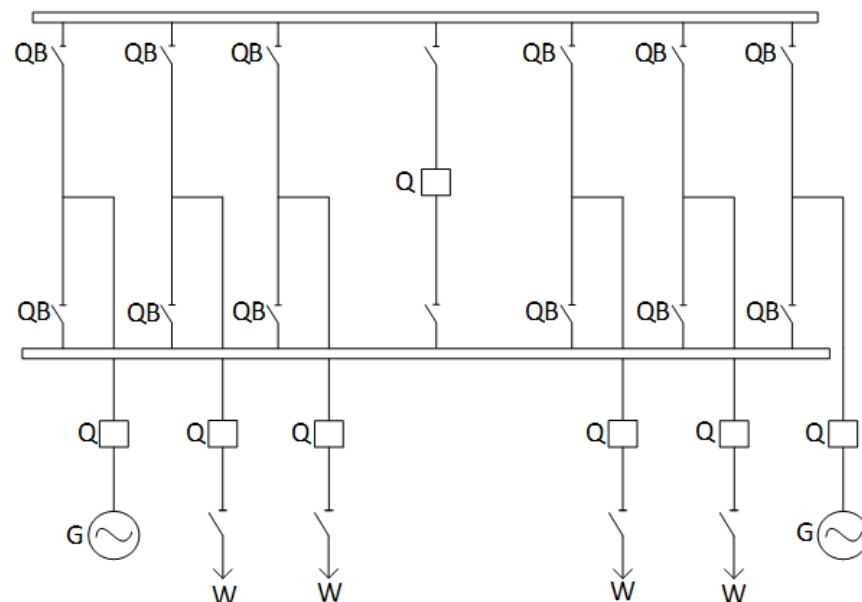


Рисунок 1.4 – Розподільна установка в якій дві системами збірних шин

При цих умовах в будь-якому приєднанні можна відключити роз'єднувач

одної системи й вимкнути роз'єднувач іншої системи шин. Під час перемикання струм зміщується з одного роз'єднувача в інший не створюючи дуги. Якщо ШЗВ відключити – ці операції не дозволені. Для того щоб недопустити неправильні операції з роз'єднувачами ставлять блокувальні пристрої. А також, є блокування між вимикачами й роз'єднувачами в кожному приєднанні. Блокування виконують у вигляді замків на приводах – механічних або електромагнітних.

Перевагами схеми є:

- 1) почерговий ремонт збірних шин виконується без перерви електропостачання;
- 2) можливість поділу системи на два фрагмента задля підвищення надійності електропостачання;
- 3) можливість перемикання приєднань між собою відповідно до режиму роботи установки.

Недоліками є:

- 1) під час ремонту однієї системи всі її приєднання перемикають на іншу, від цього надійність другої установки знижується;
- 2) при замиканні на ШЗВ відключають обидві системи шин;
- 3) у випадку зовнішнього КЗ на будь-якому з приєднань й відмові його вимикача відключається вся система шин;
- 4) під час ремонту вимикачів і лінійних роз'єднувачів вимикають пов'язані з ними приєднання;
- 5) складність розподільної установки;
- 6) багаторазові перемикання а допомогою роз'єднувачів підвищують ймовірність пошкоджень у даній зоні збірних шин.

Якщо кількість приєднань велика, то системи збірних шин секціонуються. У розподільній установці 110 – 220 кВ станцій секціонують обидві системи шин. Таким чином, розподільну установку ділять на чотири частини. Щоб забезпечити почерговий ремонт вимикачів передбачають обхідні вимикачі й обхідну систему шин. Щоб зменшити кількість вимикачів у

системах з двома системами збірних шин функції обхідного й ШЗВ можуть бути об'єднані. Якщо дві секції, то потрібні два таких вимикачі.

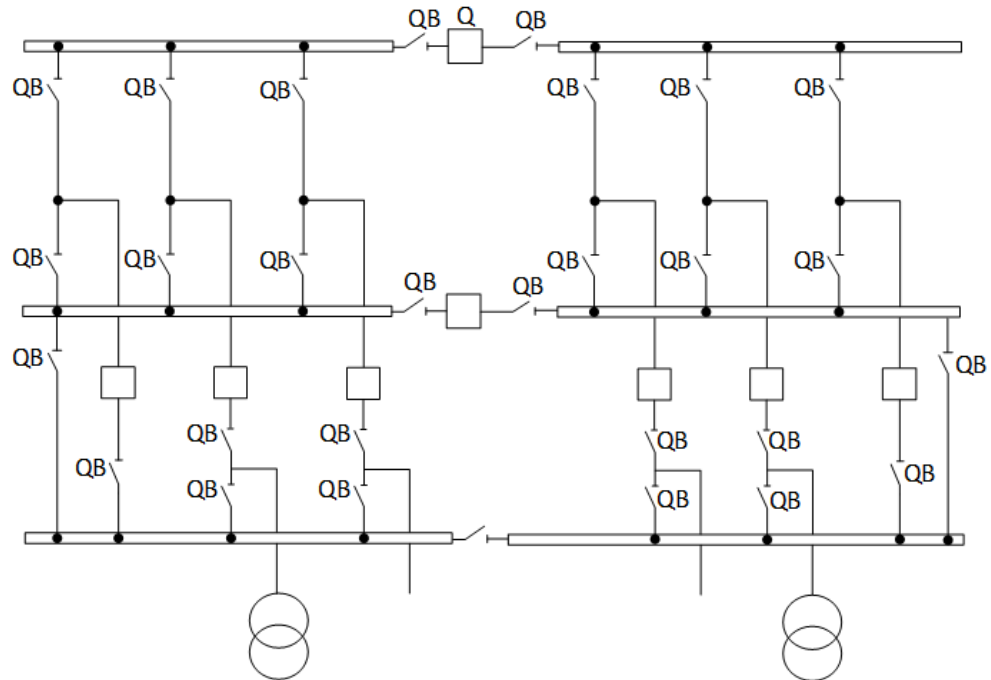


Рисунок 1.5 - Обхідна схема шин і обхідні вимикачі

РУ із двома системами збірних шин є складними. Тому їх застосовують лише при напругах 110 – 220 кВ і великій кількості приєднань.

Розглянуті вище схеми з 1-єю й 2-ма системами збірних шин являються схемами радіального виду. Характерними рисами цих схем є наступні: приєднання із навантаженнями й джерелами енергії збігаються в центр розподільної установки – на збірні шини, тому пошкодження в цій зоні призведуть до відключень групи приєднань; ремонт вимикачів, які встановлені у відгалуженнях збірних шин, призводить до відключення відповідних приєднань, а побудова обхідних пристроїв приводить до значного ускладнення РУ; роз'єднувачі окрім основного призначення – відділення частин, які ремонтуються, від тих, що знаходяться під напругою – використовуються також для зміни схеми, внаслідок цих операцій значно знижується надійність РУ.

1.1.3 Схеми кільцевого типу

Разом із схемами радіального типу розглянутими в попередніх підрозділах одержали поширення схеми кільцевого типу, які за принципом виконання відрізняються від радіальних. Їхні особливості полягають у наступному:

- схема представляє з себе коло або декілька з'єднаних між собою кіл з відгалуженнями до навантажень і джерел енергії ;
- щоб відключити гілку потрібно відключити два вимикачі, (деякі гілки відключаються 3-ма вимикачами), вони секціонують всі кільця відповідно до числа приєднань;
- під час вимкнення будь-якого вимикача для ремонту, не погіршується робота інших гілок;
- при пошкодженнях в межах розподільної установки не відключиться весь пристрій або навіть значна його частина;
- роз'єднувачі тут використовуються тільки за своїм прямим призначенням.

Проста кільцева схема. Також називається схемою багатокутників. Збірні шини в цих схемах замкнуті в кільце. Секціонування виконується за допомогою вимикачів за числом приєднань.

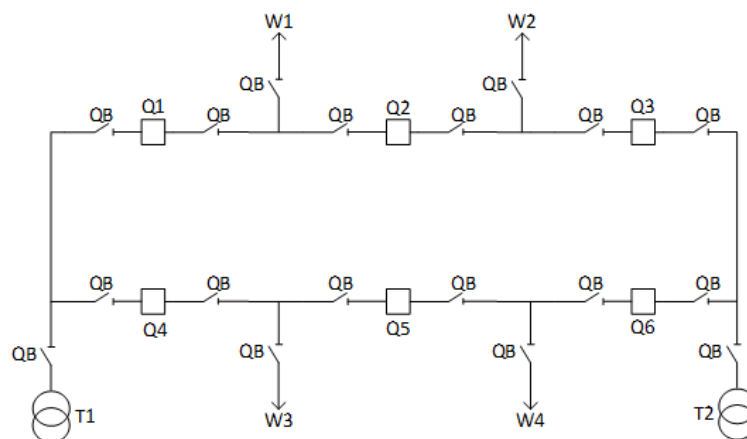


Рисунок 1.6 – Кільцева схема

На відгалуженнях збірних шин передбачаються тільки роз'єднувачі.

Зовнішнє КЗ на будь-якому приєднанні виключається двома вимикачами. При цьому кільце розмикають, але всі гілки, крім пошкодженої, залишаються в роботі. Після такого відключення пошкоджену гілку необхідно відключити з допомогою лінійного роз'єднувача й увімкнути вимикачі, щоб кільце не було розімкнутим.

Замикання в зоні збірних шин відповідає замиканню на відгалуженні й призводить до вимкнення лише 1-ого приєднання. Якщо замикання у вимикачі або відмова вимикача при зовнішнім замиканні, то це призводить до відключення двох гілок.

Негативним сторонами РУ з одним кільцем є. При розмиканні кільця, наприклад під час ремонту вимикача, зовнішнє замикання може привести до відключення разом з пошкодженою гілкою також сусідньої неушкодженої. Для прикладу, якщо під час ремонту вимикача Q1 відбудеться КЗ на лініях W2 або W3, то разом з пошкодженою лінією вимкнеться лінія W1 або трансформатор T1. Це відбудеться тому, що кожен вимикач захищає по дві гілки. Роботу неушкоджених гілок, що вимкнулись, можна швидко поновити, для цього досить відключити лінійний роз'єднувач ушкодженої гілки й увімкнути вимикачі, що вимкнулися.

Схеми зв'язаних кілець. Дані схеми можуть бути використані при великій кількості приєднань. Схема наведена нижче має два кільця з дев'ятьма приєднаннями, а загальна кількість вимикачів дорівнює 10. На відміну від попередньої, в розглянутій схемі частина гілок відключається трьома вимикачами (гілки W2 й W1). Зв'язок кілець дозволяє підняти надійність РУ. Шанс відключення неушкоджених гілок при ремонті вимикачів і зовнішніх коротких замиканнях зменшується. Розподіл діючого струму у кільцях в нормальному режимі й особливо при порушенні його для цієї схеми значно сприятливішим.

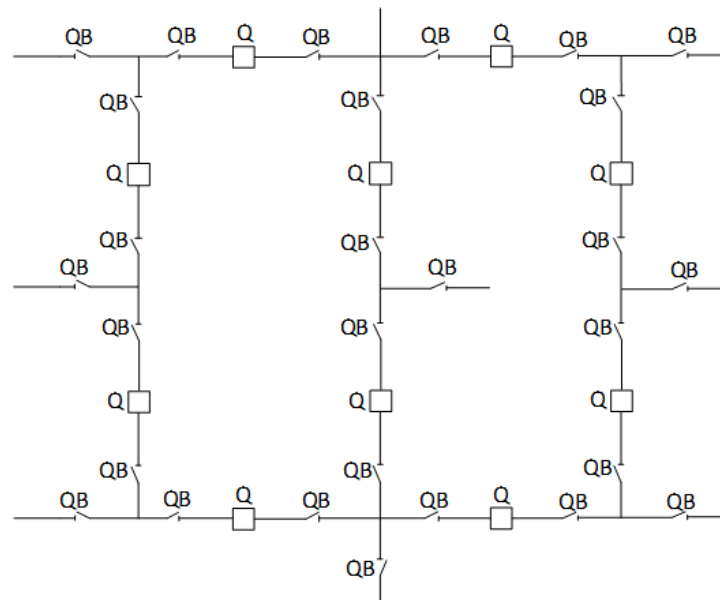


Рисунок 1.7 – – Схема два кільця з дев'ятьма приєднаннями

1.1.4 Розподільні установки з 2-ма системами збірних шин і кількістю вимикачів на кожну гілку 2, 3/2 і 4/3.

В даних установках наявні чітко виражені збірні шини і елементи кілець у вигляді ряду ланцюгів з двох, трьох і чотирьох вимикачів, що пов'язують шини. До кожного ланцюга під'єднана одна, дві чи три гілки з навантаженням і джерелами живлення.

Схеми в яких два вимикачі мають обмежене застосування через високу вартість.

Тому зараз надають перевагу схемам типу 3/2 і 4/3. Дані схеми є основними в головних розподільних установках 330 – 750 кВ підстанцій й потужних станцій з великим числом приєднань. Експлуатаційні можливості цих установок наближаються до установок зі зв'язаними кільцями, але з менш помітними недоліками. Кожна гілка вимикається тільки двома вимикачами. Шанс вимикання гілок під час ремонту вимикачів і під час зовнішніх КЗ тут менший.

Схема «3/2» (рис.1.8 б) містить 2 системи шин і 3 вимикачі на два кола, тобто півтора вимикача на коло. Використовують на напругу 330-750 кВ при великій кількості приєднань. Кожне приєднання увімкнене через два вимикачі.

Для вимкнення, напруги на Л1, потрібно відключити В2 й В1. В нормальному режимі всі вмикачі відключені, а обидві секційні шини під напругою. Для перевірки кожного вимикача його вимикають і відокремлюють з двох боків роз'єднувачами.

Переваги схеми, що забезпечують її надійність:

- 1) під час виконання перевірки будь-якого вимикача всі приєднання не вимикаються;
- 2) усі приєднання не вимикаються навіть при пошкодженні на СШ;
- 3) схема дозволяє в робочому режимі за допомогою роз'єднувачів проводити випробування вимикачів (виконання профілактичних робіт вчасно, підвищує надійність роботи устаткування);
- 4) немає ШСВ.

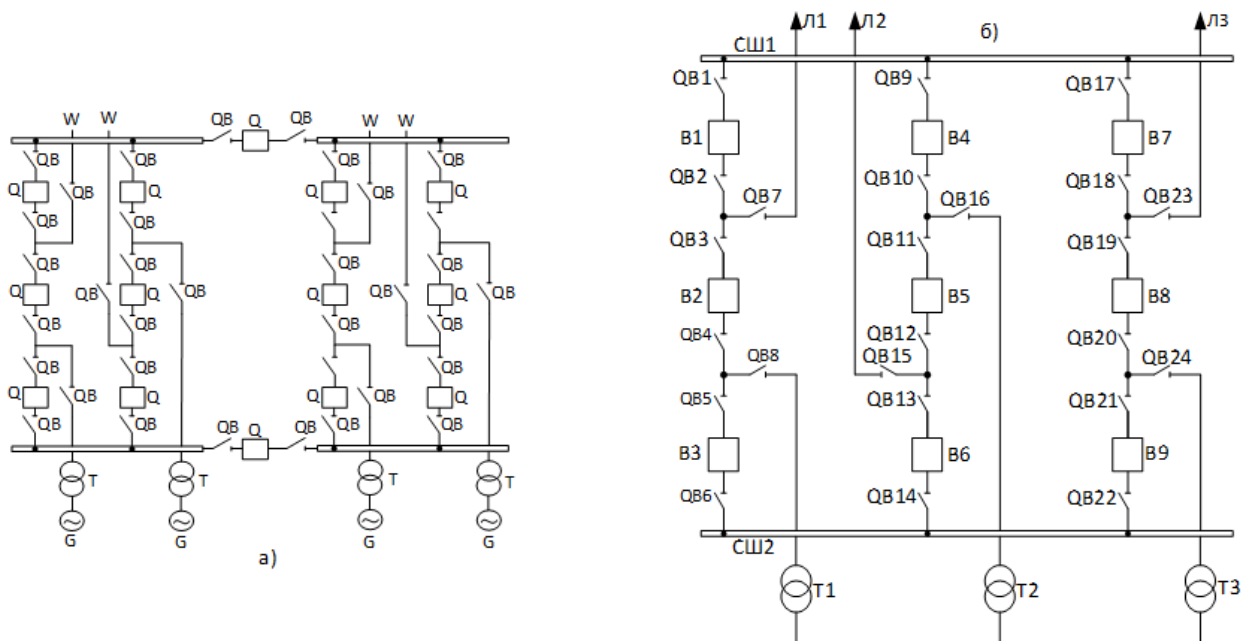


Рисунок 1.8 – Схема три вимикачі на два приєднання

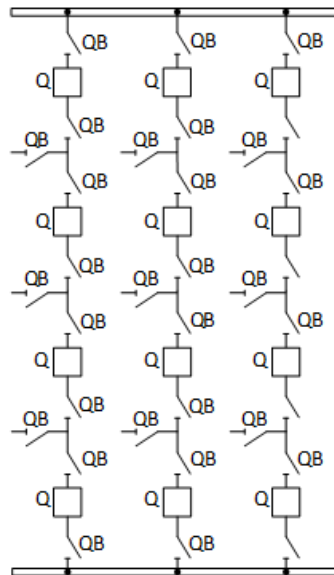


Рисунок 1.9 – Схема чотирьох вимикачів на три приєднання

А схема 4/3, тобто чотири вимикачі на три приєднання (рис.1.9) є хоча такою ж надійною як схема розглянута трохи вище, але дана компоновка вимагає більше затрат на вимикачі, так як тут їх кількість є більшою, а також вимагає більше місця в зв'язку з більшою кількістю обладнання.

Дана схема як і схема 3/2 набула популярності в використанні на потужних електричних станціях та підстанціях, великих промислових та енергоємних виробництвах, а також на транспортній інфраструктурі.

1.1.5 Спрощені схеми розподільних установок.

Поширені для РУ з невеликим числом приєднань. Це схеми типу трансформатор–шини, міст і подвійний міст.

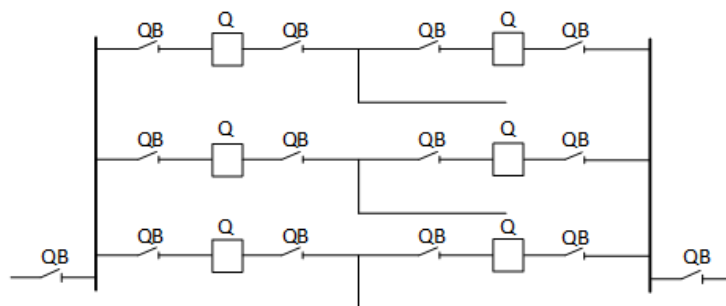


Рисунок 1.10 – Схема трансформатор-шини

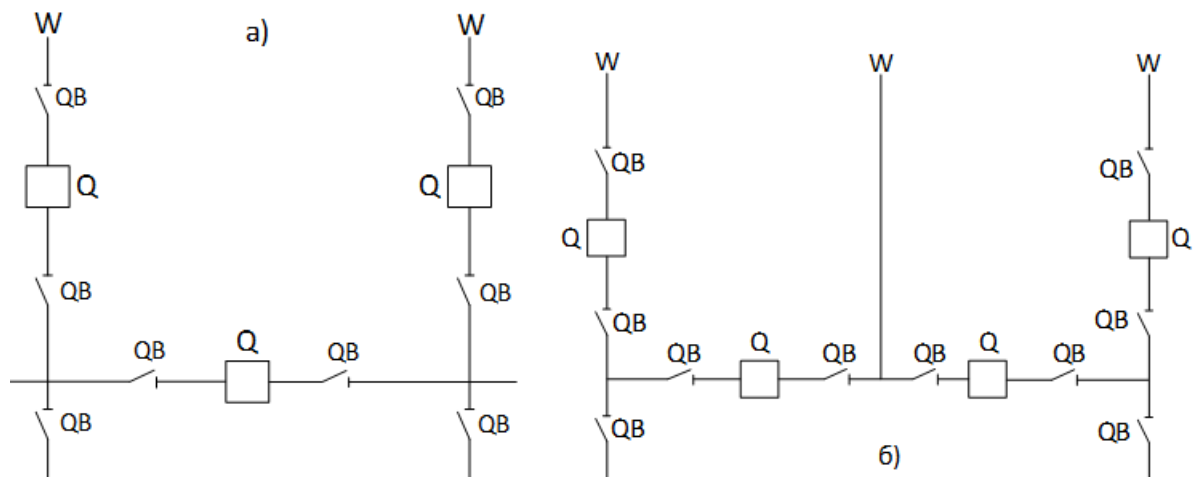


Рисунок 1.11 – Схеми а) міст та б) подвійний міст

Схема розподільної установки типу "міст" (рис.1.11, а) є однією з найпоширеніших схем в електричних мережах середньої та високої напруги. Ця схема забезпечує баланс між надійністю, гнучкістю і економічністю. Вона широко використовується на підстанціях і в розподільних мережах для забезпечення стабільного та надійного електропостачання.

Дана схема включає два паралельні ряди шин, які з'єднані між собою вимикачами і роз'єднувачами, утворюючи конструкцію у вигляді мосту. Ця конфігурація забезпечує можливість відключення будь-якої секції для технічного обслуговування або ремонту без переривання електропостачання споживачів.

Перевагами цієї схеми є:

1) Висока надійність - завдяки двом рядам шин і можливості обходу пошкоджених ділянок, система може продовжувати працювати навіть при відмові одного з компонентів;

2) Гнучкість в обслуговуванні - можливість виконувати ремонт і технічне обслуговування без значних перебоїв у електропостачанні;

3) Скорочення часу простою: Завдяки подвійній резервності, зменшується час відновлення роботи після аварійних ситуацій.

Схема "подвійний міст" (рис.1.11, б) є вдосконаленою версією попередньої схеми, яка забезпечує ще більшу надійність та гнучкість у роботі електричних мереж. Вона широко використовується на підстанціях і розподільних установках, де необхідна висока надійність електропостачання та можливість резервування.

1.2 Аналіз схем розподільних установок на підстанціях

Розподільні установки (РУ) підстанцій являють собою комплекси споруд і приладів, які призначаються для розподілу і прийому електричної енергії.

Розподільні установки на підстанціях є важливим елементом електроенергетичної інфраструктури, який забезпечує ефективний розподіл, трансформацію, захист і контроль електроенергії. Вони підвищують надійність і стабільність енергопостачання, сприяють зниженню втрат електроенергії та забезпечують безпечну експлуатацію електромереж.

До них ставлять вимоги за надійністю, економічністю, безпекою гнучкістю та ремонтпридатністю. За розташуванням в ЕЕС підстанції поділяють на чотири типи: транзитні, тупикові, вузлові й відокремлювані (рис. 1.12, 1.3)

На підстанціях використовуються такі види схем РУ як:

- 1.РУ з однією системою збірних шин;
- 2.РУ з двома системами збірних шин;
- 3.Кільцева схема;
- 4.Схема три вимикачі на два приєднання.

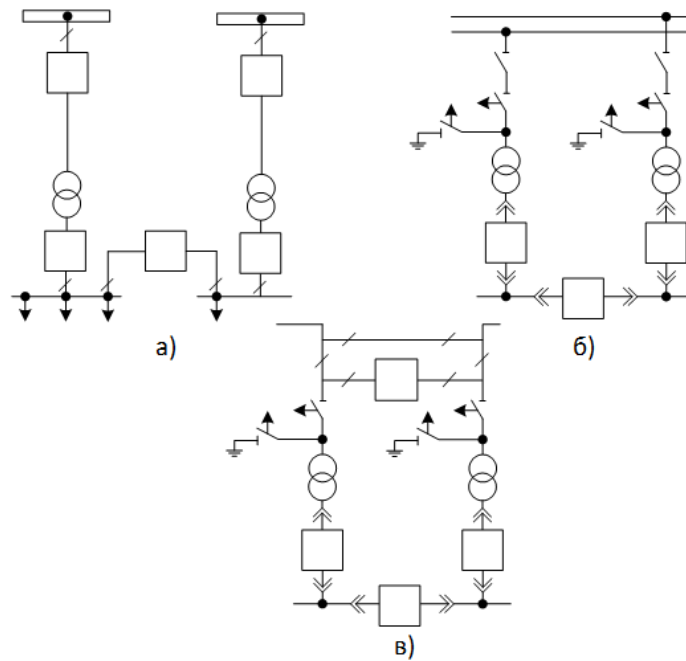


Рисунок 1.12 – Основні схеми які використовуються на підстанціях:

а) – тупикова, б) - відокремлювана, в) - прохідна

Тупикова підстанція отримує електроенергію від електроустановки по одній або декількох паралельних лініях (рис.1.12 а), вона призначена для забезпечення живлення кінцевих споживачів, які знаходяться у тупиковому або важкодоступному районі. Ця типова ситуація може виникнути, наприклад, у віддалених сільських районах або на гірських теренах, де побудова стандартної лінії передачі є складною або неможливою через віддаленість або особливості місцевості.

Ці підстанції колись виконували за спрощеними схемами без вимикачів ВН. Одно трансформаторні тупикові підстанції на стороні 35÷330 кВ виконували за схемою блок трансформатор-лінія не використовуючи комутаційної апаратури або з застосуванням одного роз'єднувача. Це при умові, якщо захист лінії є достатньо чутливим до пошкоджень у трансформаторі. А також якщо передбачається передача телевідключаючого імпульсу. Якщо передбачений кабельний ввід в трансформаторі, то роз'єднувач не встановлювався. Тупикові підстанції 35 кВ можуть бути виконані за схемою

блока трансформатор-лінія з застосуванням роз'єднувача і запобіжника. За умови, що запобіжник буде забезпечувати надійність захисту трансформатора, а також якщо буде забезпечуватись селективність з захистом ліній на стороні низької напруги. Але якщо ці умови не виконуються, то застосовують схему з відокремлювачем. Для підстанцій 35 кВ дозволяється застосування вимикачів замість відокремлювачів. Тупикові двох трансформаторні підстанції виконуються за схемою двох блоків з роз'єднувачами, запобіжниками або відокремлювачами без перемички між блоками.

Відокремлювана підстанція приєднується відпайкою до однієї або декількох транзитних ЛЕП (рис.1.12 б), відокремлювані підстанції забезпечують більшу гнучкість у розподілі електроенергії та підвищують надійність системи, оскільки вони дозволяють локалізувати та ізолювати проблемні ділянки.

Ця підстанція має окреме обладнання, таке як вимикачі, розподільні трансформатори та інші пристрої, для кожної лінії або групи споживачів. Це дозволяє ізолювати одну лінію або групу споживачів у разі несправності або ремонту. Підстанції 35÷220 кВ з глухою відпайкою виконують за схемою двох блоків з відокремлювачами та короткозамикачами. Перемичка між блоками неавтоматична з двома роз'єднувачами. Відгалужену одно трансформаторну підстанцію виконують по схемі блока лінія - трансформатор з відокремлювачами та короткозамикачами. На підстанції 500÷750 кВ застосовується схема з двома вимикачами на приєднання.

Прохідну підстанцію підключають у розріз 1 або 2-ох ліній (рис. 1.12 в), використовується для перетворення та розподілу електроенергії від високовольтних ліній передачі до низьковольтних мереж розподілу для житлових, комерційних або промислових споживачів. Ця підстанція зазвичай розташована поблизу місць, де лінії передачі електроенергії перетинаються або проходять через дороги, вулиці або території промислових підприємств.

Якщо підстанція включається в розсічку лінії з двостороннім живленням, тоді в колах трансформаторів встановлюють відокремлювачі, а в перемичці –

вимикач. Такі схеми застосовуються на напругу 35-220 кВ на потужності трансформаторів до 125 МВ·А. В РУ 35 кВ перемичку з роз'єднувачами не встановлюють, через те що час ремонту вимикачів 35 кВ є незначним. На підстанціях 220 кВ перед відокремлювачами встановлюють роз'єднувачі. Це дозволяє зберегти транзит потужності по містку під час ремонту відокремлювача. Схема місток (рис.1.13), яка зроблена з застосуванням вимикачів, використовується, коли один із трансформаторів протягом доби при зниженні навантаження вимикається, а лінії, які живлять підстанцію, мають невелику довжину.

Схема (рис.1.13) застосовується тоді, коли лінії, які живлять підстанцію, мають значну довжину і шанс їхнього пошкодження великий. Схему містка доцільно використовувати, коли лінії ведуть на підстанцію від 1-го вузла системи, тобто якщо нема необхідності забезпечувати транзит потужності на лініях. При великій кількості приєднань на стороні високої напруги підстанції використовуються схеми з 1-єю секціонованою системою шин і з обхідною; з 2-ма несекціонованими системами шин і обхідною.

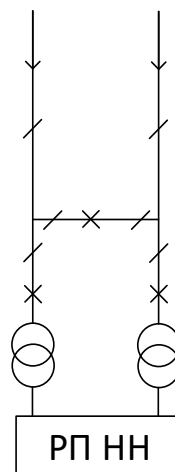


Рисунок 1.13 – Схема місток

До вузлової підстанції приєднують більше 2-ох ліній мережі різної напруги (рис.1.14). За призначенням розрізняють споживчі й системні підстанції. На шинах системних підстанцій здійснюється зв'язок окремих

районів ЕЕС або різних систем. До системоутворюючих підстанцій висувають вищі вимоги за надійністю.

На шинах 330-750 кВ підстанцій виконується зв'язок різних частин енергосистеми або зв'язок двох енергосистем. Тому до таких схем на високій напрузі висувають підвищені вимоги до надійності.

На стороні середньої напруги 110÷220 кВ потужних підстанцій застосовують схеми з робочою і обхідною системами шин або з 2-ма робочими і обхідною системами шин. Під час вибору схеми на стороні низької напруги насамперед звертають увагу на струми к.з. За необхідності глибшого обмеження струмів коротких замикань застосовуються групові реактори на колах трансформаторів. На стороні низької напруги підстанції найчастіше застосовують секціоновану систему шин в якій відокремлена робота секцій.

Колись тупикові й відокремлювальні підстанції нерідко виконувались за спрощеними схемах (без вимикачів з боку ВН) Нині підстанції будуються тільки з вимикачами. На ВН транзитних й відокроємлювальних підстанціях використовуються схеми "кілець" і "містків". Такими рішеннями забезпечують секціонування і відповідно збільшують надійність. При цьому підстанції є двотрансформаторними, при розширенні підстанції, трансформатори змінюють на потужніші, не збільшуючи їхньої кількості.

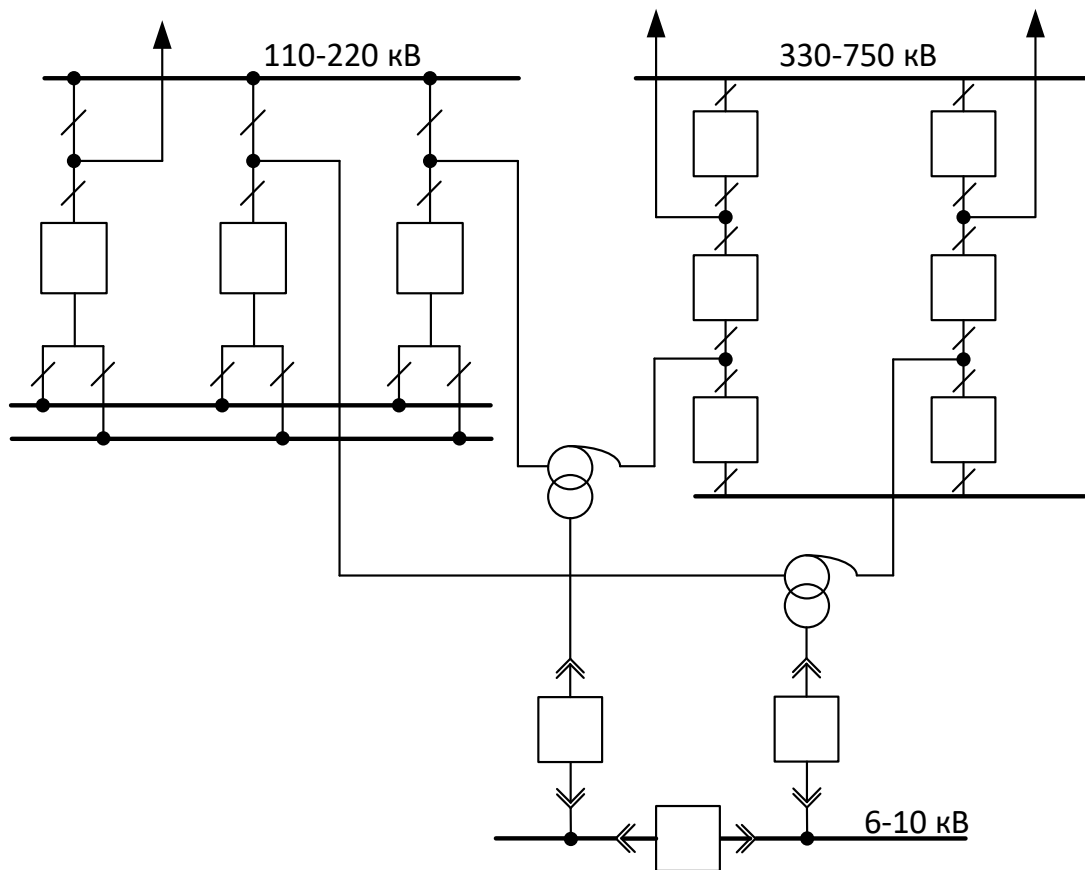


Рисунок 1.14 – Схема вузлової підстанції

При кількості приєднань на стороні ВН більше шести можуть використовувати одинарну секціоновану систему шин з ОСШ, якщо число приєднань більше десяти то використовується подвійна система шин з ОСШ. На нижчих напругах рекомендують одинарну секціоновану систему шин з нормально вимкненим секційним вимикачем. Вимикач обладнаний апаратурою автоматичного увімкнення резерву (АВР), що спрацьовує при аваріях на одному із трансформаторів або при зниженні навантаження до значень, при яких щоб зменшити втрати потужності один трансформатор відключають.

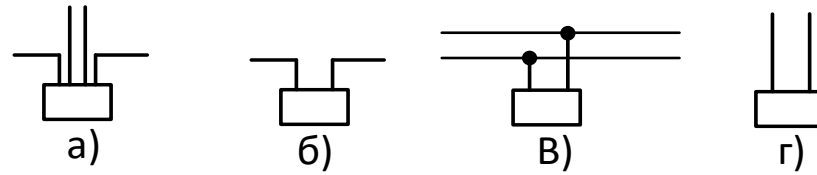


Рисунок 1.15 - Принципові схеми положення підстанцій в мережі вищої напруги.

а) - вузлова; б) - прохідна; в) - відокремлювальна; г) - тупикова.

2 КЛАСИФІЦІЯ ТИПІВ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК

2.1 Застосування та умови експлуатації відкритих розподільних установок

Розподільна установка, яку розташовують на відкритому повітрі, є відкритою розподільною установкою. Як правило, розподільні установки напругою 35 кВ і вище споруджують на відкритому повітрі.

ВРУ як і ЗРУ, повинні забезпечувати надійність роботи, зручність обслуговування й безпеку при невеликих витратах на побудову, повинна бути забезпечена можливість розширення, максимально застосувати великоблочні вузли заводського виготовлення. Проміжок між струмоведучими частинами й від них до різних елементів ВРУ повинне відповідати до вимогам ПУЕ.

Всі апарати ВРУ розташовуються на невисоких підставах (металевих або залізобетонних) По території ВРУ передбачені шляхи проїзду для можливості механізації монтажу й ремонту устаткування. Шини можуть виконуватися гнучкими із багатодротових проводів або з твердих труб. Гнучкі шини прикріплюють з допомогою підвісних ізоляторів на порталах, а тверді - з допомогою опорних ізоляторів на металевих або залізобетонних стійках.

При використанні твердої ошиновки можна відмовитися від порталів і зменшити площу ВРУ.

Знизу під силовими масляними реакторами, баковими вимикачами й трансформаторами 110 кВ і вище передбачається маслоприймач, укладається шар товщиною не менше ніж 25 см, і при аварійних випадках масло стікає в маслосбірники. Провідники кіл керування, оперативних кіл, кіл релейного захисту, автоматики й повітропроводи прокладаються у лотках із залізобетонних конструкцій не заглиблюючи їх у ґрунт або в металевих лотках, підвішених до конструкцій ВРУ.

ВРУ має бути обгороджене.

Вони мають наступні переваги перед закритими:

- легше виконувати розширення й реконструкції;
- за всіма апаратами можна спостерігати;
- менший обсяг будівельних робіт, тому що необхідно лише підготувати площадку, побудувати дороги, спорудити фундаменти й установити опори, у зв'язку з цим зменшуються час спорудження й вартість ВРУ.

Завдяки ВРУ забезпечується оптимальний розподіл електроенергії, що дозволяє ефективно передавати вироблену енергію та мінімізувати втрати. Завдяки наявності захисних пристроїв, вони забезпечують безпеку як обладнання, так і персоналу, що обслуговує об'єкт.

В той же час ВРУ не так зручні в обслуговуванні при низьких температурах й у негоду, займають сильно більшу територію, ніж закриті, а апарати піддані запиленню, коливанням температури й забрудненню.

Основними компонентами ВРУ є:

- 1) трансформатори, їх використовують для зміни значення напруги, для того щоб вона відповідала вимогам споживачів та мережі;
- 2) пристрої для комутації, на ВРУ містяться вимикачі, роз'єднувачі, та інші комутаційні апарати, якими можна вимикати деякі частини електричної мережі задля обслуговування, ремонту або під час аварійних ситуацій;
- 3) захист і автоматика, релейний захист і автоматика є невід'ємною частиною ВРУ, оскільки вони забезпечують автоматичне відключення пошкоджених ділянок мережі, а це запобігає поширенню аварій та зменшує їх наслідки;
- 4) системи моніторингу та контролю, вони дозволяють оперативно відстежувати стан обладнання та параметри електроенергії, яка розподіляється, це робиться задля забезпечення стабільної і надійної роботи електростанції;
- 5) розподільні щити, ВРУ включають в себе розподільні щити, які містять пристрої для комутації та захисту, цим забезпечується розподіл електроенергії між різними лініями та споживачами.

Збірні і з'єднувальні шини ВРУ виконують жорсткими алюмінієвими

трубами на опорних ізоляторах (інколи на натяжних гірляндах) або неізольованими гнучкими сталевими трубами на опорних ізоляторах.

Жорсткі шини дозволяють застосовувати більш простіші несучі конструкції, спрощують обслуговування ізоляторів через меншу висоту розташування струмопроводів, усунути небезпеку обривів в колах збірних шин і їх відгалужень, зменшити розміри РУ. Але ціна жорстких шин дещо більша за вартість гнучких шин. Щоб закріпити жорсткі шини потрібні більш дорогі і менш надійні опорні ізолятори, з'являється необхідність в установці компенсаторів теплового подовження. Вид ошинування тісно зв'язаний з схемою електричних з'єднань розподільної установки і компонованням його обладнання. В ряді компоновань зручно поєднувати гнучкі та жорсткі шини.

Для того щоб закріпити гнучкі провoda передбачаються портали, для жорстких шин і апаратів – виконують опори у вигляді стільців та стійок або теж портали. Нині всі несучі конструкції – портали, фундаменти, опори виготовляються із збірних залізобетонних елементів. Сталеві конструкції застосовуються тільки в двох випадках: при виникненні труднощів з отриманням або доставкою залізобетонних елементів та при великих розрахункових згинальних навантаженнях (можуть мати місце в ВРУ 330 кВ і вище, якщо колони та траверси мають довжину більше двадцяти метрів)

Електричні апарати ВРУ розміщують зазвичай в горизонтально, а з'єднувальні шини – в один або кілька ярусів. Електрообладнання одного приєднання займає горизонтальну смугу, яка називається коміркою. Жодних перегородок між обладнанням різних приєднань або в межах 1-ого приєднання, не роблять.

Надійність ВРУ отримується завдяки дотриманні достатніх ізоляційних відстаней в повітрі між струмопровідними частинами різних фаз і між струмопровідними і заземленими частинами. При жорстких шинах ці відстані мають бути не менші ніж нормовані значення.

Безпеку забезпечують розташуванням струмопровідних частин на достатньо великій висоті: нижній край фарфору ізоляторів апаратів повинен

бути розташований над рівнем поверхні на висоті не менше 2,5 м, а струмопровідні частини – на висоті не менше нормованих значень. Якщо за умовами компоновки або монтажу ці вимоги неможливо виконати, то встановлюються внутрішні огороження висота яких 1,6 м. Проміжок по горизонталі від елементів ізоляції або струмопровідних частин до внутрішнього огороження має бути не меншою ніж нормоване значення.

Обладнання приєднань розташовується на достатньо великій відстані одне від одного, цим забезпечується можливість безпечного ремонту обладнання даного приєднання при цьому не відключаючи сусідні.

Для зручності обслуговування (ремонту, монтажу, випробування та заміни обладнання) передбачається проїзд вздовж ряду вимикачів. Він повинен бути не меншим ніж чотири метра по ширині і висоті. Він дозволяє застосовувати пересувні монтажно-ремонтні механізми, пристосування і лабораторії, а також перевозити обладнання територією РУ коли необхідно його замінити. Висота струмопровідних частин над проїздом повинна бути вибрана таким чином, щоб відстані від них до габаритів механізмів та автотранспортного обладнання були б не менші нормативного значення.

На території ВРУ можуть встановлювати обладнання з великим об'ємом масла (більше 1000 кг в одиниці) – багатооб'ємні масляні вимикачі, трансформатори, реактори. Щоб запобігти розтікання масла і поширенню пожежі при ушкодженні цього обладнання під ним будують маслосбиральні ями, засипані ґравієм. Маслоприймальник розрахований на поглинання повного об'єму масла реактора або трансформатора і на 80% масла для багатооб'ємного масляного вимикача. Фундаменти маслонаповненого обладнання виконуються з негорючих матеріалів.

Вибір компоновки ВРУ виконується на підставі техніко-економічного порівняння пари варіантів. Під час їх порівняння, крім загальних вимог які описані в ПУЕ, враховують ще електричну схему РУ, яка проектується, наявність типових компонувань та її розташування в загальному генплані станції. Основними техніко-економічними показниками є: розміри та площа

РУ, крок комірки; число ізоляторів; вартість матеріалів і будівельно-монтажних робіт.

ВРУ 35 кВ за схемою з однією секціонованою системою шин є блочною, тобто споруджується з блоків заводського виготовлення. В такому у ВРУ все обладнання змонтовано на заводі і готовими блоками поставляється для монтажу. Роз'єднувачі в блоках розташовані на невеликій висоті, що полегшує їх ремонт. Для безпеки блоки містять сітчасту огорожу.

В типовій компоновці ВРУ 110-220 кВ всі вимикачі розміщуються в одному ряду біля іншої системи шин, що спрощення їх обслуговування. Такі ВРУ називаються однорядними на відміну від інших компоновок, в яких лінійні вимикачі розташовані в одному ряду, а трансформаторні – іншому.

В конструкції ВРУ 330 кВ за схемою 3/2 часто застосовують компоновку з трьохрядною установкою вимикачів при цьому необхідно спорудити дороги вздовж трьох рядів вимикачів, що значно збільшує довжину осередків.

У ВРУ 500 кВ з таким же компонованням настільки виростають загальні розміри, що його важко розмістити на електростанції. Щоб зменшити розміри можливе застосування інших компоновок, наприклад з шаховим розташуванням вимикачів в два ряди.

2.2 Аналіз умов застосування закритих розподільних установок

Якщо РУ побудована всередині будівлі, то вона називається закритою.

Закриті розподільні установки зазвичай будують на напруги 3 – 20 кВ. Однак якщо площа виділена під РУ обмежена або при підвищеному забрудненні атмосфери можуть застосовуватися і на напруги 35 – 220 кВ.

РУ 6-10 кВ з одною системою шин без реакторів на лініях, що відходять, часто застосовуються в промислових установках і міських мережах. В таких РУ встановлюють маломасляні або безмасляні вимикачі невеликих розмірів, що дозволяє все обладнання одного приєднання розмістити в одній камері. Але ремонт вимикачів в цих камерах ускладнений, тому замість них сьогодні

застосовують камери з вимикачами, розташованими на викотному візку.

ЗРУ 35 – 220 кВ дорожчі відкритих розподільних пристроїв такої самої напруги, так як вартість будівлі значно більша вартості металоконструкцій і фундаментів, необхідних для відкритої установки обладнання. В ЗРУ 35 – 220 кВ використовують тільки маломасляні або повітряні вимикачі. Застосування бакових масляних вимикачів призвело б до значного збільшення ціни РУ за рахунок спорудження маслозбірних пристроїв і спеціальних камер.

Основними компонентами ЗРУ є:

- 1) комутаційні апарати, тобто вимикачі та роз'єднувачі, їх використовують для комутації електричних кіл, забезпечення безперебійної роботи та відключення деякої частини обладнання не вимикаючи весь об'єкт;
- 2) трансформатори струму та напруги, їх використовують для вимірювання та трансформації параметрів, задля забезпечення нормальної роботи пристроїв захисту та моніторингу;
- 3) пристрої релейного захисту та автоматики, забезпечують автоматичне відключення пошкоджених ділянок мережі, запобігаючи аваріям та пошкодженням обладнання;
- 4) розподільні щити, ЗРУ включають в себе розподільні щити, які містять пристрої для комутації та захисту, цим забезпечується розподіл електроенергії між різними лініями та споживачами.

Так само як для ГРУ 6 – 10 кВ, найбільш оптимальним є застосування комплектних РУ 35 – 110 кВ.

Щоб побудувати РУ необхідно знати розміщення обладнання по камерах, для цього спочатку складається схема заповнення.

Схемою заповнення називається електрична схема увімкнення основного обладнання й апаратури, що показує їх дійсне взаємне розміщення.

Схема заповнення умовно, без дотримання масштабу показує контур приміщення й камер, розташування обладнання. Вона полегшує складання специфікації на устаткування, розуміння конструкції РУ, але не заміняє конструктивних креслень РУ. В деяких випадках зображується план РУ, і на

ньому умовними позначками показують розміщення устаткування.

Для безпеки і зручності обслуговування обладнання розташовують рядами в камерах – закритих і огорожених. Вздовж камер передбачають коридори обслуговування. Струмообмежувальні реактори встановлюють в закритих камерах і для них створюється природня проточна вентиляція. Повітря поступає в камери через вентиляційний канал, який розташований під камерами, або через коридори обслуговування, охолоджує реактори і виходить зовні. Закриті камери також забезпечують хорошу локалізацію пошкодження, яке виникло в реакторі. Решту обладнання, встановлюють у відкритих камерах, які захищені з боку коридора сітчастими огороженнями. В результаті все обладнання і ошиновку добре видно. Рукоятки ручних приводів роз'єднувачів, приводи вимикачів, панелі апаратів захисту і керування розташовуються поза камерами – на їх зовнішніх стінах і на підлозі коридору, біля стін відповідної камери.

Переваги ЗРУ:

- 1) безпека, обладнання захищене від доступу сторонніх осіб, що значно знижує ризик випадкових уражень електричним струмом;
- 2) захист від навколишнього середовища, обладнання захищене від впливу пилу, вологи, корозії та інших шкідливих факторів;
- 3) компактність, ЗРУ є більш компактними, оскільки не потребують значних захисних відстаней між елементами обладнання;
- 4) надійність, зменшення ризику пошкодження обладнання через вплив зовнішніх факторів підвищує надійність роботи системи;
- 5) обслуговування, умови для технічного обслуговування є більш сприятливими, оскільки обладнання розташоване в захищеному середовищі.

Закриті розподільні установки (ЗРУ), незважаючи на численні переваги, також мають недоліки. Основними недоліками ЗРУ є:

- 1) висока вартість, вартість закритих розподільних установок зазвичай вища, ніж відкритих, через необхідність побудови спеціальної будівлі, використання ізоляційних матеріалів та систем вентиляції;

2) вентиляція і охолодження, в ЗРУ може виникати проблема з тепловиділенням, що потребує додаткових систем вентиляції та охолодження;

3) обмежені можливості для модернізації, через компактність та обмежений простір всередині приміщення, модернізація або розширення ЗРУ є ускладненою або вимагає значних витрат;

4) вплив на експлуатаційну безпеку, хоча ЗРУ забезпечують високий рівень захисту від зовнішніх факторів, у разі виникнення внутрішніх поломок (наприклад, короткого замикання), можливі значні пошкодження, які складніше усунути у закритому просторі.

Закриті розподільні установки є критично важливими для забезпечення надійної та безпечної роботи електричних мереж в умовах, де важливі захист від зовнішніх факторів, компактність і висока надійність. Незважаючи на вищі початкові витрати та складність обслуговування, їх переваги в багатьох випадках перевищують недоліки, роблячи їх ефективним рішенням для сучасних електричних систем.

2.3 Конструктивні особливості та умови застосування комплексних розподільних установок

КРУ це спеціальне обладнання, призначене для прийому, розподілу та захисту електроенергії в електричних мережах. Воно може бути встановлено на підстанціях або інших об'єктах, де потрібно розподіляти електроенергію між споживачами або електричними мережами.

Через свої переваги КРУ набули широкого поширення на системах власних потреб електричних станцій.

Використанням КРУ досягаються:

1) максимальна індустріалізація монтажних робіт, що різко скорочує монтажні роботи на місці встановлення і терміни за які споруджується РУ;

2) підвищення надійності роботи РУ;

3) підвищення безпеки обслуговування; зменшення будівельного

майданчика під РУ;

4) можливість швидкої заміни ушкодженого вимикача (якщо використанні шафи з вимикачем на викатному візку)

Викатний візок може перебувати в трьох положеннях: робоче (візок знаходиться в корпусі шафи, первинні і вторинні кола в цьому положенні замкнуті); випробувальне (візок в корпусі шафи, але первинні кола є розімкнутим, а вторинні замкнутим); ремонтне (візок стоїть поза корпусом шафи, первинні і вторинні кола розімкнуті) У робочому й випробувальному положеннях візок зафіксовується спеціальним пристроєм.

На викатному візку також монтують розрядники, запобіжники, трансформатори напруги, різні контактні з'єднання головного ланцюга.

Для ізоляції між струмопровідними частинами різних фаз, також між струмопровідними та заземленими частинами можуть використовувати газ (повітря, елегаз), масло та твердий діелектрик (полівінілхлорид, епоксидна смола, поліетилен)

Основними елементами КРУ являються:

1) високовольтні вимикачі, їх використовують для комутації електричних кіл під навантаженням, а також для їх безпечного включення та відключення, використовуються такі типи як масляні, вакуумні та елегазові;

2) роз'єднувачі, використовують для безпечного відключення електричних кіл при відсутності навантаження, а також створюють видимий розрив для проведення обслуговування і ремонтів;

3) трансформатори струму та напруги, знижують високі значення напруги та струму до оптимальних величин на які розраховані пристрої захисту, а також забезпечують точне вимірювання параметрів електричної енергії;

4) пристрої релейного захисту та автоматики, захищають електричні кола від коротких замикань і перевантажень, також забезпечують автоматичне відключення пошкоджених ділянок мережі для запобігання поширенню аварій;

5) розподільні шини, використовуються для розподілу електричної

енергії між лініями та споживачами, можуть виконуватись у вигляді мідних або алюмінієвих шин;

6) розподільні щити, включають в себе комутаційні та захисні апарати для розподілу електроенергії, а також забезпечують зручний доступ до обладнання для обслуговування та моніторингу;

7) системи для контролю і моніторингу, забезпечують постійний моніторинг стану обладнання і параметрів роботи системи, включають в себе датчики і пристрої для вимірювання параметрів електричної енергії.

КРУ складаються з різноманітних елементів, які працюють разом для забезпечення ефективного розподілу електричної енергії, захисту електрообладнання і безпеки персоналу. Кожен елемент відіграє важливу роль у забезпеченні стабільної і надійної роботи установки.

Для КРУ з масляною й газовою ізоляцією можливе виготовлення на високі напруги (у світовій практиці є конструкції на 220, 400 й 500 кВ) У КРУ застосовують як звичайні апарати так і спеціально призначені для КРУ, одночасно можливе застосування і тих і інших. Наприклад, на КРУ 6-10 кВ застосовують вимикачі звичайної конструкції, а замість роз'єднувачів - втичні контакти.

Кожна РУ, яку проектують, складається з комірок різних приєднань: вводів живлення, кабельних і повітряних ліній (що відходять), секційних зв'язків, розрядників і шинних трансформаторів напруги, трансформаторів власних потреб тощо. Тому виробники кожної серії КРУ випускають цілі набори шаф для різних приєднань згідно до електричних схемам. Всі шафи з однієї серії для зручності компонування мають однакові габарити. Так як номінальні струми секційних зв'язків і вводів живлення є значно більшим за номінальні струми інших приєднань, то для них завод передбачає додаткову серію шаф. Габарити даних шаф (ширина, висота) є трохи більшими габаритів основної серії.

Комплектні розподільні пристрої можуть бути виконані як для зовнішньої(в цьому випадку їх називають КРУЗ), так і для внутрішньої

установки. Їх широко застосовують в тих випадках, коли необхідно компактно розмістити розподільну установку. Зокрема, КРУ застосовуються на міських підстанціях, електричних станціях, в схемах енергоспоживання підприємств, для живлення об'єктів нафтової промисловості (нафтопроводи, бурові установки).

КРУЗ призначені для зовнішньої установки і складаються з металевих шафок з вбудованими в них обладнанням, пристроями захисту і управління.

Шафи КРУЗ містять ущільнення, завдяки яким забезпечується захист обладнання від атмосферних опадів і забруднення. Так як шафи не можуть бути абсолютно герметичні, то КРУЗ не призначені для роботи в середовищі з вологістю повітря більше 80%, вибухонебезпечних, пожежонебезпечних, а також в середовищі з хімічно активними газами і струмопровідним пилом. КРУЗ розраховані для роботи при температурах навколишнього середовища від -40 до + 35 °С. В деяких серіях КРУЗ передбачений штучний підігрів повітря всередині шафи для створення умов, що перешкоджають конденсації вологи при різких змінах температури навколишнього повітря.

КРУЗ може мати різну конструкцію в залежності від обладнання, різні схеми головних і допоміжних з'єднань, тому при їх виборі орієнтуються на схеми і каталоги.

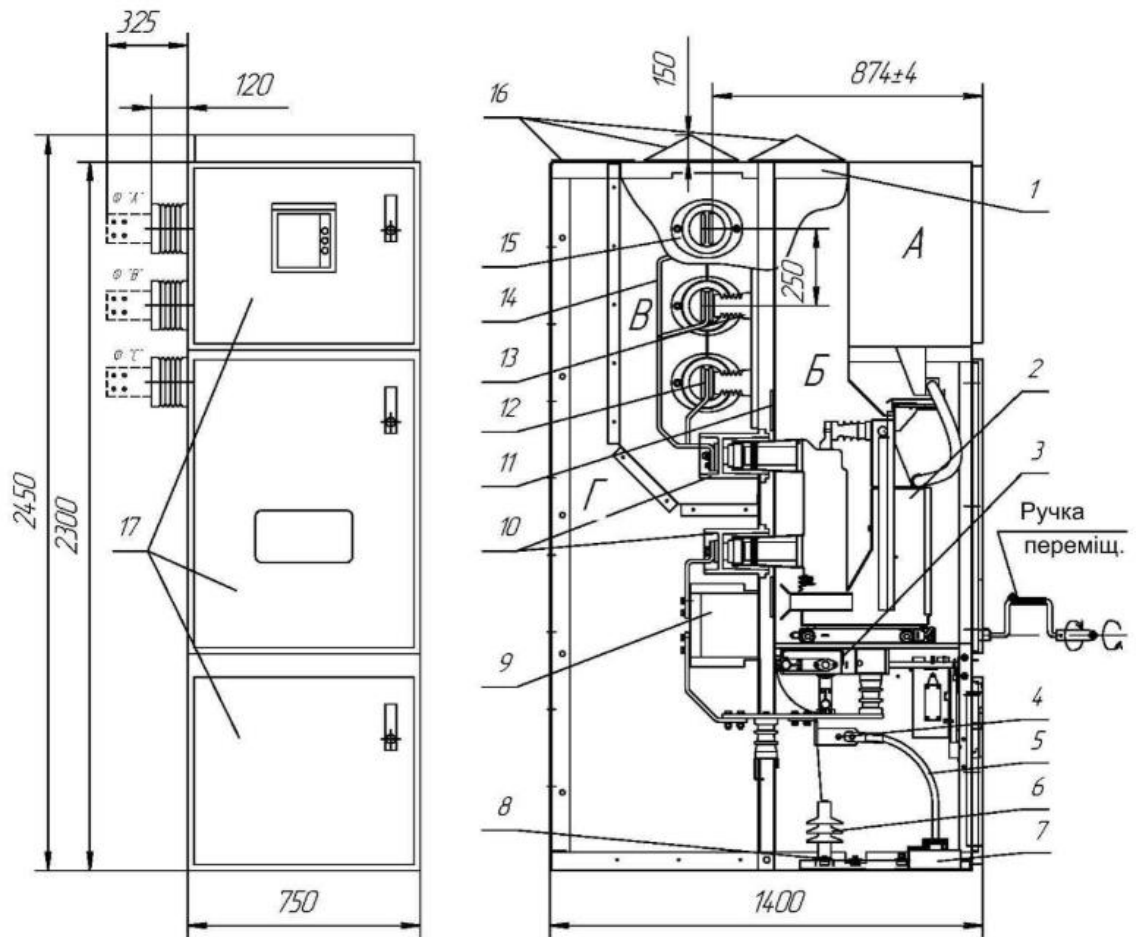


Рисунок 2.1 – Основні елементи шафи КРУ серії КУ 10С

А – релейний відсік; Б – відсік висувного елемента; В – відсік збірних шин; Г – відсік трансформаторів струму та лінійних шин; 1 – це каркас; 2 – є висувним елементом; 3 – заземлювач; 4 – це контакт; 5 – є силовим кабелем; 6 – це обмежувач перенапруги; 7 – це трансформатор струму нульової послідовності; 8 – шина заземлення магістральна; 9 – трансформатор струму; 10 – втулка; 11 – шторковий механізм; 12 – шини збірні; 13 – ізолятор; 14 – відпайки збірних шин; 15 – втулка; 16 – клапани; 17 – двері

Корпуси шаф КРУ при монтажі безпосередньо заземлюють на металеві закладні елементи. А ще, кожна шафа має магістральну шину заземлення, яку можна підключити до контуру заземлення розподільної установки. Проводи схем допоміжних кіл у відсіках шаф, де розташоване обладнання 10 кВ, відділяють перегородками або прокладають в ізоляційних трубах, за винятком

коротких ділянок, що необхідні для здійснення підключення.

Компонування і конструкція відсіка лінійних шин і трансформаторів струму залежить від схеми головних з'єднань, яка реалізована в шафі, та від номінальних параметрів шафи. У нижній частині відсіку міститься суцільне металеве дно, де виконані необхідні отвори для пропускання силових кабелів, шинного введення, контрольних кабелів а також отвори, за допомогою яких шафу фіксують до закладних елементів методом дугового зварювання.

Комплектні розподільні установки закритого типу (КРУ) мають ряд переваг, які роблять їх привабливим вибором для багатьох промислових, комерційних та інфраструктурних об'єктів. Нижче наведено основні переваги КРУ:

1) компактність, КРУ займають менше місця якщо порівнювати з традиційними розподільними установками відкритого типу, це робить їх ідеальними для використання в умовах обмеженого простору;

2) модульність, завдяки модульній конструкції, його можна легко розширювати та адаптувати до змін у вимогах до електропостачання;

3) мінімізація технічного обслуговування, завдяки захищеній конструкції, КРУ вимагають мало технічного обслуговування і мають великий термін служби;

4) стійкість до корозії, використання матеріалів які стійкі до корозії, підвищує довговічність установок;

5) швидкий монтаж, завдяки заводському складанню, КРУ легко і швидко монтуються на місці використання;

6) моніторинг і діагностика, вбудовані системи моніторингу дозволяють здійснювати постійний контроль за станом обладнання і швидко реагувати на будь-які відхилення від нормальної роботи.

КРУ бувають різних видів, залежно від конструктивних особливостей, призначення та області застосування. Основні види КРУ включають:

1) КРУ з повітряною ізоляцією (КРУ-П):

Перевагами КРУ-П є простота конструкції, легкість в обслуговуванні,

невисока вартість;

Недоліками КРУ-П є більші габарити порівняно з іншими видами КРУ, чутливість до впливу навколишнього середовища;

КРУ-П застосовуються на промислових та комерційних об'єктах, де площа не є критичною.

2) КРУ з елегазовою ізоляцією (КРУ-Е):

Перевагами КРУ-Е є компактність, висока надійність і стійкість до впливу навколишнього середовища, низькі експлуатаційні витрати.

Недоліками КРУ-Е є вища вартість, складність утилізації елегазу.

КРУ-Е застосовуються на об'єктах з обмеженою площею, міських підстанціях, критично важливих об'єктах.

3) КРУ з вакуумними вимикачами (КРУ-В):

Перевагами КРУ-В є довговічність, низькі експлуатаційні витрати, екологічність (відсутність газів, шкідливих для навколишнього середовища);

Недоліками КРУ-В є вища вартість у порівнянні з повітряними установками;

КРУ-В застосовуються на промислових та енергетичних об'єктах, де важлива довговічність і надійність.

4) КРУ з твердим діелектриком (КРУ-ТД):

Перевагами КРУ-ТД є компактність, висока надійність, стійкість до вологи та забруднень;

Недоліками КРУ-ТД є вища вартість, складність ремонту;

КРУ-ТД застосовуються на вибухонебезпечних середовищах, нафтових платформах, морських суднах.

5) КРУ з комбінованою ізоляцією:

Перевагами КРУ з комбінованою ізоляцією є оптимізація характеристик різних видів ізоляції, підвищена надійність.

Недоліками КРУ з комбінованою ізоляцією є складність конструкції, висока вартість.

КРУ з комбінованою ізоляцією використовуються на об'єкти з високими

вимогами до надійності та безпеки, особливо складні умови експлуатації.

6) Модульні КРУ:

Модульні КРУ складаються з окремих модулів, що дозволяє легко розширювати і модифікувати установку.

Перевагами модульних КРУ є гнучкість, можливість швидкої адаптації до змін у вимогах.

Недоліками модульних КРУ є вища початкова вартість.

Модульні КРУ застосовуються на об'єктах з динамічними вимогами до електропостачання, де важлива можливість швидкої модернізації.

7) Мобільні КРУ:

Мобільні КРУ - розподільні установки, розміщені на рухомих платформах для тимчасового використання.

Перевагами мобільних КРУ є мобільність, швидке розгортання і згортання.

Недоліками мобільних КРУ є обмежена потужність, залежність від умов транспортування.

Мобільні КРУ застосовуються на тимчасових електропостачальних установках, для аварійного електропостачання, на будівельних майданчиках.

КРУ набули широкого розповсюдження при використанні на відновлювальних джерелах енергії та інших електричних станціях. Відповідно до виду електричних станцій КРУ мають свої особливості:

1. Сонячні електростанції (СЕС)

Інверторні системи, КРУ інтегруються з інверторами, які перетворюють постійний струм (DC) від сонячних панелей у змінний струм (AC);

Розподіл енергії, забезпечують розподіл електроенергії від сонячних панелей до мережі або безпосередньо до споживачів;

Захист, захищають інвертори та інше обладнання від перевантажень та коротких замикань.

2. Вітрові електростанції (ВЕС)

Трансформаторні підстанції, КРУ використовуються для трансформації

напруги, яка генерується вітровими турбінами, до рівня, який підходить для передачі або розподілу;

Захист і контроль, забезпечують захист від коротких замикань та моніторинг стану турбін та іншого обладнання.

3. Гідроелектростанції (ГЕС)

Розподіл енергії, КРУ використовують для розподілу електроенергії, генерованої гідроелектростанціями, до локальних або регіональних мереж;

Стабільність мережі, забезпечується висока стабільність і безперебійність роботи мережі, захищаючи від перепадів напруги та інших небажаних ситуацій.

КРУ забезпечують ефективний, надійний та безпечний розподіл електроенергії, це робить їх оптимальним вибором для сонячних, вітрових, гідроелектричних установок. Завдяки своїм численним перевагам, КРУ сприяють розвитку та впровадженню відновлюваних джерел енергії по всьому світі.

2.4 Умови застосування та характерні особливості комплексних розподільних установок з ізоляцією із елегазовою

Застосування як середовища для ізоляції і для гасіння елегазу, дозволяє створити компактні КРУ на вищі напруги а також можна зменшити площі. Ця перевага особливо вагома для електроустановок, які розташовують на територіях промислових комплексів, в густонаселених районах або в умовах складного рельєфу місцевості. Крім компактності, КРУЕ мають ще такі переваги відносно ВРУ:

1) надійність в роботі, елегаз є чудовим ізоляційним матеріалом, який забезпечує високу стійкість до електричних розрядів, коротких замикань та інших ненормальних режимів роботи;

2) безпека в обслуговуванні, завдяки високій надійності та захищеності на КРУЕ зменшуються ризики для обслуговуючого персоналу під час

експлуатації та обслуговування;

3) захищеність від зовнішніх факторів, елегазова ізоляція забезпечує захист від впливу вологи, пилу, агресивних хімічних середовищ та інших зовнішніх факторів;

4) безшумність при роботі вимикача;

5) мінімальні потреби в обслуговуванні, елегаз має довгий термін служби, це зумовлено високою зносостійкістю, а також не потребує часткої заміни або обслуговування, це знижує експлуатаційні витрати;

6) висока швидкість реакції, завдяки сучасним технологіям та високій якості обладнання, КРУЕ швидко реагують на зміни в електричній мережі, забезпечуючи стабільну та надійну роботу.

7) широкий діапазон застосування, КРУЕ можуть використовуватися в різних умовах та на різних об'єктах, включаючи міські мережі, промислові підприємства, електростанції та інфраструктурні об'єкти.

Не зважаючи на переваги КРУЕ також має численні недоліки, ось основні з них:

1) первісні інвестиції, КРУЕ мають високу початкову вартість якщо порівнювати з іншими видами розподільних установок;

2) утилізація та переробка елегазу після закінчення терміну служби обладнання потребує спеціальних процедур і є дорогою;

3) механічні пошкодження, елементи КРУЕ є чутливими до пошкоджень під час транспортування та монтажу, а це вимагає обережного поводження та спеціальних заходів захисту;

4) індивідуальні проекти, кожен проект КРУЕ може вимагати індивідуального підходу і адаптації до конкретних умов експлуатації, що може збільшити час і вартість проектування та впровадження.

Попри численні переваги, такі як висока надійність, компактність і безпека, КРУЕ мають і свої недоліки, включаючи високу вартість, екологічні проблеми та складність обслуговування. Ці фактори необхідно враховувати при плануванні, виборі та експлуатації розподільних установок.

Кожний елемент КРУЕ – вимикач, ввід, роз'єднувач тощо – поміщають в металевий герметичний заземлений блок, заповнений елегазом з підвищеним тиском. Корпуси цих блоків з'єднуються за допомогою газощільних фланців, а електричні з'єднання елементів – контактами розеточного типу.

Блоки, які відокремлені один від одного газощільними перегородками, утворюють систему відсіків. Система відсіків дозволяє у випадку втрати герметизації в одному з елементів – в аварійних умовах або при необхідності заміни одного з елементів – зберегти газове наповнення в іншій частині комірки КРУЕ.

В більшості випадків КРУЕ виконують з розділеними фазами, тобто з пофазно рознесеним обладнанням. Відповідно і збірні шини мають фазні кожухи.

В зв'язку з тим, що КРУЕ для кожної з напруг виконуються з типових вузлів, її можуть виготовити під будь-яку схему електричних з'єднань – з однією системою збірних шин, за схемою багатокутника, за схемою 3/2 або 4/3 вимикача на приєднання тощо.

Елегаз має високі дугогасильні і електроізоляційні властивості, негорючий, не токсичний, не утворює вибухонебезпечних сумішей.

На основі його властивостей створені комплекси електричних апаратів, що утворюють комплектні розподільні пристрої з елегазової ізоляцією.

КРУЕ якщо порівнювати з РУ іншого типу мають значно менші розміри, більшу стійкість до впливів навколишнього середовища, високу експлуатаційну надійність і порівняно невеликі експлуатаційні витрати.

Менші розміри КРУЕ дозволяють широко їх використовувати на підстанціях. Нині існує завдання гармонійного вписування РУ в навколишнє середовище КРУЕ, завдяки порівняно невеликим розмірам, дозволяють вирішувати цю задачу найбільш ефективно. Область їхнього застосування продовжує розширюватися, незважаючи на вартість, що перевищує вартість РУ звичайного типу.

Економічне порівняння КРУЕ і ВРУ показує, що за вартістю основного

обладнання високої напруги КРУЕ майже в два рази дорожче ВРУ. Але все ж повні витрати підстанцій з РУ різних типів виявилися майже однаковими, оскільки висока вартість електричного обладнання компенсується значно меншими витратами, вкладеними в будівельну частину, тобто побудову приміщення, інженерні комунікації тощо.

Для забезпечення безпечної роботи КРУЕ вологість слід підтримувати на досить низькому рівні, щоб уникнути таких ефектів, як:

- 1) зниження електричної міцності поверхонь ізоляторів;
- 2) хімічна реакція з продуктами розкладання електричного газу.

Умови довкілля найчастіше впливають на зовнішньо встановлені КРУЕ.

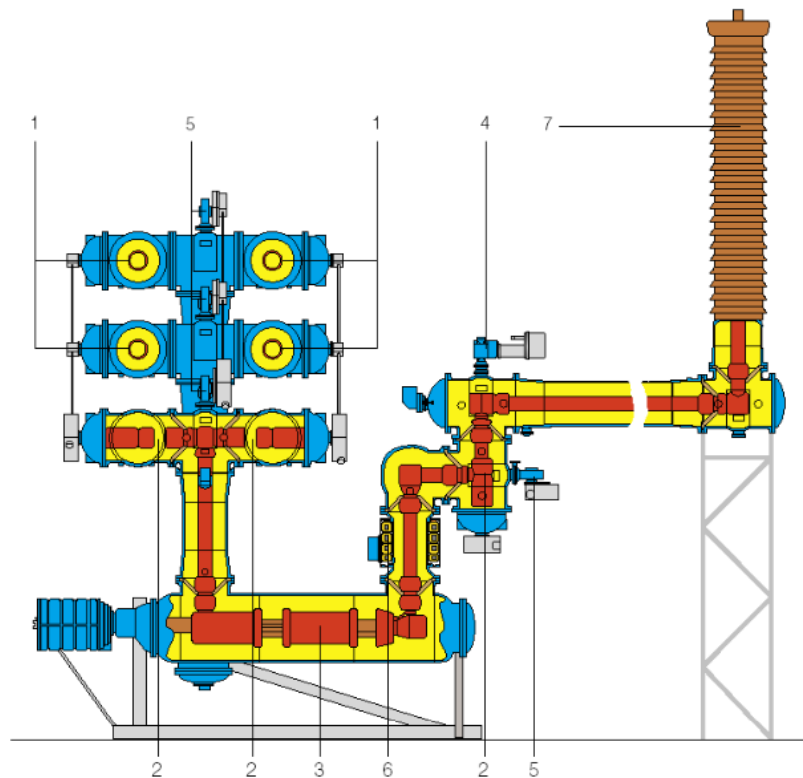


Рисунок 2.2 – Конструкція КРУЕ типу ELK 3

1 - шина, 2 - роз'єднувач, 3 - вимикач, 4 – швидкодіючий заземлювач, 5 – заземлювач для технічного обслуговування, 6 – трансформатор струму, 7- зовнішній прохідний ізолятор.

З АНАЛІЗ УМОВ ВИБОРУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК

Розробка конструкції РУ розпочинається аж після того, як визначились зі схемою електричних з'єднань, вибрана електрична апаратура (вимірювальні трансформатори, розрядники заземлювачі тощо) і з'єднувальні провідники, прийнята загальна компоновка основних та допоміжних споруд на території станції (підстанції)

В обсяг конструктивної розробки РУ входять: обирання типу конструкції розподільної установки; вибір типу внутрішнього компонування електрообладнання розподільної установки; складання ескізів комірок РУ, схеми заповнення і плану РУ; складання робочих креслень.

Нині не потрібно підходити до проектування конструкції кожної РУ як до розробки оригінального, нового об'єкта з всіма його деталями. Передовими проектними організаціями розроблені типові конструкції РУ які підходять до основних електричних схем, які сьогодні застосовуються на станціях та підстанціях. З часом їх вдосконалюють, більш новітніми конструкціями.

Типові рішення є основою для проектування конструкцій РУ при розробці конкретної електростанції (підстанції) Лише для ГЕС, де габарити приміщення, яке виділяється в машинній залі під електрообладнання, сильно залежать від потужності і типу ГЕС, важко застосовувати типові конструкції розподільних установок. Тому для всіх ГЕС ведуть індивідуальну конструктивну розробку РУ генераторної напруги.

В загальному кінцеве рішення щодо конструкції РУ приймають на основі техніко-економічного порівняння ряду пророблених варіантів компоновок.

РУ мають дотримуватись ряду вимог, зафіксованих в ПУЕ. Основними з них є: зручність і безпека в обслуговуванні, надійність, економічність, безпека для осіб, що знаходяться поза РУ, можливість, розширення пожежобезпека.

Надійність означає невеликий шанс появи пошкодження обладнання і к.з та локалізацію пошкодження, якщо воно все ж виникне. Явища, притаманні нормальній роботі РУ: електродинамічні сили, нагрів, викид газів при

відключенні КЗ тощо, не мають призводити до поломки обладнання і виникнення КЗ в РУ.

Вимога економічності передбачає, при можливості, капітальні витрати, менші розміри РУ (площа, об'єм будівлі) та терміни спорудження.

На РУ повинен знаходитись тільки обслуговуючий персонал – ремонтний (за наявності відповідного допуску до ремонтних робіт) і оперативний. Повинна бути зроблено все для того щоб виключити можливість знаходження сторонніх осіб на території розподільної установки, а також наближення їх до вивідних електричних комунікацій.

Пожежобезпека полягає в незначній ймовірності виникнення пожежі в РУ і усуванні її розповсюдження якщо виникнення.

Вимога щодо можливості розширення означає можливість в майбутньому підключення до РУ нових приєднань.

Таблиця 3.1 - Області застосування типів конструкцій РУ

U _{ном} , кВ	6-10(35)		6-10		≥35	35-220
Зовнішні умови	Будь які				Нормальні	Обмежений майданчик, важкі умови навколишнього середовища
Електрична схема	Одна система збірних шин	Дві системи збірних шин без реакторів	Одна система збірних шин з реакторами	Дві системи збірних шин з реакторами	Будь-яка	Одна або дві системи збірних шин з обхідною
Тип конструкції	КРУ, КРУЗ	ЗРУ	ЗРУ + шафи КРУ, ЗБРУ, КРУ	ЗРУ + шафи КРУ для лінійних вимикачів	ВРУ	ЗРУ, КРУЕ

По методу спорудження та монтажу усі сучасні конструкції РУ можна поділити на комплектні і збірні, а за видом встановлення обладнання – на відкриті з обладнанням для зовнішнього установаження та закриті з обладнанням для внутрішнього установаження. Тому, за конструктивним виконанням можна

розрізняти такі типи РУ: збірні закриті, збірні відкриті, комплектні для внутрішнього установа (КРУ), комплектні для зовнішнього установа (КРУЗ)

Схеми розподільних установок підвищених напруг (35 кВ і вище) містяться в електричних схемах всіх електростанцій. Згідно з вимогами надійності і економічності роботи станції дані схеми повинні складатися з врахуванням таких вимог:

- 1) відключення для ремонт вимикачів 110 кВ і вище здійснюється не вимикаючи приєднання;
- 2) лінії відключається від РУ кількістю вимикачів не більше ніж два;
- 3) блочні трансформатори відключаються від РУ не більше ніж трьома вимикачами;
- 4) не спрацювання вимикачів РУ в нормальному і ремонтному режимах не мають призводити до одночасної втрати двох паралельних ліній, підключених на шини однієї підстанції, а також до одночасного відключення декількох ліній;
- 5) при відмові вимикачів в нормальному режимі РУ не має відключатись більше ніж один блок, а в ремонтному режимі не більше двох блоків.

Для розподільних установок 35–220 кВ при числі приєднань менше ніж 4–6 рекомендують схеми містків і схеми багатокутників. При більшій кількості можуть застосовуватись схеми:

- 1) з однією секціонованою та обхідною системою шин (для 35 кВ обхідна система шин не проектується);
- 2) з двома основними та обхідною системою шин;
- 3) блочні схеми "генератор–трансформатор–лінія".

В РУ з двома основними та обхідною системами шин при числі приєднань менше 12 системи шин не секціонуються, при числі приєднань від 12 до 16 секціонують вимикачем одну систему шин, при числі приєднань більше 16 секціонують обидві робочі системи шин.

При проектуванні схеми розвитку різні технічні варіанти порівнюють за

техніко–економічними показниками. Варіанти мають бути взаємозамінними й забезпечувати однаковий корисний відпуск електроенергії споживачам. На підставі схеми розвитку розробляються схеми станцій і підстанцій, розраховуються струми КЗ і вибираються вимикачі. Багато в чому саме струми к.з визначають типи вимикачів і вартість РУ, можлива навіть відмова від якогось варіанта схеми через занадто великий струм к.з.

РУ станцій і підстанцій характеризуються номінальною напругою, числом і потужністю приєднаних генераторів, трансформаторів, потужністю, видаваною в мережу, числом ліній, режимом роботи й перспективою розвитку.

Обираючи тип конструкції РУ, потрібно врахувати: номінальну напругу, схему електричних з'єднань, габарити обладнання, що встановлюється, і умови навколишнього середовища.

На напругу 6-10 (35) кВ, коли розміри електричних апаратів відносно невеликі, використовують, як правило, РУ закритого типу. Розміщення обладнання всередині споруди створює зручні умови як для його роботи, так і для його обслуговування. Для РУ такої напруги характерна схема з однією або двома системами збірних шин з одним вимикачем на приєднання. Якщо вибрана схема з однією системою збірних шин, то перевагу надають комплектним РУ за умови, звичайно, що заводи виробляють шафи КРУ з обраним типом вимикачів. В інших випадках застосовують збірні РУ з використанням шаф КРУ тільки для лінійних вимикачів (якщо на лініях, що відходять, передбачені реактори)

Починаючи з напруги 35кВ і вище використовують, як правило, установки відкритого типу. Це можна пояснити тим, що при підвищених напругах розміри електричних апаратів (в першу чергу вимикачів) є досить великими, і спорудження будівлі для їх розміщення обходиться дуже дорого (особливо при напругах 330кВ і вище) Лише особливі обставини змушують відступати від цієї рекомендації. Так, при обмеженості майданчика або при важких умовах навколишнього середовища (підвищена запиленість) застосовують закриті РУ або комплекти РУ – герметизовані елегазові

комплектні пристрої КРУЕ на напруги 110–220 кВ і вище.

Вибір схем розподільних установок (РУ) в електричних мережах залежить від ряду факторів, які включають технічні, економічні та експлуатаційні аспекти. Ось основні умови та критерії, що враховуються при виборі схеми РУ:

1) пропускна здатність, вибір схеми залежить від кількості і потужності підключених споживачів. Більші навантаження вимагають складніших схем, здатних витримувати великі струми;

2) розподіл навантаження, важливо враховувати нерівномірність розподілу навантаження по мережі;

3) надійність постачання, схема повинна забезпечувати мінімальні перебої в електропостачанні. Для критичних об'єктів використовують схеми з високим рівнем резервування;

4) захист і безпека, схема повинна забезпечувати захист від аварійних ситуацій та безпечну експлуатацію;

5) умови навколишнього середовища, зовнішні РУ повинні бути стійкими до впливу погоди, температурних коливань, вологи і пилу;

6) технічне обслуговування, схема повинна дозволяти зручне і безпечне обслуговування та ремонт обладнання;

7) вартість обладнання та монтажу, вибір схеми повинен бути економічно обґрунтованим, враховуючи вартість устаткування, монтажу та подальшої експлуатації;

8) економія енергії, оптимізація схеми для зменшення втрат енергії під час передачі і розподілу;

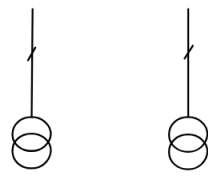
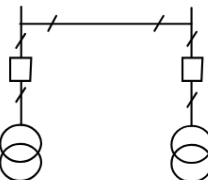
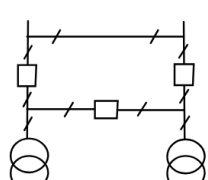
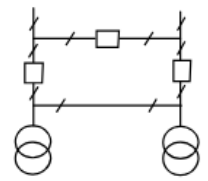
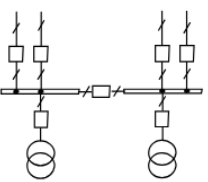
9) розміри і місце розташування, компактність установки може бути важливою у міських умовах або обмежених просторових умовах;

10) резервні лінії та компоненти, наявність резервних ліній та компонентів для підвищення надійності та гнучкості роботи мережі;

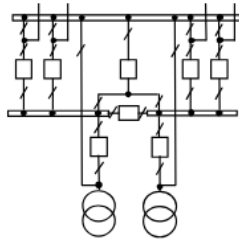
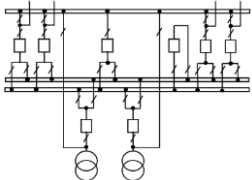
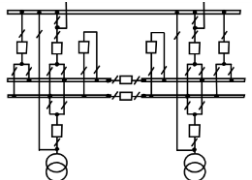
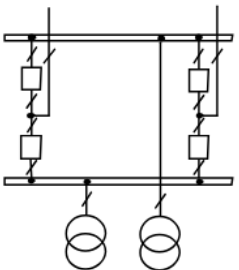
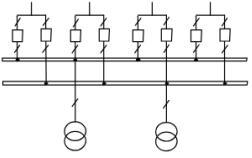
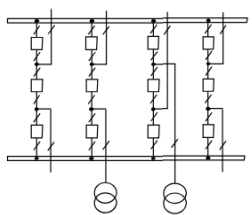
11) можливість розширення, гнучкість у випадку необхідності подальшого розширення або модернізації мережі;

Вибір схеми розподільної установки є комплексним процесом, що враховує всі вищезазначені фактори. Оптимальна схема повинна забезпечувати надійне, безпечне та економічно вигідне електропостачання, враховуючи конкретні умови та вимоги експлуатації.

Таблиця 3.2 - Перелік і схема застосування схем 35-750 кВ.

Назва схеми	Умовне зображення	Сфера застосування схеми			Додаткові умови
		Напруга, кВ	Сторона	К-сть ліній	
Два “блоки лінія – трансформатор” і роз’єднувачі		110-330	ВН	2	Тупикові підстанції, які розташовані в районах з забрудненою атмосферою, якф живляться лініями без відгалуження.
Два блоки “лінія-трансформатор” із вимикачами і неавтоматичною перемичкою з сторони ліній		35-220	ВН	2	Відокремлювані та тупикові підстанції
Місток з вимикачами в колах ліній і ремонтним сполучником з сторони ліній		110-220	ВН	2	1. Прохідні підстанції за необхідності секціонування ліній. 2. Для підстанцій потужність трансформаторів яких до 63 МВА включно
Міст із вимикачами в колах трансформаторів і ремонтним сполучником з боку трансформаторів		35-220	ВН	2	1. Прохідні підстанції, якщо необхідне секціонування ліній і збереження транзиту на час пошкодження трансформатора. 2. Для підстанцій в яких потужність трансформаторів до 63 МВА включно
Одна секціонована з вимикачем та системою шин		35	ВН, СН, НН	≥ 3	1. Для ВН вузлових підстанцій мережі 35 кВ і СН і НН на ПС 110 – 2 20 кВ. 2. Допускається на 1-му етапі розвитку схеми вмикання двох ліній, по одній на кожную секцію.

Продовження таблиці 3.2

Одна робоча, секціонована вимикачем й, обхідна системи шин		110	ВН	3-6	- Для вузлових підстанцій 110 – 220 кВ. - Якщо число нерезервованих ліній не більша від 1-ої на будь-якій секції
Дві робочі з обхідною системою шин		110-220	СН	до 12	- Для підстанцій з АТ потужністю до 2×200 (2×400) МВА. - Для підстанцій з АТ до (4×250) МВА допускається застосування двох окремих РП (на кожну пару АТ)
Дві робочі, секціоновані вимикачі, і одна обхідна система шин з 2-ма обхідними і 2-ма шинополучними вимикачами		110-220	СН	>12	- За необхідності зниження струмів короткого замикання. - Для підстанцій з АТ 4×200 (4×250) МВ·А.
Чотирикутник		330-750	ВН	2	- Прохідні підстанції при необхідності секціонування транзитної лінії. - Якщо потужність трансформатора 125 МВА для 220 кВ і будь-якої потужності для 330 кВ і більше.
“Трансформатори – шини” з приєднанням ліній через два вимикачі.		330-750	ВН, СН	до 4	Для вузлових підстанцій мережі 330 – 750 кВ.
Півтора вимикача на приєднання		330	СН	Нормується загальною кількістю приєднань	- Якщо число приєднань 8 й більше. - Парні лінії і трансформатори мають підмикатися з боку різних систем шин і в різні кола.

4 АЛГОРИТМ ВИБОРУ СХЕМИ ВІДКРИТОЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГЕС

4.1 Побудова графіків електричних навантажень

Графіки електричних навантажень виражені у відсотках від макс потужності системи P_{CMAH} та району P_{PMAH} .

Покажемо приклад розрахунку для інтервалу часу «0-6» і періоду року «повноводному» для місцевого району.

$$P_{\text{pt}} = \frac{P'_{\text{pt}} \cdot P_{\text{PMAH}}}{100}, \quad (4.1)$$

$$P_{\text{ct}} = \frac{P'_{\text{ct}} \cdot P_{\text{CMAH}}}{100}, \quad (4.2)$$

де P_{PMAH} , P_{CMAH} – являється максимальним навантаженням відповідно місцевого району та системи, МВт;

P'_{pt} , P'_{ct} - навантаження відповідно місцевого району та системи, %,

$$P_{\text{pt}} = \frac{68 \cdot 12}{100} = 8,16 \text{ (МВт)},$$

$$P_{\text{ct}} = \frac{85 \cdot 28}{100} = 23,8 \text{ (МВт)}$$

Передача електроенергії пов'язана з втратами, які поділяються на постійні $\Delta P'_p$, що не залежать від струму навантаження, та змінні $\Delta P''_2$, що пропорційні квадрату струмів навантаження. При розрахунку графіків навантажень відносну величину втрат можна прийняти:

а) в мережах району: $\Delta P'_p = (0,01 - 0,015)$, $\Delta P''_2 = (0,06 - 0,08)$;

б) в мережах системи: $\Delta P_{1c} = (0,02 - 0,03)$, $\Delta P''_2 = (0,14 - 0,16)$;

Приймаємо $\Delta P'_1 = 0,01$, $\Delta P'_2 = 0,06$, $\Delta P''_1 = 0,02$; $\Delta P''_2 = 0,14$.

Постійні витрати в мережах місцевого району:

$$\Delta P_{1p} = \Delta P'_p \cdot P_{p \max}, \quad (4.3)$$

$$\Delta P_{1p} = 0,01 \cdot 12 = 0,12 \text{ (МВт)}$$

Постійні витрати в мережах системи:

$$\Delta P_{1c} = \Delta P'_c \cdot P_{c \max}, \quad (4.4)$$

$$\Delta P_{1c} = 0,02 \cdot 28 = 0,56 \text{ (МВт)}$$

Змінні витрати в мережах місцевого району:

$$\Delta P_{2p} = \Delta P''_2 \cdot \frac{P_{pt}^2}{P_{p \max}}, \quad (4.5)$$

$$\Delta P_{2p} = 0,06 \cdot \frac{8,16^2}{48} = 0,33 \text{ (МВт)}$$

Змінні витрати в мережах системи:

$$\Delta P_{2c} = \Delta P''_2 \cdot \frac{P_{ct}^2}{P_{c \max}}, \quad (4.6)$$

$$\Delta P_{2c} = 0,14 \cdot \frac{23,8^2}{28} = 2,83 \text{ (МВт)}$$

Сумарна потужність, яка віддається у місцевий район:

$$P_{\text{рвід}} = P_{pt} + \Delta P_{1p} + \Delta P_{2p}, \quad (4.7)$$

$$P_{\text{рвід}} = 8,16 + 0,12 + 0,33 = 8,61 \text{ (МВт)}$$

Сумарна потужність, яка віддається у систему:

$$P_{\text{свід}} = P_{\text{ct}} + \Delta P_{\text{lc}} + \Delta P_{\text{2c}}, \quad (4.8)$$

$$P_{\text{свід}} = 23,8 + 0,56 + 2,83 = 27,19 \text{ (МВт)}$$

Сумарна потужність, що віддається з шин станції:

$$P_{\text{відт}} = P_{\text{рвід}} + P_{\text{свід}}, \quad (4.9)$$

$$P_{\text{відт}} = 8,61 + 27,19 = 35,81 \text{ (МВт)}$$

Потужність, що віддається на власні потреби станції:

$$P_{\text{вп.т}} = \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{P_{\text{від.т}}}{P_{\text{вст}}} \right) \cdot \frac{P'_{\text{вп}} \cdot P_{\text{від.мах}}}{100}, \quad (4.10)$$

$$P_{\text{вп.т}} = \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{35,81}{48} \right) \cdot \frac{3 \cdot 43,85}{100} = 1,11 \text{ (МВт)}$$

де $P_{\text{вст}}$ - встановлена потужність станції, наведена в завданні;

$P'_{\text{вп}}$ - максимальне навантаження власних потреб, відносно встановленої потужності електростанції по, ($P'_{\text{вп}} = 3\%$)

Потужність, що виробляється генераторами:

$$P_{\text{вир}} = P_{\text{від}} + P_{\text{вп}}, \quad (4.11)$$

$$P_{\text{вир}} = 35,81 + 1,11 = 36,92 \text{ (МВт)}$$

За приведеним алгоритмом розраховуються графіки електричних

навантажень для повноводної та маловодної доби. Дані заносяться в таблицю 1 Додатку Б.

Річне вироблення електроенергії:

$$E_p = \sum_{i=1}^m P_{\text{вир } i} t_i, \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} E_p = & \left(6 \cdot 36,92 + 4 \cdot (42,44 + 36,23) + \right. \\ & \left. + 2 \cdot (37,71 + 43,96 + 45,1 + 44,83 + 40,82) \right) \cdot 90 + \\ & + \left(6 \cdot 33,6 + 4 \cdot (39,05 + 27,83) + \right. \\ & \left. + 2 \cdot (34,38 + 38,78 + 39,89 + 39,62 + 35,7) \right) \cdot 275 = \\ & = 319099,21 \text{ (МВт} \cdot \text{год)}. \end{aligned}$$

Використовуючи річний графік електричних навантажень розрахуємо техніко-економічні показники роботи станції, результати наведені у таблиці 2 Додатку Б.

За даними розрахунків будуємо графіки навантажень, приймаючи тривалість повноводного періоду 90 доби, а маловодного періоду - 275 доби рисунки 4.1, 4.2.

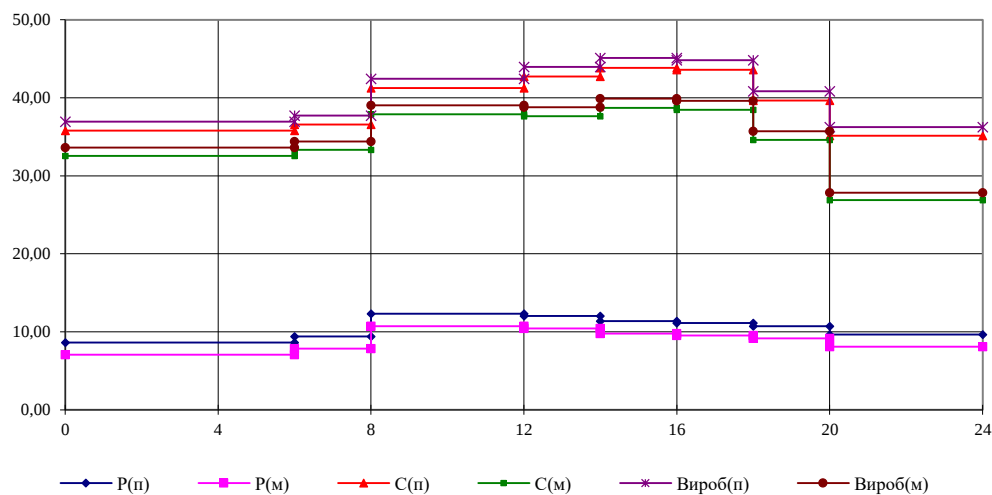


Рисунок 4.1 – Добовий графік потужності, яка виробляється генераторами

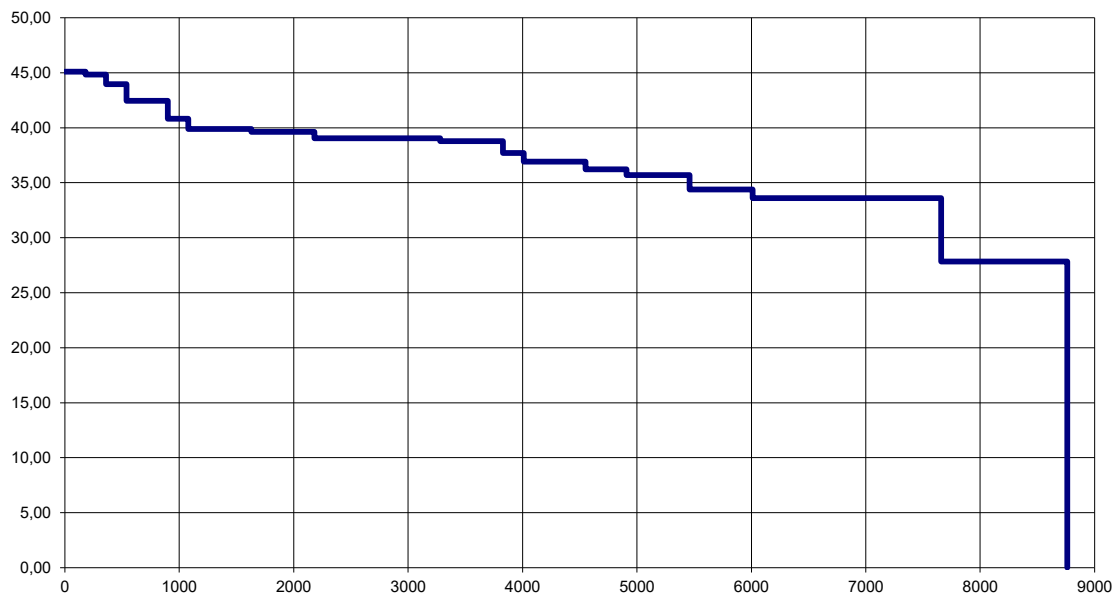


Рисунок 4.2 – Річний графік за тривалістю навантаження

4.2 Вибір типу та потужності основного обладнання ГЕС

Основне обладнання по можливості потрібно вибирати однотипним, тому що при цьому забезпечуючи можливість індустріалізації будівництва, покращують умови експлуатації і ремонту. До головного обладнання ГЕС відносяться гідрогенератори.

Згідно завдання обираємо гідрогенератор типу СВ-420/60-24. Основні характеристики генератора приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри генератора

Тип гідрогенератора	СВ-420/60-24
$S_{Г.ном}$, МВА	10
$P_{Г.ном}$, МВт	8
$U_{Г.ном}$, кВ	10,5
$\cos \varphi_{ном}$	0,8
$I_{Г.ном}$, кА	0,876
$n_{ном}$, об/хв	250

Продовження таблиці 4.1

Опори в.о.:	
x''_{d*}	0,22
x'_{d*}	0,27
x_{d*}	1,02
ВКЗ	1,62

4.3 Зв'язок електричної станції з системою

У відповідності із завданням для системи приймаємо напругу 35 кВ, а для районної мережі – 10,5 кВ. Розрахуємо кількість ліній електропередач для зв'язку станції з системою і місцевим районом.

Кількість ліній зв'язку з системою:

$$n_c = \frac{P_{c.max}}{P_{гр}}, \quad (4.13)$$

де $P_{гр}$ – пропускна здатність ЛЕП [1], МВт;

$$n_c = \frac{32,48}{15} + 1 \approx 3 \text{ (лінії)}$$

З місцевим районом:

$$n_{mr} = \frac{P_{m.p.max}}{P_{гр}}, \quad (4.14)$$

$$n_{mr} = \frac{12,3}{3} + 1 \approx 5 \text{ (лінії)}$$

Отже електрична станція буде з'єднана із системою за допомогою 3 повітряних ліній напругою 35 кВ, а з місцевим районом за допомогою 5 кабельних ліній напругою 10,5 кВ.

4.4 Вибір структурної схеми ГЕС

Розглянемо два варіанти структурної схеми станції. Проектуємо дві структурні схеми, які зображені на рисунку 4.3 та 4.4.

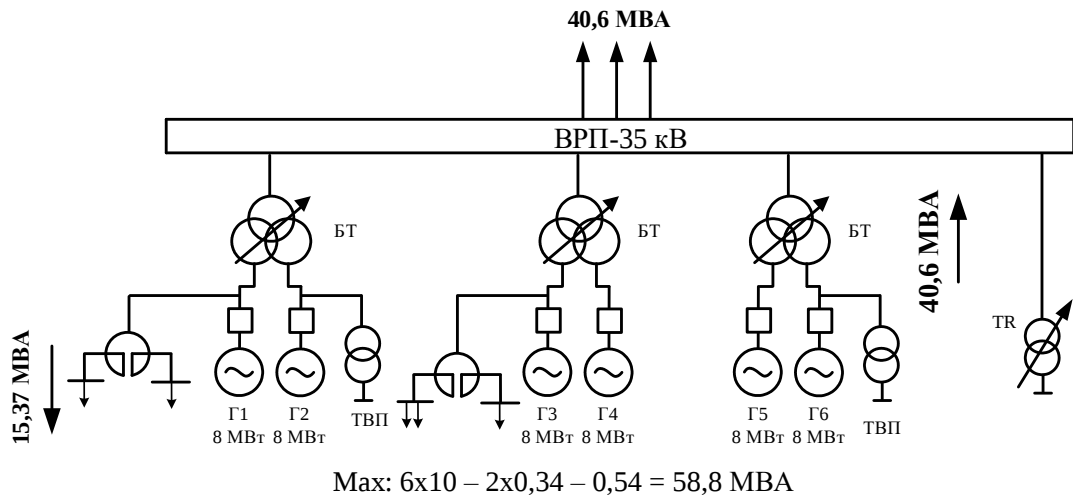


Рисунок 4.3 – Структурна схема станції №1

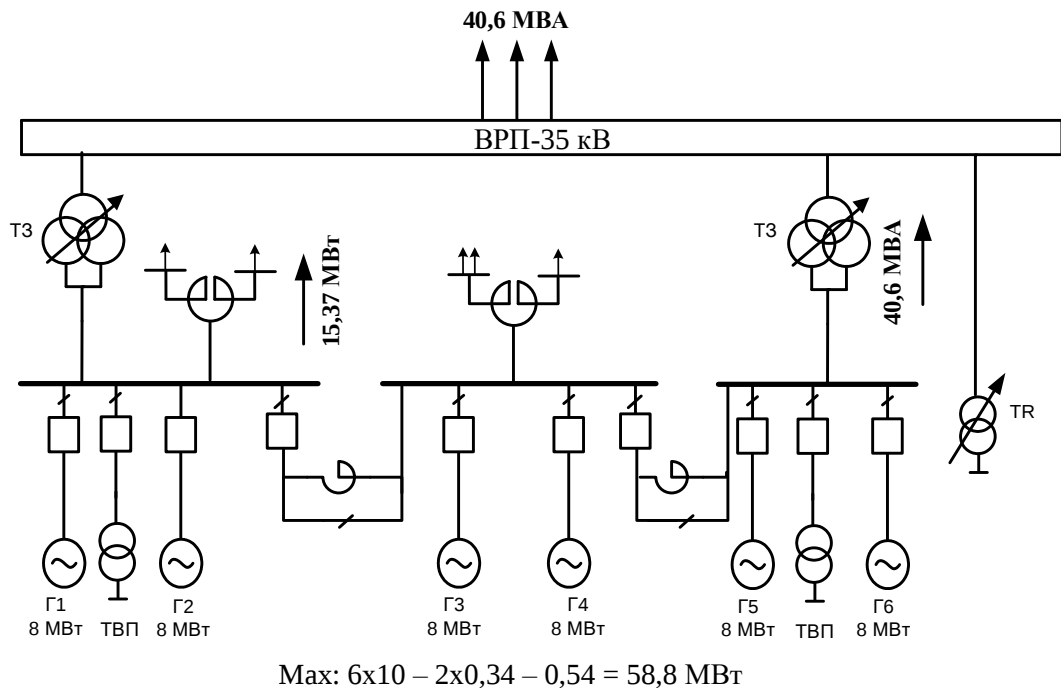


Рисунок 4.4 – Структурна схема станції №2

Для вибору кращого варіанту структурної схеми розрахуємо техніко-економічне порівняння варіантів структурних схем.

4.5 Вибір силових трансформаторів

а) трансформатори власних потреб

Потужність робочих ТВП наближено за формулою:.

$$S_{\text{ГТВП.розр}} = \frac{P'_{\text{ВП}}}{100} \cdot K_n \cdot n \cdot P_{\text{Г.ном}} \quad (4.15)$$

де K_n – коефіцієнт попиту ($K_n = 0,7$ для ГЕС);

$P_{\text{ном.Г}}$ – номінальна потужність генератора, МВт.

Для блоків 8 МВт:

$$S_{\text{ТВП}} \geq 0,03 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 8 = 0,34 \text{ (МВА)},$$

Технічні характеристики трансформаторів приведено в таблиці 4.2.

б) пускорезервні трансформатори власних потреб

Їх розрахункова потужність:

$$S_{\text{TR}} = 1,3 \cdot S_{\text{ТВП розр}}, \quad (4.16)$$

$$S_{\text{прТВП}} = 1,58 \cdot 0,34 = 0,54 \text{ (МВА)}$$

в) блочні трансформатори

$$S_{\text{ном.Г}} \geq \sqrt{(P_{\text{ном.Г}} - P_{\text{в.п}} - P_{\text{р.мін}})^2 + (Q_{\text{ном.Г}} - Q_{\text{в.п}} - Q_{\text{р.мін}})^2}, \quad (4.17)$$

де $P_{\text{ном.Г}}$, $Q_{\text{ном.Г}}$ – активна і реактивна потужності генератора;

$P_{в.п}$, $Q_{в.п}$ – активне і реактивне навантаження власних потреб при роботі генератора з номінальною потужністю;

$P_{р.мин}$, $Q_{р.мин}$ – активна і реактивна складові місцевого навантаження в період мінімуму навантаження; $\sin \varphi_H = 0,199$;

Для блоків 8 МВт:

$$S_{р.БТ} = \sqrt{(2 \cdot 8 - 0,34 \cdot 0,8 - 7,07)^2 + \left(10 \cdot 0,199 - 0,34 \cdot 0,199 - \frac{7,07}{0,8} \cdot 0,199\right)^2} = 18,66 \text{ (МВА)};$$

г) автотрансформатори зв'язку

Вибір АТЗ здійснюємо таким чином:

а) Режим максимального навантаження місцевого району:

$$S_{р.маx} = \sum_{i=1}^n S_{ном.гi} - S_{вп.ном} - S_{р.від.маx}, \quad (4.18)$$

де $S_{ном.г}$ – номінальна потужність генераторів;

$S_{р.від.маx}$ – максимальна потужність, що віддається з шин станції в місцевий район (таблиця 1.1);

$S_{вп.ном}$ – потужність власних потреб при роботі генераторів з номінальним навантаженням.

$$S_{р.маx} = (6 \cdot (10 - 0,17) - 12,3/0,8)/1,4 = 31,14 \text{ (МВА)}$$

б) Режим мінімальних навантажень в місцевому районі при роботі генераторів з номінальною потужністю:

$$S_{p.min} = \sum_{i=1}^n S_{ном.гi} - S_{вл.ном} - S_{p.від.min}, \quad (4.19)$$

де $S_{p.min}$ – мінімальна потужність, що віддається з шин станції в місцевий район.

$$S_{p.min} = (6 \cdot (10 - 0,17) - 7,07/0,8)/1,4 = 35,8 \text{ (МВА)}$$

в) Аварійний вихід самого потужного генератора, ввімкненого на шини місцевого району в період максимального навантаження:

$$S_{p.ав} = \sum_{i=1}^{n-1} S_{ном.гi} - S'_{в.п.} - S_{p.від.max}, \quad (4.20)$$

де $S'_{в.п.}$ – потужність власних потреб блоків місцевого району, що лишилися в роботі.

$$S_{p.ав} = ((6 - 1) \cdot (10 - 0,17) - 12,3/0,8)/2 = 16,9 \text{ (МВА)}$$

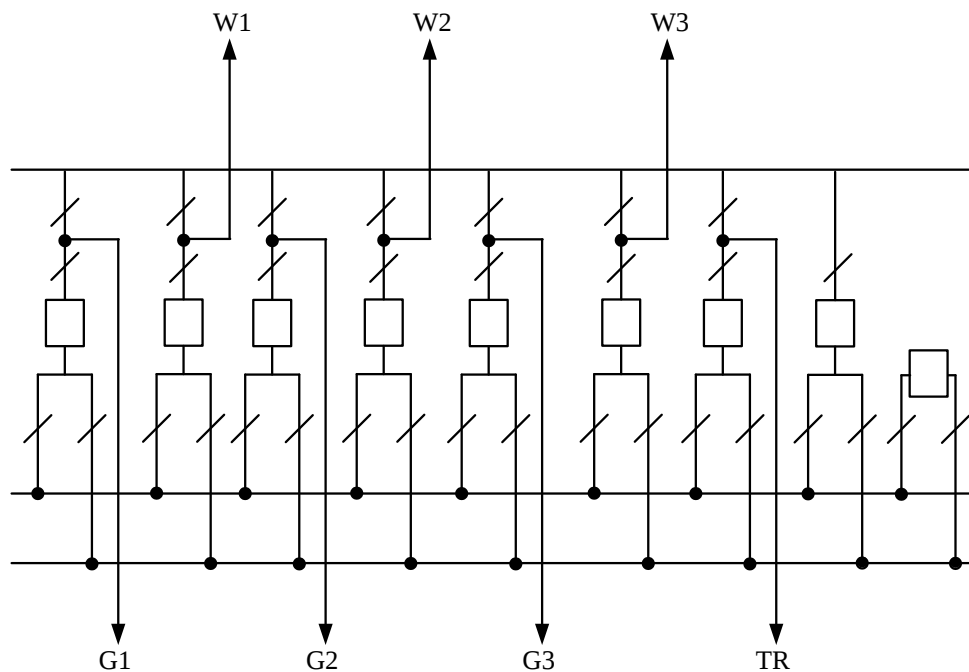
Таблиця 4.2 – Номінальні параметри трансформаторів

Позна- чення	Тип трансформатора	S_p МВА	$S_{ном}$ МВА	$U_{ном}, \text{кВ}$			$U_{к}, \%$			ΔP_x кВт	$\Delta P_{кз}$ кВт
				ВН	СН	НН	ВН- СН	ВН- НН	СН- НН		
БТ	ТРДНС- 25000/35	18,66	25	35	-	10,5- 10,5	-	10,5	-	12	81
ТЗ	ТРДНС-63000- 35	35,8	63	35	-	10,5- 10,5	-	12,7		50	260
ТВП	ТП-400/10	0,34	0,4	10,5	-	0,4	-	5,5	-	2,5	11,6
ТР	ТМ-630/10	0,54	0,63	35	-	0,4	-	6,5	-	2	11,6

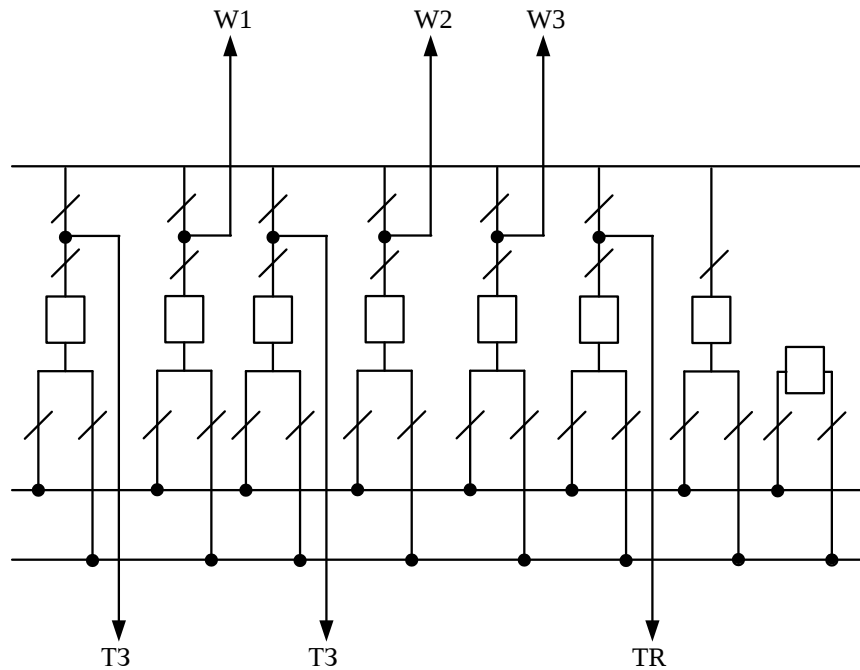
4.6 Вибір схем розподільних установок

Видача потужності зі станції здійснюється з шин ВРУ 35 кВ. Критерієм вибору варіанту ВРУ є показники надійності, економічності та можливість подальшого розширення (розвитку) і т.п.

Для ВРУ 35 кВ приймаємо схему “дві системи збірних шин з обхідною” (рисунок 4.5)



а) варіант схеми №1



б) варіант схеми №2

Рисунок 4.5 – Схема ВРУ–35 кВ

Техніко-економічне порівняння варіантів структурних схем.

Економічна доцільність схеми визначається приведеними мінімальними затратами:

$$Z = p_n \cdot K + И = p_n \cdot K + \frac{p_a + p_0}{100} \cdot K + \beta \cdot \Delta W_{\Sigma} \cdot 10^{-5}, \quad (4.21)$$

де $p_n = 0,13$ – нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K – капіталовкладення в електроустановку, тис. грн.;

$И$ – щорічні експлуатаційні витрати, тис. грн. ;

$p_a + p_0 = 9,4 \%$ - відрахування на амортизацію та обслуговування;

$\beta = 35$ коп./кВт · год – вартість 1 кВт·год втраченої електроенергії;

ΔW – річні витрати електроенергії працюючих трансформаторів, кВт·год.

Капіталовкладення K при виборі оптимальної схеми видачі електроенергії визначаємо по показниках вартості неоднакових елементів

варіантів схеми, в даному випадку трансформаторів. Оскільки ТВП і ПРТВП в обох варіантах однакові, то для спрощення розрахунків ми їх не враховуємо.

$$\Delta W_{\text{БТ}} = n \cdot P_{\text{х}} \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot P_{\text{к}} \cdot \left(\frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ном}}} \right)^2 \cdot \tau; \quad (4.22)$$

де n — число паралельно працюючих трансформаторів.

Таблиця 4.3 – Капіталовкладення в електроустановку

Обладнання	Кількість, шт.		Вартість одиниці, тис.грн.	Капіталовкладення	
	1 в.	2 в.		1 варіант	2 варіант
БТ	3	0	496	1488	0
ТЗ	0	2	856	0	1712
Вимикачі:					
35 кВ	9	8	840	7560	6720
Генераторні	6	10	270	1620	2700
Разом:				10668	11132

Визначимо витрати електроенергії в трансформаторах:

$$\Delta W_1 = \Delta W_{\text{БТ}};$$

$$\Delta W_1 = \left[3 \cdot 12 \cdot 8760 + \frac{1}{3} \cdot 81 \cdot \left(\frac{40,6}{25} \right)^2 \cdot 6057,69 \right] = 746722,96 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

$$\Delta W_2 = \Delta W_{\text{ТЗ}};$$

$$\Delta W_2 = \left[2 \cdot 50 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 260 \cdot \left(\frac{40,6}{63} \right)^2 \cdot 6057,69 \right] = 1203055,43 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Приведенні затрати:

$$З_1 = 0,13 \cdot 10668 + \frac{9,4}{100} \cdot 10668 + 20 \cdot 746722,96 \cdot 10^{-5} = 2535,97 \text{ (тис.грн);}$$

$$З_2 = 0,13 \cdot 11132 + \frac{9,4}{100} \cdot 11132 + 20 \cdot 1203055,43 \cdot 10^{-5} = 2734,18 \text{ (тис.грн);}$$

$$\Delta З = \frac{З_2 - З_1}{З_2} 100\% = \frac{2734,18 - 2535,97}{2734,18} 100\% = 7,1\% \geq 5\%.$$

$\Delta З = 7,1\% > 5\%$, отже приймаємо I варіант структурної схеми станції, оскільки вона більш економічна.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Дотримання вимог охорони праці в електроенергетиці є критично важливим через високі ризики, пов'язані з роботою з електричним струмом. Виробництво, передача, розподіл та споживання електричної енергії вимагають особливої уваги до безпеки на кожному етапі процесу, від проектування та монтажу до експлуатації та ремонту електроустановок.

В даному розділі розробляються заходи з охорони праці при обслуговуванні шафи релейного захисту КРУ 6 кВ.

Охорона праці є важливою складовою частиною загальної системи управління підприємством і має на меті не лише виконання нормативних вимог, але й підвищення ефективності виробничого процесу та зниження витрат, пов'язаних із травматизмом та професійними захворюваннями.

На електротехнічний персонал, який здійснює обслуговування електричного обладнання КРУ, впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори[11]:

Фізичними факторами являються: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (відсутність), штучне (недостатня освітленість)

Хімічні фактори: аерозолі фіброгенної дії (пил)

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщення у просторі. До показників, що характеризують напруженість праці, належать: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Безпечна експлуатація розподільних установок вимагає дотримання ряду заходів та стандартів, які забезпечують захист працівників і безперебійну роботу систем.

До устаткування і приміщень РУ всіх напруг висуваються наступні основні вимоги:

1) устаткування РУ за своїми паспортними даними має задовольняти умовами роботи як за номінального режиму, так і за КЗ. Апарати і шини повинні мати необхідну термічну і динамічну стійкість;

2) ізоляція устаткування має витримувати можливі підвищення напруги під час атмосферних і внутрішніх напруг;

3) все устаткування має надійно працювати за допустимих перенавантажень;

4) приміщення РУ мають бути безпечні і зручні під час обслуговування устаткування персоналом за всіх можливих режимів роботи, а також під час ремонту;

5) у приміщеннях РУ мають знаходитися захисні засоби і засоби для гасіння пожежі. Вікна в закритих РУ мають бути надійно закриті, а отвори в стінах закладені для виключення можливого попадання в приміщення тварин і птахів. Покрівля має бути справною;

6) температура і вологість повітря в приміщеннях закритих РУ мають підтримуватися такими, щоб не зволожувалася ізоляція. У закритих РУ температура не має перевищувати 40°C. Вентиляція приміщень має бути достатньо ефективною;

7) всі приміщення РУ повинні мати робоче і аварійне електричне освітлення.

5.1.2 Електробезпека

1) Захист від контакту з струмопровідними елементами електроустаткування:

1.1) розміщення струмопровідних елементів - неізольовані струмопровідні елементи слід розташовувати в окремих приміщеннях з обмеженим доступом або в металевих шафах;

1.2) орієнтація в електроустаткуванні - використовувати написи, таблички та попереджувальні знаки для полегшення орієнтації в електроустаткуванні.

1.3) прокладка кабелів - підводити кабелі до споживачів через закриті конструкції підлоги, щоб уникнути випадкового контакту.

2) Захист при живленні однофазних споживачів від трипровідної мережі з напругою до 1000 В:

Використовують нульовий захисний провідник, який при пробі на корпус викликає коротке замикання (КЗ) У цьому випадку автоматично спрацьовує захист від КЗ, і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений перевіреними та справними засобами захисту. Перед використанням засобів захисту персонал повинен перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити від пилу та бруду, а також перевірити штамп із датою наступної перевірки. Використання засобів захисту з вичерпаним терміном придатності забороняється.

Розрізняють основні та допоміжні електрозахисні засоби.

Основні електрозахисні засоби – це засоби, ізоляція яких може тривалий час витримувати робочу напругу, дозволяючи торкатися до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою. До них відносяться (для напруги до 1000В):

1) ізолювальні штанги;

2) ізолювальні та струмовимірювальні кліщі;

- 3) показчики напруги;
- 4) діелектричні рукавиці.

Додаткові електрозахисні засоби призначені для захисту персоналу від напруги дотику і напруги кроку, а також для попередження про можливість небезпечних дій. До таких засобів для напруги до 1000 В належать:

- 1) діелектричні калоші;
- 2) діелектричні килимки;
- 3) переносні заземлення;
- 4) ізолювальні накладки і підставки;
- 5) плакати та знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожувальними конструкціями виробничих приміщень, що має висоту 2 м над рівнем підлоги або підмостями, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Відповідно, до параметрів мікроклімату, що нормуються за ДСН 3.3.6.042-99[15]. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, відносяться: температура (t , °C), відносна вологість повітря (W , %), швидкість його переміщення (м/с), теплові випромінювання (W_t/m^2)

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату приміщення

Період року	Категорія робіт	t , °C	W , %	V , м/с
Теплий	IIa	17-29	65 при 26 °C	0,2 – 0,4
Холодний	IIa	15-24	до 75	не більше ніж 0,3

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату приміщення, відповідно до ДБНВ.2.5-67:2013[16]. Опалення, вентиляція та кондиціювання, передбачають:

1. Провітрювання приміщення;
2. Використання вентиляторів обдуву в теплий період року.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Якість повітря за ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007. Настанова передбачає небезпечні і шкідливі фактори та засоби захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів і їх використання під час зведення та експлуатації об'єктів будівництва, у першу чергу, залежить від наявності, рівня небезпечності та кількості шкідливих речовин. Шкідливі речовини можуть потрапляти до організму людини інгаляційними або деякими іншими шляхами надходження.

Таблиця 5.2 – Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Нетоксичний пил	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони, відповідно до ДБНВ.2.5-67:2013[16] , в роботі передбачені такі рішення:

1. Провітрювання приміщення;
2. Встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Для загального штучного освітлення приміщень потрібно використовувати найбільш енергоекономічні джерела світла, віддаючи перевагу при рівній потужності джерелам світла з більшою світловіддачею та терміном служби, з виконанням вимоги не знижувати якість освітлювального

устаткування для зниження енерговитрат. Отже, для загального штучного освітлення доцільно використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами (лампи розжарювання), мають більшу світлову віддачу та з більшим терміном експлуатації. Світлова віддача джерел світла, зокрема світлодіодних ламп, для штучного освітлення приміщень при мінімально допустимих індексах кольоропередачі не повинна бути менше визначених за ДБН В.2.5-28:2018.

Рівень ефективності споживання електроенергії електричними лампами та світильниками повинен відповідати вимогам технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників. При відсутності відповідного маркування підтвердження має бути отримано за результатами вимірювань. За найменшим або еквівалентним розміром освітлення визначаються характеристика та розряд зорової роботи, за характеристикою фону та контрастом об'єкту з фоном – підрозряд зорової роботи та, відповідно, нормовані значення комбінованого та загального штучного освітлення. Визначені нормовані значення штучного освітлення вносимо до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Нормовані значення виробничого освітлення

Харак- ка зорової роботи	Наймен ш ий або еквівален тний розмір об'єкта розрізнен ня, мм	Розряд зорової роботи	Підрозря д зорової роботи	Контрас т об'єкта з фоном	Характе - ристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Прир одне Ен пр	Сумісн е Е сум
						всьог о	у т. ч. від загально го		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	V	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3.0

Для забезпечення нормованого значення штучної освітленості передбачено:

- 1.забезпечення чистоти повітря у приміщенні;
- 2.встановлення люмінесцентних ламп.

5.2.4 Виробничий шум

Нормуються за ДСН 3.3.6.037-99[13]. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, допустимі рівні звукового тиску $L=20\lg(P_1/P_0)$, дБ (P_1 – середньоквадратичне значення звукового тиску, Па - за період часу, що розглядається, і P_0 – значення звукового тиску на нижньому порозі чутливості в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц) залежно від частоти, характеру робіт і характеру шуму (нормування за граничними спектрами – ГС), або допустимі рівні звуку $LA=20\lg(PA/P_0)$, Дба (PA – середньоквадратичне значення звукового тиску з урахуванням корекції А шумоміра) залежно від характеру робіт і характеру шуму. Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях за ДСН 3.3.6.037-99[13].

Таблиця 5.4 – Рівні звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Джерелами шуму в умовах, що розглядаються в роботі, є вентилятори.

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:

1. безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
2. для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало

шумові вентилятори.

5.3 Пожежна безпека

В третьому підрозділі заходи з пожежної безпеки розробляються у відповідності до вимог Закону України «Про пожежну безпеку», НАПБА.01.001- 14 «Правила пожежної безпеки в Україні»[14].

Категорії приміщень за вибухопожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016[12])

Відповідно до ДСТУ зазначеного вище приміщення відноситься до категорії Д, тобто є зниженопожежонебезпечним.

Застосовуються негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться, а також тверді горючі і/або важкогорючі речовини та матеріали, питома пожежна навантага для яких на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна не перевищує 180 МДж•м².

Відповідно до ДБН В.1.1.7-2016, будівля КРУ за ступенем вогнестійкості класифікується до І-ІІ ступеня, тобто будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати вогонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I)

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та

максимальні межі поширення вогню по них за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них.

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	Стіни				колони	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	перекрыття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	Самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
I	REI 150 M0	REI 75 M0	E 30 M0	EI 30 M0	R 150 M0	R 60 M0	REI 60 M0	RE 30 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилинах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	1	REI 150	1	1
Перегородки	1	EI 45	2	1
Перекрыття	1	REI 150	1	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 5.7. В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між

житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 5.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за таблицею 5.7.

Таблиця 5.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд.

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I,II	III	IIIa,IIIб,IV,IVa,V
I	6/9	8/9	10/12

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: повідомити головний щит управління, потім місце, яке загорілось слід гасити вогнегасниками; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки порошковими вогнегасниками або піском.

Відповідно до НАПБ А.01.001-2014, кількість вогнегасників визначається залежно від площі приміщення. Зазвичай рекомендується 1 вогнегасник на кожні 50 квадратних метрів для приміщень з електрообладнанням.

Тому я вважаю що потрібно встановити 3 вогнегасники ємністю 5 л. Це можуть бути наприклад вогнегасники типу ВП-5.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі проаналізовано умови вибору схем розподільних установок при проектуванні електричних станцій та підстанцій.

В роботі розглянуто основні схеми розподільних установок, які використовуються при проектуванні електричних станцій та підстанцій. А також були розглянуті вимоги до схем розподільних установок, їхні переваги і недоліки та області застосування.

Також, були проаналізовані умови вибору розподільних установок, з врахуванням яких виконується проектування електричних станцій та підстанцій. Основними умовами являються наступні: пропускна здатність, надійність, захист і безпека, умови навколишнього середовища, виділена територія, можливість розширення, технічне обслуговування, вартість та економічність.

Крім того, в роботі розглянуті основні види розподільних установок, а саме: КРУ, ВРУ, ЗРУ, КРУЕ. Також, було проаналізовано їхні основні компоненти, переваги та недоліки.

Також в роботі було виконано розрахунок схеми відкритої розподільної установки для ГЕС потужністю 48 МВт. Для даної ВРУ було прийнято схему «дві системи збірних шин з обхідною».

Також, в роботі було проведено аналіз питань забезпечення безпечних умов роботи та охорони праці для обслуговуючого персоналу комірок КРУ.

СПИСОК ВИКОРИСАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2024/03/24/7447905/>
2. Попов А. В., Остра Н. В. АНАЛІЗ УМОВ ВИБОРУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ / Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці, дослідження, проблеми, перспективи (МН 2024)» [Електронний ресурс]:
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21580>
3. Лежнюк, П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій : навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.
4. 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.
5. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
6. Електрична частина станцій та підстанцій: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матєєнко – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 183 с.
7. Електричні станції і підстанції : конспект лекцій для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми навчання / уклад. Євсюк М.М. – Луцьк: Технічний коледж Луцького НТУ, 2018. – 210 с.
8. Проектування структурних схем електростанцій та підстанцій: навч. посіб. / М.С. Сегеда, В.Г. Гапанович, В.П. Олійник, К.Б. Покровський. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 144 с.

9. Аввакумов В. Г. Перехідні процеси в системах електропостачання: елементи теорії, програми, ілюстрації: навчальний посібник / В. Г. Аввакумов, Л. Б. Терешкевич. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 241 с.
10. Лагутін В. М., Тептя В. В., Вишневський С. Я. Власні потреби електричних станцій. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 102 с.
11. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня бакалавра галузі знань 14 «Електрична інженерія» / уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 65 с.
12. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007; чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ. 2016.
13. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Чинний від 1999-12-01]. Київ. 1999.
14. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні: наказ від 30.12.2014. №1417. [Чинний від 2021-01-22]. Вид. офіц. К. : 2014. 84 с.
15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова від 01.12.1999 р. № 42 . К.: Міністерство охорони здоров'я України.
16. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 140 с.
17. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01] Вид. офіц. Київ : Мінбуд України. 2007.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬНазва роботи: Аналіз умов вибору схем розподільних установок при проектуванні електричних станцій та підстанційТип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет
електроенергетики та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 90,34% Схожість 9,66%

Аналіз звіту подібності (відмітити необхідне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)Виشنевський С.Я.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)Попов А.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Остра Н.В.

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ТАБЛИЦІ ДО РОЗДІЛУ 4

Таблиця 1 – Добові графіки навантажень

Складові витрат потужності	Пора року	Години доби							
		0-6	6-8	8-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-24
Навантаження місцевого р-ну, %	п.вод	68	74	96	94	89	87	84	76
	м.вод	56	62	84	82	77	75	72	64
Навантаження місцевого р-ну, МВт	п.вод	8,16	8,88	11,52	11,28	10,68	10,44	10,08	9,12
	м.вод	6,72	7,44	10,08	9,84	9,24	9	8,64	7,68
Постійні втрати потужності в мережах місцевого р-ну, МВт	п.вод	0,12							
	м.вод								
Змінні втрати потужності в мережах місцевого р-ну, МВт	п.вод	0,33	0,39	0,66	0,64	0,57	0,54	0,51	0,42
	м.вод	0,23	0,28	0,51	0,48	0,43	0,41	0,37	0,29
Потужності, що віддається до місцевого району, МВт	п.вод	8,61	9,39	12,30	12,04	11,37	11,10	10,71	9,66
	м.вод	7,07	7,84	10,71	10,44	9,79	9,53	9,13	8,09
Навантаження системи, %	п.вод	85,00	85,00	90,00	95,00	100,00	100,00	90,00	80,00
	м.вод	80,00	80,00	85,00	85,00	90,00	90,00	80,00	60,00
Навантаження системи, МВт	п.вод	23,80	23,80	25,20	26,60	28,00	28,00	25,20	22,40
	м.вод	22,40	22,40	23,80	23,80	25,20	25,20	22,40	16,80
Постійні втрати потужності в мережах системи, МВт	п.вод	0,56							
	м.вод								
Змінні втрати потужності в мережах системи, МВт	п.вод	2,83	2,83	3,18	3,54	3,92	3,92	3,18	2,51
	м.вод	2,51	2,51	2,83	2,83	3,18	3,18	2,51	1,41
Потужність, що віддається в систему, МВт	п.вод	27,19	27,19	28,94	30,70	32,48	32,48	28,94	25,47
	м.вод	25,47	25,47	27,19	27,19	28,94	28,94	25,47	18,77
Сумарна потужність, що віддається з шин станції, МВт	п.вод	35,81	36,59	41,24	42,73	43,85	43,58	39,64	35,12
	м.вод	32,53	33,31	37,90	37,64	38,72	38,46	34,60	26,87
Витрати на власні потреби станції, МВт	п.вод	1,11	1,13	1,20	1,23	1,25	1,24	1,18	1,10
	м.вод	1,06	1,07	1,15	1,15	1,16	1,16	1,10	0,97
Потужність, що виробляється генераторами, МВт	п.вод	36,92	37,71	42,44	43,96	45,10	44,83	40,82	36,23
	м.вод	33,60	34,38	39,05	38,78	39,89	39,62	35,70	27,83

Таблиця 2 – Техніко-економічні показники роботи станції

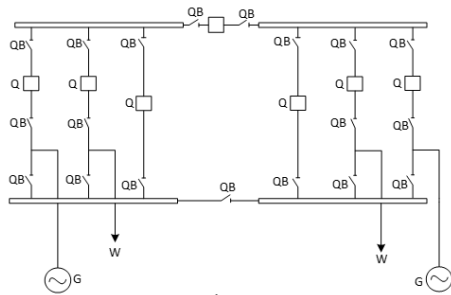
Показник	Розрахункова формула	Числове значення
Максимальне навантаження станції, МВт	$P_{\max}$	45,10
Річний виробіток електроенергії, МВт·год.	$E_p = \sum_{i=1}^m P_{\text{вир},t_i} \cdot t_i$	319099,21
Встановлена потужність станції, МВт	$P_{\text{вст}}$	48,00
Середнє навантаження станції, МВт	$P_{\text{ср}} = \frac{E_p}{8760}$	36,43
Коефіцієнт заповнення графіка	$k_3 = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\max}}$	0,81
Коефіцієнт використання встановленої потужності	$k_b = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{вст}}}$	0,76
Число годин використання максимального навантаження, год.	$T_{\max} = \frac{E_p}{P_{\max}}$	7075,75
Число годин використання встановленої потужності, год.	$T_{\text{вст}} = \frac{E_p}{P_{\text{вст}}}$	6647,90
Коефіцієнт резерву	$k_{\text{рез}} = \frac{P_{\text{вст}}}{P_{\max}}$	1,06
Річне споживання електроенергії механізмами власних потреб станції, МВт·год	$E_{\text{впр}} = \sum_{i=1}^m P_{\text{впт},i} \cdot t_i$	9697,31
Загальна річна кількість електроенергії, що видається з шин станції, МВт·год	$E_{\text{вид},p} = E_p - E_{\text{впр}}$	309401,90
Час максимальних втрат електроенергії, год.	$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\max}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760$	6057,69

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

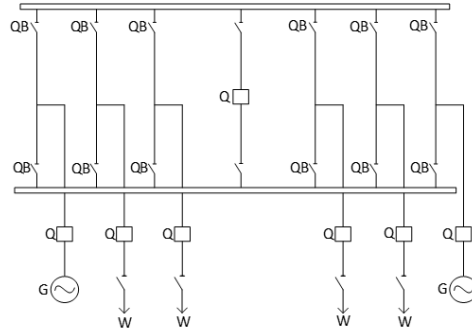
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

АНАЛІЗ УМОВ ВИБОРУ СХЕМ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК
ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ

Основні схеми розподільчих установок на електричних станціях та підстанціях

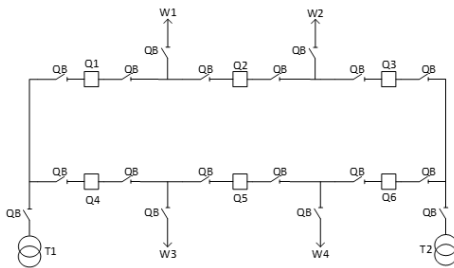


РУ з однією системою збірних шин, секційним вимикачем та обхідною системою шин



РУ з двома системами збірних шин

1



Проста кільцева схема

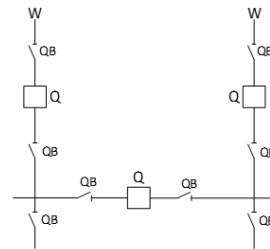
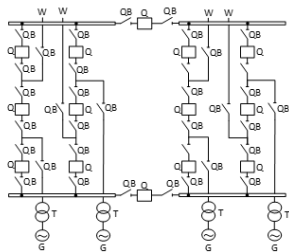
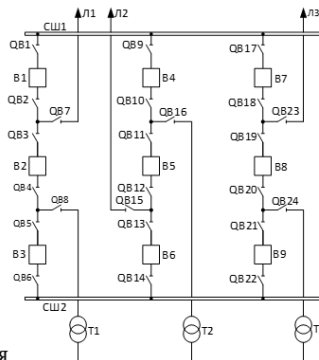


Схема місток



Три вимикачі на два приєднання



2

Класифікація типів розподільних установок

1) Відкрита розподільча установка

2) Закрита розподільна установка

3) Комплектна розподільча установка

3.1) Комплектна розподільча установка з елегазовою ізоляцією

3

Відповідно до виду електричних станцій, в яких використовуються КРУ, є певні особливості їх застосування:

- Для сонячних електростанцій (СЕС):

1) Інверторні системи - КРУ інтегруються з інверторами, які перетворюють постійний струм (DC) від сонячних панелей у змінний струм (AC);

2) Розподіл енергії - забезпечують розподіл електроенергії від сонячних панелей до мережі або безпосередньо до споживачів;

3) Захист - захищають інвертори та інше обладнання від перевантажень та коротких замикань.

- Для вітрових електростанцій (ВЕС):

1) Трансформаторні підстанції - КРУ використовуються для трансформації напруги, яка генерується вітровими турбінами, до рівня, який підходить для передачі або розподілу;

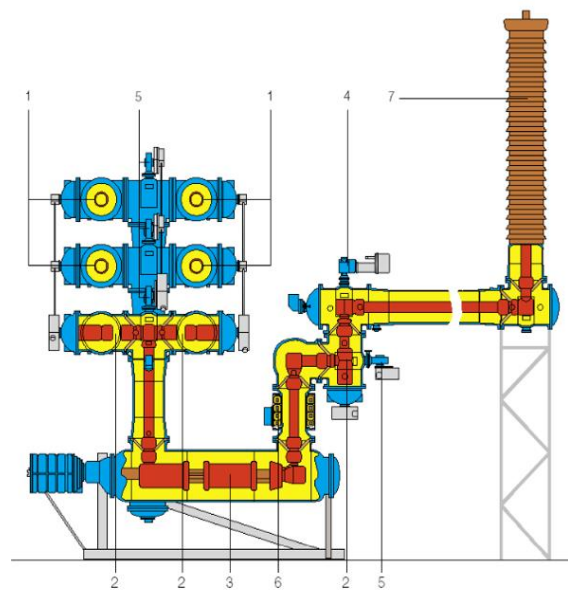
2) Захист і контроль - забезпечують захист від коротких замикань та моніторинг стану турбін й іншого обладнання.

- Для гідроелектростанцій (ГЕС):

1) Розподіл енергії - КРУ використовують для розподілу електроенергії, генерованої гідроелектростанціями, до локальних або регіональних мереж;

2) Стабільність мережі - забезпечується висока стабільність і безперебійність роботи мережі, захищаючи від перепадів напруги та інших небажаних ситуацій.

4



Конструкція КРУЕ типу ELK 3

5

Основні умови та критерії, що враховуються при виборі схеми РУ:

- 1) пропускна здатність, вибір схеми залежить від кількості і потужності підключених споживачів. Більші навантаження вимагають складніших схем, здатних витримувати великі струми;
- 2) розподіл навантаження, важливо враховувати нерівномірність розподілу навантаження по мережі;
- 3) надійність постачання, схема повинна забезпечувати мінімальні перебої в електропостачанні. Для критичних об'єктів використовують схеми з високим рівнем резервування;
- 4) захист і безпека, схема повинна забезпечувати захист від аварійних ситуацій та безпечну експлуатацію;
- 5) умови навколишнього середовища, зовнішні РУ повинні бути стійкими до впливу погоди, температурних коливань, вологи і пилу;
- 6) технічне обслуговування, схема повинна дозволити зручне і безпечне обслуговування та ремонт обладнання;
- 7) вартість обладнання та монтажу, вибір схеми повинен бути економічно обґрунтованим, враховуючи вартість устаткування, монтажу та подальшої експлуатації;
- 8) економія енергії, оптимізація схеми для зменшення втрат енергії під час передачі і розподілу;
- 9) розміри і місце розташування, компактність установки може бути важливою у міських умовах або обмежених просторових умовах;
- 10) резервні лінії та компоненти, наявність резервних ліній та компонентів для підвищення надійності та гнучкості роботи мережі;
- 11) можливість розширення, гнучкість у випадку необхідності подальшого розширення або модернізації мережі.

6