

Вінницький національний технічний університет

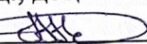
Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

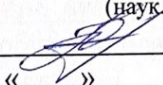
Електрична частина гідроелектростанції з аналізом питань експлуатації
комплектних розподільних установок із елегазовою ізоляцією

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

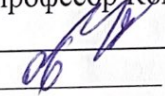
Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС _____
Нетребський В. В. 

«____» _____ 2024 р.

Рецензент: М.Б.Н. РОСНОВА ЕССЕН
(наук. ступінь, вч. звання, назва кафедри)

 «____» _____ 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» 05 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Нагорняку Богдану Васильовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Електрична частина гідроелектростанції з аналізом питань експлуатації комплектних розподільних установок із елегазовою ізоляцією»

Керівник роботи к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС Нетребський В. В.

затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 80

2. Термін подання студентом роботи 10 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи: 1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с. 2. Надійність КРУЕ компанії АББ, будівля для КРУЕ, експлуатаційні затрати, критерії вибору, міжнародний досвід: відповіді на часті питання. – АББ, 2011. – 10 с. 3. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікацій-них 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.

Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів: Відстань до енергосистеми 168 км; максимальна потужність, що віддається в систему 185 МВт; максимальна потужність, що віддається в район 90 МВт ; номінальний опір системи 0,2 в.о.; номінальна напруга системи 330 кВ.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Розрахунок станції із використанням елегазового обладнання. 2. Елегаз та його особливості експлуатації. 3. Характерні особливості та принцип роботи КРУЕ. 4. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1.Варіанти вибору схеми ЕС та РП. 2. Результати вибору комут. апаратів. 3. Переваги КРУЕ. 4. Будова КРУЕ. 5. Компоненти КРУЕ 6. Ефективність КРУЕ.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Нетребський В. В., к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. к.т.н., проф., професор каф. ЕСС		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітки
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження завдання БДР	21.01.2024	31.01.2024	
2	Вступ. Огляд літературних джерел	01.02.2024	10.02.2024	
3	Розрахунок та оптимізація електричної станції (розділ 1 БДР)	11.02.2024	15.03.2024	
4	Елегаз як високоефективне ізоляційне середовище (розділ 2 БДР)	16.03.2024	24.03.2024	
5	Конструкція та функціонування КРУЕ (розділ 3 БДР)	25.03.2024	02.05.2024	
6	Виконання розділу охорона праці (розділ 4 БДР)	03.05.2024	19.05.2024	
7	Формування висновків по роботі	20.05.2024	25.05.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2024	07.06.2024	
9	Виконання графічної частини та оформлення презентації	08.06.2024	25.06.2024	
10	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	26.05.2024	31.05.2024	
11	Рецензування БДР	01.06.2024	10.06.2024	
	Захист БДР	18.06.2024	21.06.2024	

Студент

(підпис)

Б. В. Нагорняк

Керівник роботи

(підпис)

В. В. Нетребський

АНОТАЦІЯ

Нагорняк Б. В. «Електрична частина гідроелектростанції з аналізом питань експлуатації комплектних розподільних установок із елегазовою ізоляцією». Бакалаврська робота. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 71 с. Рис. 30, табл.22, бібліогр. 21.

У даній роботі здійснюється всебічний аналіз комплектних розподільних установок з елегазовою ізоляцією, включаючи їх конструкцію, характеристики та особливості функціонування. Для ефективної роботи енергетичних станцій та комплексів застосовуються розподільні установки, такі як КРУЕ, які здатні надійно й ефективно виконувати свої функції. КРУЕ мають свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при їх експлуатації.

Для аналізу функціонування та керування роботою КРУЕ використовуються шафи дистанційного керування. Ці пристрої збирають дані про збої в роботі, комутаційні процеси та інші параметри, що дозволяє оцінити ефективність і надійність установки.

Комплектні розподільні установки з елегазовою ізоляцією забезпечують високу надійність роботи підстанцій, знижують витрати на обслуговування та підвищують безпеку експлуатації. Крім того, завдяки високим електричним характеристикам елегазу, такі установки забезпечують тривалу та безперебійну роботу електрообладнання.

ABSTRACT

Nagornyak B. V. "The electrical part of the power plant with an analysis of the issues of operation of complete switchgears with electric and gas insulation." Bachelor work. – Vinnytsia: VNTU, 2024. – 71 p. Fig. 30, table 22, bibliography. 21.

In this work, a comprehensive analysis of complete gas-insulated switchgear is carried out, including their construction, characteristics and peculiarities of functioning. For the efficient operation of power plants and complexes, switchgears, such as gas-insulated switchgear, are used, which are able to perform their functions reliably and efficiently. gas-insulated switchgear have their advantages and disadvantages, which must be taken into account during their operation.

Remote control cabinets are used to analyze the operation and control of the gas-insulated switchgear. These devices collect data on malfunctions, switching processes and other parameters, which allows to evaluate the efficiency and reliability of the installation.

Complete gas-insulating switchgear ensure high reliability of substation operation, reduce maintenance costs and increase operational safety. In addition, due to the high electrical characteristics of gas-insulated, such installations ensure long-term and trouble-free operation of electrical equipment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ	7
1.1 Розрахунок теплових та електричних навантажень станції	7
1.2 Вибір основного устаткування станції	14
1.2.1 Вибір гідрогенераторів	14
1.3 Вибір головної схеми електричних з'єднань електростанції	15
1.3.1 Вибір зв'язків електростанції із місцевим районом та системою.....	15
1.3.2 Вибір структурної схеми електричної станції	16
1.3.3 Вибір електричних трансформаторів	18
1.3.4 Вибір схеми РП.....	22
1.3.5 Розрахунки втрат потужностей в трансформаторах.....	23
1.3.6 Техніко-економічні порівняння варіантів структурної схеми.....	24
1.4 Схема власних потреб електростанції	26
1.5 Розрахунок струмів короткого замикання.....	27
1.5.1 Схема розрахунку електроустановки	27
1.5.2 Заступна схема електростанції	29
1.5.3 Розрахунок величин всіх елементів електричної схеми заміщення	29
1.6 Вибір комутаційного устаткування	33
2 ЕЛЕГАЗ ЯК ВИСОКОЕФЕКТИВНЕ ІЗОЛЯЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ	37
3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ КРУЕ	40
3.1 Загальна інформація про КРУЕ.....	40
3.2 Огляд по елементам КРУЕ компанії АББ	42
3.2.1 Особливості КРУЕ.....	42
3.2.2 Переваги та характеристики.....	45
3.2.3 Високовольтний вимикач АББ	48
3.2.4 Привід вимикача.....	49
3.2.5 Роз'єднувач-заземлювач	51
3.2.6 Поради задля підвищення ефективності РП.....	57
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	59
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	60

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	60
4.1.2 Електробезпека.....	60
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	62
4.2.1 Мікроклімат.....	62
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	63
4.2.3 Виробниче освітлення	63
4.2.4 Виробничий шум.....	64
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки.....	65
ВИСНОВОК.....	68
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	69
ДОДАТОК А.....	73
ДОДАТОК Б	74

ВСТУП

У сучасному світі електрична енергія є невід'ємною частиною нашого життя, забезпечуючи роботу електричних пристроїв та систем у всіх сферах діяльності. Зростаюча потреба в стабільній та надійній генерації електроенергії спонукає до вдосконалення та оптимізації електростанцій.

Актуальність теми. Забезпечення стабільної генерації електроенергії: В умовах зростаючих енергетичних потреб суспільства, забезпечення стабільної та якісної генерації електроенергії є критично важливим завданням. Використання комплектного розподільного устаткування з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) допоможе покращити надійність і сталість роботи електростанцій та забезпечити ефективне функціонування електричних систем.

Енергоефективність та економічна доцільність: КРУЕ сприяє ефективній генерації електроенергії та зниженню витрат на її виробництво. Використання сучасного обладнання дозволяє визначити оптимальні рішення для забезпечення енергоефективності та економічної доцільності електростанцій.

Розвиток енергетичних технологій: Завдяки швидкому розвитку енергетичних технологій, таких як відновлювана енергія та електромобільна інфраструктура, важливо вивчати та впроваджувати комплектне розподільне устаткування з елегазовою ізоляцією для адаптації електростанцій до нових вимог та викликів.

Надійність та безпека: Нестабільність та збої в роботі електростанцій можуть призвести до аварійних ситуацій та пошкоджень обладнання. Використання КРУЕ допомагає виявити та усунути проблемні ділянки, підвищуючи надійність і безпеку електростанцій.

Отже, дослідження комплектного розподільного устаткування з елегазовою ізоляцією є актуальною науково-прикладною задачею. Одним із важливих аспектів електричних систем є забезпечення сталості та надійності, що досягається завдяки використанню КРУЕ. Це устаткування здатне забезпечити високу ефективність роботи електростанцій, мінімізуючи ризики та покращуючи якість генерації електроенергії.

Ця дипломна робота присвячена детальному аналізу комплектного розподільного устаткування з електричною ізоляцією, включаючи його будову, параметри та особливості роботи.

Метою дослідження є вивчення різних аспектів КРУЕ, таких як технічні характеристики, принципи роботи та вплив на ефективність роботи електростанцій.

Метою даної роботи є аналіз та оцінка комплектного розподільного устаткування з електричною ізоляцією на електростанціях.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язано такі **основні задачі**:

Розробка та аналіз структури та параметрів комплектного розподільного устаткування з електричною ізоляцією.

Вивчення різних технічних характеристик та особливостей роботи КРУЕ.

Збір та аналіз відповідних даних про експлуатацію КРУЕ в різних умовах.

Розробка математичних моделей та комп'ютерних симуляцій для оцінки ефективності роботи КРУЕ.

Об'єктом дослідження є комплектне розподільне устаткування з електричною ізоляцією.

Предметом дослідження є технічні характеристики та особливості роботи КРУЕ.

1 РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Розрахунок теплових та електричних навантажень станції

Режим роботи електростанцій задається графіками електричних навантажень електричної системи і району, що обслуговується. Потужність електричної станції має забезпечувати покривання графіків навантажень із урахуванням втрат електроенергії, пов'язаних із її передачею з місця виробітку до місця перетворювання та споживання, а також втрати на власні потреби станції.

Побудова графіків навантаження в іменованих одиницях робиться за допомогою формули:

$$P_{pt} = \frac{P'_{pt} \cdot P_{p \max}}{100}, \quad (1.1)$$

де P'_{pt} – навантаження місцевого району, %;

$P_{p \max}$ – максимальне навантаження місцевого району, МВт.

Передавання електроенергії пов'язане з втратами, що поділяються на постійні ΔP_1 , які не залежать від струмів навантаження, та змінні ΔP_2 , яка пропорційна квадрату струмів навантаження. Під час розрахунків графіків навантажень відносну величину витрат можна прийняти як:

- в мережі місцевого району $\Delta P'_1 = (0,01 \div 0,015)$; $\Delta P'_2 = (0,06 \div 0,08)$;

- в мережі системи $\Delta P''_1 = (0,02 \div 0,03)$; $\Delta P''_2 = (0,14 \div 0,16)$.

Навантаження у місцевому районі в (МВт):

$$P_{pt} = \frac{P'_{pt} \cdot P_{pmax}}{100}; \quad (1.2)$$

$$P_{pt} = \frac{94 \cdot 90}{100} = 84,6 \text{ (МВт)}$$

Навантаження в системі у (МВт):

$$P_{ct} = \frac{P'_{ct} \cdot P_{cmax}}{100}; \quad (1.3)$$

$$P_{ct} = \frac{100 \cdot 185}{100} = 185 \text{ (МВт)}$$

Постійні витрати у мережі МР:

$$\Delta P_{1p} = \Delta P'_1 \cdot P_{p\max}; \quad (1.4)$$

$$P_{1p} = 0.01 \cdot 90 = 0,9 \text{ (МВт)}$$

Постійні витрати у мережі С:

$$\Delta P_{1c} = \Delta P'_1 \cdot P_{c\max}; \quad (1.5)$$

$$P_{1c} = 0.02 \cdot 185 = 3,7 \text{ (МВт)}$$

Змінні витрати в мережі МР:

$$\Delta P_{2p} = \Delta P'_2 \cdot \frac{P_{pt}^2}{P_{p\max}}; \quad (1.6)$$

$$P_{2p} = \frac{0,06 \cdot 84,6^2}{90} = 4.77 \text{ (МВт)}$$

$$\Delta P_{2c} = \Delta P'_2 \cdot \frac{P_{ct}^2}{P_{c\max}}; \quad (1.7)$$

$$P_{2c} = \frac{0,14 \cdot 185^2}{185} = 25.9 \text{ (МВт)}$$

Сумарна потужність, що віддається в місцевий район:

$$P_{p\text{від}} = P_{pt} + \Delta P_{1p} + \Delta P_{2p}; \quad (1.8)$$

$$P_{p\text{від}} = 84.6 + 0,9 + 4,77 = 90,27 \text{ (МВт)}$$

Сумарна потужність, що віддається в систему:

$$P_{c\text{від}} = P_{ct} + \Delta P_{1c} + \Delta P_{2c}; \quad (1.9)$$

$$P_{c\text{від}} = 185 + 3,7 + 25,9 = 214,6 \text{ (МВт)}$$

Сумарна потужність, що віддається із шини станції:

$$P_{\text{від}} = P_{p\text{від}} + P_{c\text{від}}; \quad (1.10)$$

$$P_{\text{від}} = 90,27 + 214,6 = 304,87 \text{ (МВт)}$$

Встановлена потужність електростанції:

$$P_{\text{стан}} = 9 \cdot 36 = 324 \text{ (МВт)}$$

Потужність, що йде на власні потреби електростанції:

$$P_{\text{ВП}} = \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{P_{\text{від}}}{P_{\text{вст}}} \right) \cdot \frac{P'_{\text{ВП}} \cdot P_{\text{від.мак}}}{100}; \quad (1.11)$$

$$P_{\text{ВП}} = \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{304,87}{324} \right) \cdot \frac{1 \cdot 304,87}{100} = 2,94 \text{ (МВт)}$$

Потужність, що виробляється електричними генераторами:

$$P_{\text{вир}} = P_{\text{від}} + P_{\text{ВП}}; \quad (1.12)$$

$$P_{\text{вир}} = 304,87 + 2,94 = 307,81 \text{ (МВт)}$$

Таблиця 1.1 - Результати розрахунку електронавантажень

Складові витрат потужності	Режим	Години доби							
		0-6	6-8	8-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-24
Навантаження місцевого району,%	Повнов.	94	91	99	95	96	97	100	100
	Малов.	22	25	28	30	25	27	39	28
Навантаження місцевого району, МВт	Повнов.	84,6	81,9	89,1	85,5	86,4	87,3	90	90
	Малов.	19,8	22,5	25,2	27	22,5	24,3	35,1	25,2
Постійні втрати потужності в мережах місцевого району, МВт	Повнов.	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
	Малов.	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Змінні втрати потужності в мережах місцевого району, МВт	Повнов.	4,77	4,47	5,29	4,87	4,98	5,08	5,4	5,4
	Малов.	0,26	0,34	0,42	0,49	0,34	0,39	0,82	0,42
Потужність, що віддається в місцевий район, МВт	Повнов.	90,27	87,27	95,29	91,27	92,27	92,28	93,28	96,3
	Малов.	20,96	23,74	26,52	28,39	23,74	25,59	36,82	26,52
Навантаження системи, %	Повнов.	100	100	95	95	96	99	94	95
	Малов.	21	23	25	24	27	38	29	27

Навантаження системи, МВт	Повнов.	185	185	175,75	175,75	177,6	183,15	173,9	175,75
	Малов.	38,85	42,55	46,25	44,4	49,95	70,3	53,65	49,95
Постійні втрати потужності в мережах системи, МВт	Повнов.	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
	Малов.	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Змінні втрати потужності в мережах системи, МВт	Повнов.	25,9	25,9	23,37	23,37	23,87	25,38	22,89	23,37
	Малов.	1,14	1,37	1,62	1,49	1,89	3,74	2,18	1,89
Потужність, що віддається в систему, МВт	Повнов.	214,6	214,6	202,83	202,83	205,17	212,24	200,49	202,83
	Малов.	43,69	47,62	51,57	49,59	55,54	77,74	59,53	55,54
Сумарна потужність, що віддається з шин станцій, МВт	Повнов.	304,87	301,87	298,12	294,1	297,45	305,52	296,79	299,12
	Малов.	64,65	71,36	78,09	77,98	79,28	103,33	96,35	82,06
Витрати на власні потреби, МВт	Повнов.	2,94	2,93	2,91	2,88	2,9	2,95	2,9	1,69
	Малов.	1,59	1,63	1,66	1,66	1,67	1,81	1,77	1,69
Потужність, що виробляється генераторами ЕС, МВт	Повнов.	307,82	304,8	301,03	297	300,35	308,47	299,69	302,04
	Малов.	66,24	72,98	79,76	79,64	80,95	105,14	98,12	83,75

Техніко-економічні показники електричної станції:

1) Максимальне навантаження електростанції:

$$P_{\max} = 308.47 \text{ (МВт)}$$

2) Річний виробіток енергії:

$$E_n = (6 \cdot 307,82 + 4 \cdot (301,03 + 302,04) + 2 \cdot (304,8 + 297 + 300,35 + 308,47 + 299,69)) \cdot 65 + (6 \cdot 66,24 + 4 \cdot (79,76 + 83,75) + 2 \cdot (72,98 + 79,64 + 80,95 + 105,14 + 98,12)) \cdot 300 = 778141,5 \text{ (МВт} \cdot \text{год)}$$

3) Встановлена потужність електростанції:

$$P_{\text{встан}} = 8 \cdot 40 = 320 \text{ (МВт)}$$

4) Середнє навантаження електричної станції:

$$P_{\text{ср}} = \frac{E_p}{8760}; \quad (1.13)$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{778141.5}{8760} = 88.83 \text{ (МВт)}$$

5) Коефіцієнт заповненості графіка:

$$K_3 = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{max}}}; \quad (1.14)$$

$$K_3 = \frac{88,83}{308,47} = 0.29$$

6) Коефіцієнт використання встановленої потужності:

$$K_B = \frac{P_{\text{ср}}}{P_{\text{вст}}}; \quad (1.15)$$

$$K_6 = \frac{88,83}{320} = 0.28$$

7) Кількість годин використання максимального навантаження:

$$T_{\text{max}} = \frac{E_p}{P_{\text{max}}}; \quad (1.16)$$

$$T_{\text{max}} = \frac{778141.5}{308,47} = 2522,58 \text{ (год)}$$

8) Кількість годин використання встановленої потужності:

$$T_{\text{вст}} = \frac{E_p}{P_{\text{вст}}}; \quad (1.17)$$

$$T_{\text{max}} = \frac{778141.5}{320} = 2431,69 \text{ (год)}$$

9) Коефіцієнт резерву:

$$K_p = \frac{P_{\text{вст}}}{P_{\text{max}}}; \quad (1.18)$$

$$K_9 = \frac{320}{308,47} = 1,037$$

За результатами розрахунків будуюмо добові графіки потужностей для повно- та маловодних періодів роботи (рисунок 1.1) та (рисунок 1.2), приймаємо, що маловодний термін триває близько 300 діб, а повноводний - 65 діб.

Щоб побудувати графіки навантаження, тобто потужностей, які віддається в місцевий район, використаємо графу із таблиці 1.1. По вертикалі відкладаємо величину, що надає потужність для даного періоду, а по горизонталі – протяжність навантажень протягом доби. Тривалість вимірюється в годинах.

За таким же ж принципом будуюмо графіки навантажень, тобто потужності, що віддається у систему (для повно- та маловодного періодів) та графік потужності, що виробляють генератори ЕС.

Для того, щоб побудувати річний графік навантаження будуюмо дві вісі. По вертикальній осі відкладемо величину потужності, яка виробляється генераторами електричними станціями, по ступені зменшення величини. По горизонтальній осі відкладаємо години, протягом року. Протягом навантаження визначаємо шляхом видобутку кількості навантаження за добу на величину тривалісті періоду. Графік складаємо для всіх значень потужностей, що знаходяться у останньому рядку таблиці.

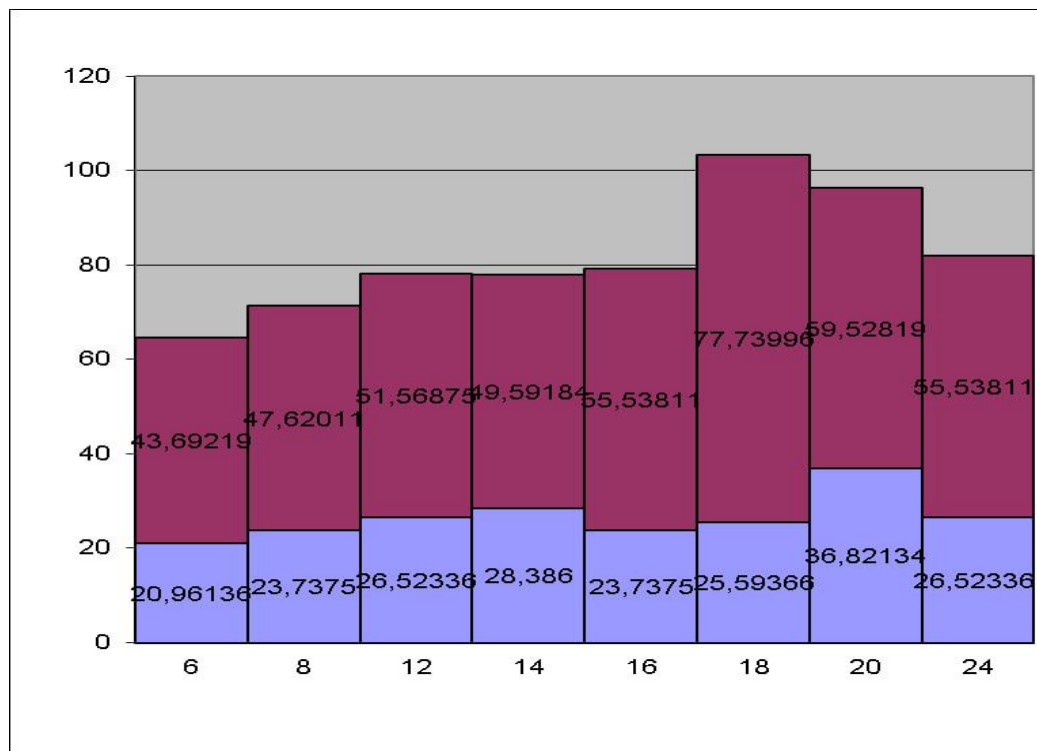


Рисунок 1.1 - Добовий графік потужностей, що віддаються у місцевий район

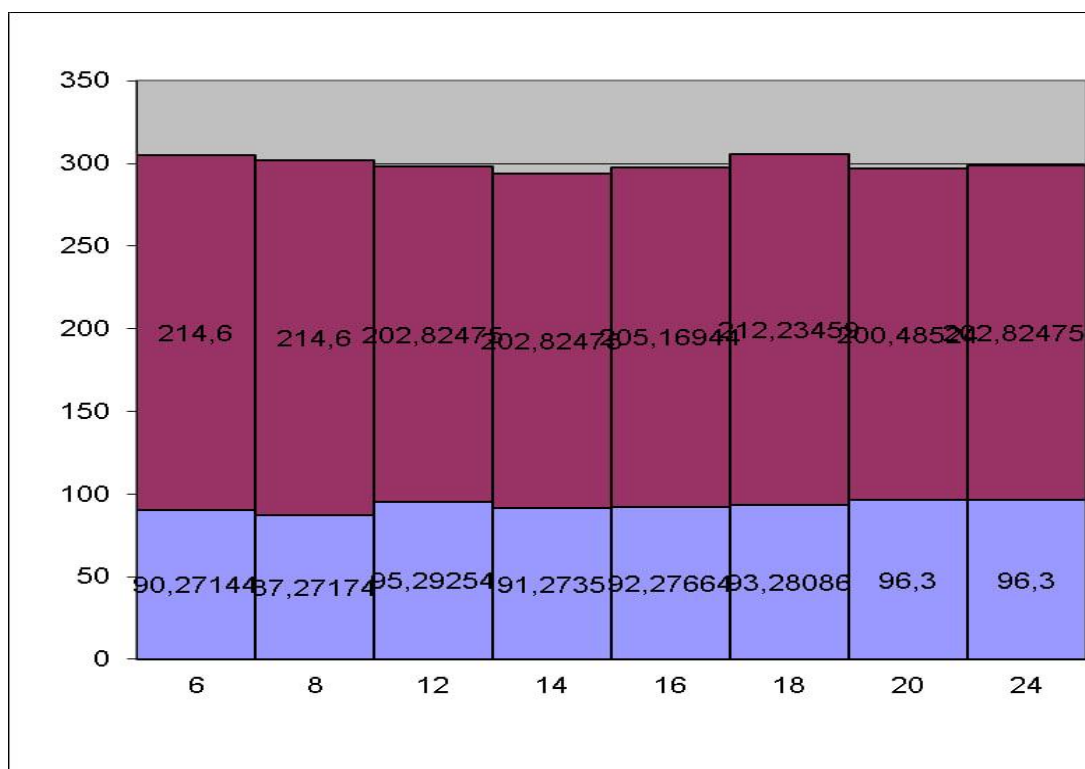


Рисунок 1.2 - Добовий графік потужностей, що віддаються в систему

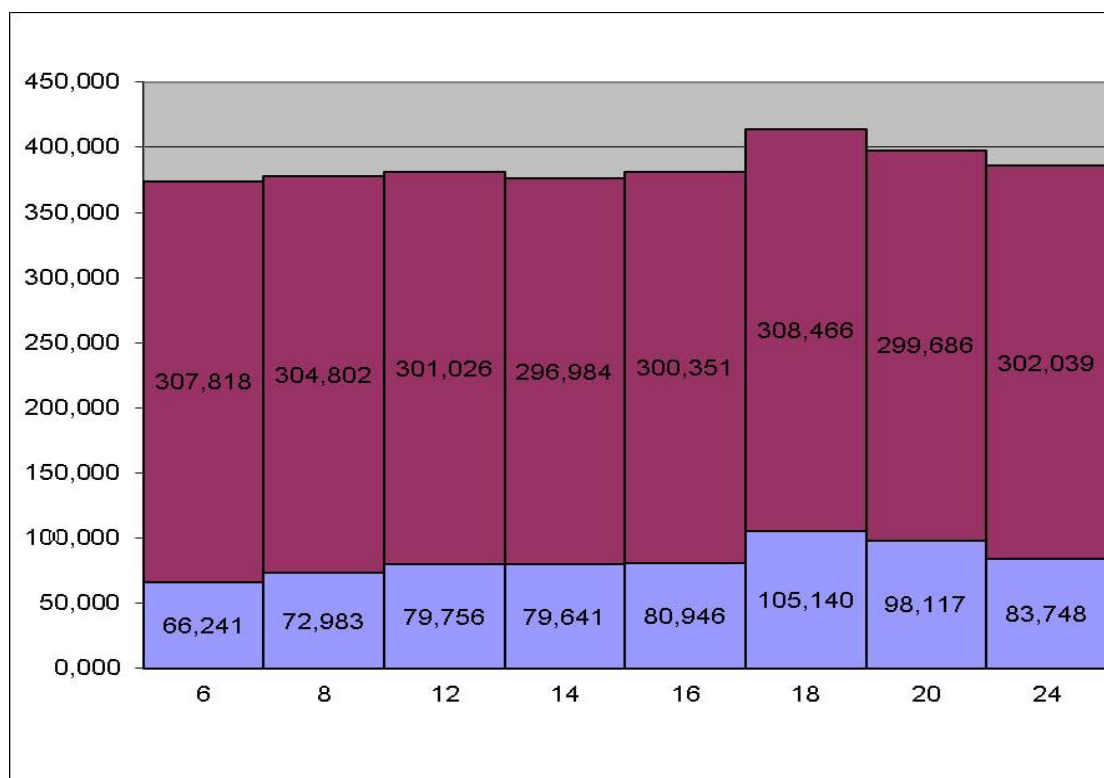


Рисунок 1.3 - Добовий графік потужностей, що виробляються генераторами

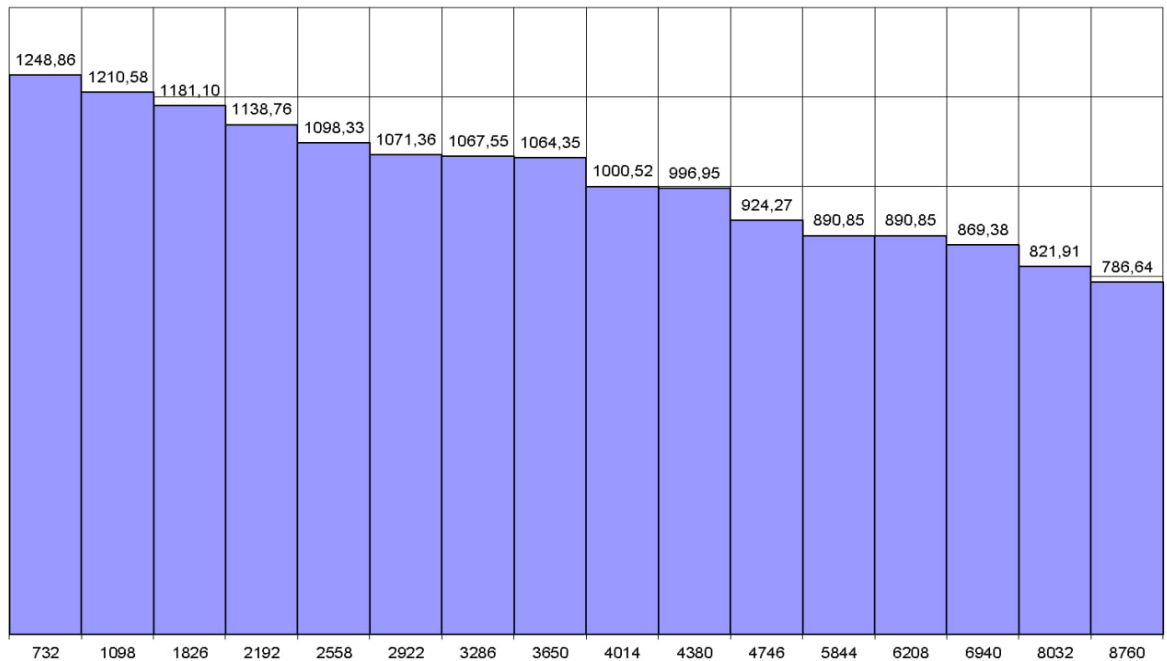


Рисунок 1.4 - Річний графік навантажень

1.2 Вибір основного устаткування станції

Основне устаткування по можливості потрібно вибирати подібним, бо завдяки цьому забезпечується кращі умови експлуатації, можливість індустріалізації будівництва та ремонту. До основного енергетичного устаткування ГЕС відносяться агрегати-генератори.

1.2.1 Вибір гідрогенераторів

Тип турбін залежить від максимального напору на ГЕС. Рекомендується використовувати наступні проектні рішення: при напорах до 150 метрів – поворотно-лопатеві і пропелерні турбіни (до 20 метрів використовувати осьові горизонтальні, до 80 м використовувати осьові вертикальні, від 40 до 150 метрів – діагональні), при напорах від 45 до 600 метрів – радіально-осьові, при напорах води від 500 метрів і вище – ковшові турбіни.

Число та одинична потужність генераторів має відповідати числу та потужностям турбін.

Тож, вибираємо гідрогенератори типу СВО-733/130-36 із такими параметрами:

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики гідрогенератора

Тип	S_n , МВА	P_n , МВт	U_n , кВ	$\cos \phi_n$	I_n , кА	x_d''	К-сть
СВО-733/130-36	45,6	40/33,4	10	0,9	2,42	0,33	8

Вибране тех. обладнання потрібне для забезпечення надійної роботи станції, а також перспективу виробництва електроенергії по заданим графікам навантажень.

1.3 Вибір головної схеми електричних з'єднань електростанції

Вибір головної схеми електроз'єднань є важливою ланкою у проектуванні електроенергетичної частини станції, через те що він визначає весь склад елементів та зв'язків серед них. В основі вихідних даних для вибору головної схеми слугує тип електростанції та вид палива, що викистовується; кількість та потужність гідроагрегатів станції; графіки навантаження споживачів та їх склад; дані про енергосистему.

1.3.1. Вибір зв'язків електростанції із місцевим районом та системою

Проектування схем приєднання станції для системи полягає у виборі напруг, на які буде вироблятися енергія, кількість та пропускна спроможність ЛЕП на всіх напругах. У зв'язку із різноманітністю вихідних умов виробіток енергії в залежності від типу станції може здійснюватися на різних підвищених напругах.

В переважній більшості разів виробіток потужності відбувається на двох та більше напругах: 110-220 кВ - в місцевому районі навантажень (у радіусі 30-150 кілометрів) та 330-750 кВ - в основну мережу системи чи у основні мережі двох напруг (під час відсутності живлення місцевого району) - 220-330 та 500-750 кВ. Виробіток потужності у данній роботі виконується за допомогою двох напруг: в системі - 220 кВ та у місцевому районі – 35 кВ.

При виборі кількості і пропускної здатності ЛЕП на напругу 110 кВ і вище потрібно, щоб виконувались такі умови:

1) під час відключення однієї з ЛЕП повинен, щоб забезпечувався виробіток усієї потужності станції;

2) під час одночасного відключення двох ЛЕП у повній схемі чи при аварійному відключенні однієї з ліній у ремонтному стані схеми електромережі допускається обмеження електричної потужності, але без зупинки блоків по можливості.

Кількість ЛЕП визначимо за наступними формулами:

Число ліній зв'язку із системою:

$$n_c = \frac{P_{с.в.г.ітmax}}{P_{зр.}} + 1 = \frac{304,87}{110} + 1 \approx 3,77 = 4 \quad (1.3.1)$$

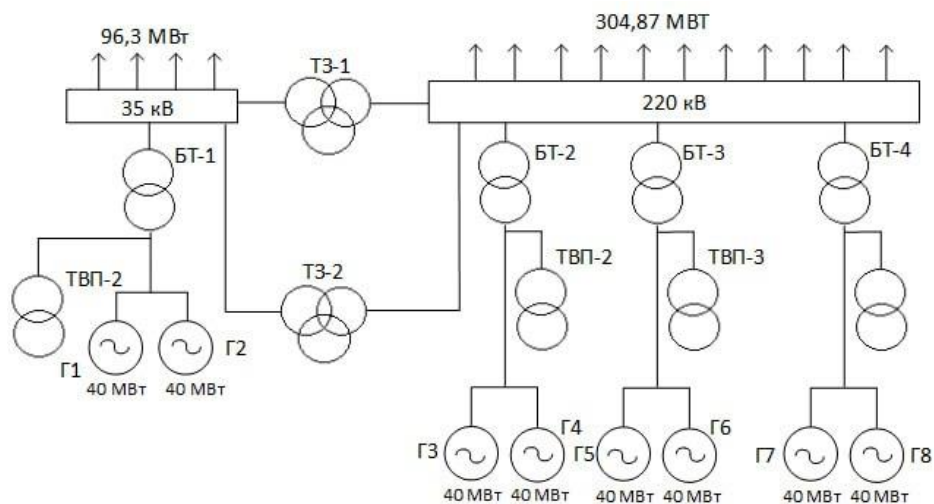
Число ліній зв'язку із місцевим районом:

$$n_{mp} = \frac{P_{м.р.маx}}{P_{зр.}} + 1 = \frac{96,3}{10} + 1 \approx 10,63 = 11 \quad (1.3.2)$$

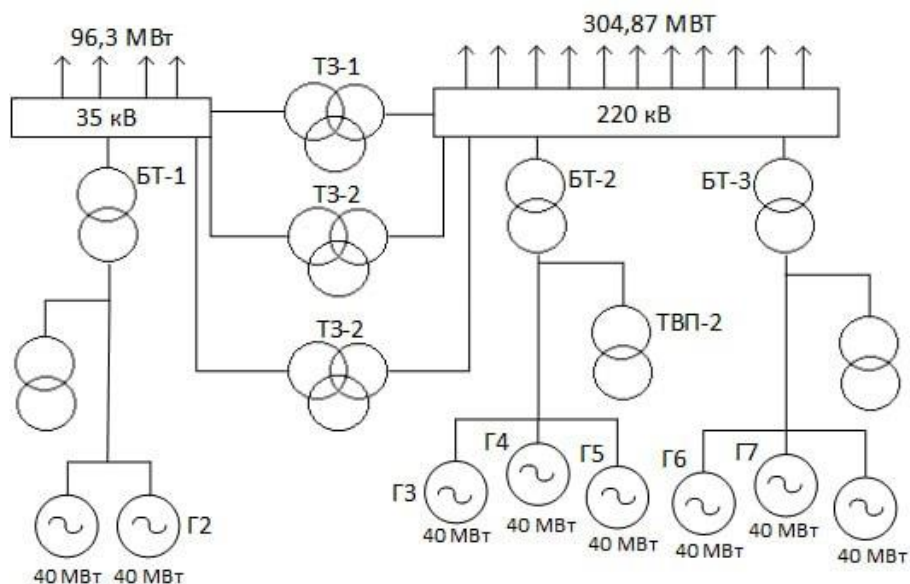
1.3.2 Вибір структурної схеми електричної станції

Структурна схема частини електричної станції передбачає розподілення генераторів між розподільними пристроями різних напруг, склад блоків генератор - трансформатор та вид електричних та магнітних зв'язків між РП (автотрансформаторні чи трансформаторні).

Розподілення генераторів між розподільними пристроями на різні напруги робиться із обліком потужності, яка віддається з шин різних напруг $P_{від}$. При цьому потрібно прагнути до перетікання із РП однієї напруги у РП іншої напруги при нормальних та аварійних режимах роботи був мінімальним.



а) варіант 1



б) варіант 2

Рисунок 1.5 – Варіанти структурних схем ГЕС

Перетікання надлишкової електричної потужності буде здійснюватися через ТДТН, що з'єднує РП 35 і 220 кВ. ТЗ вибирається із умов надійності. При цьому, структурна схема ГЕС складається із двох РП – 220 і 35 кВ, що з'єднані через ТДТН.

1.3.3 Вибір електричних трансформаторів

Вибір трансформаторів розглядається у контексті визначення типу, кількості та номінальної потужності. Є рекомендація до застосування трифазних трансформаторів. Усі трансформатори та автотрансформатори, окрім двохобмоткових блочних трансформаторів, необхідно щоб мали пристрої для регулювання напруги під навантаженням (РПН).

Вибір електротрансформаторів власних потреб:

$$S_{p.твн} = \frac{P'_{en,max}}{100} \cdot K_n \cdot P_2 \quad (1.3.3)$$

На блок 35 МВт:

$$S_{p.твн} = \frac{2,95}{100} \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 40 = 1,65 \text{ (МВА)}$$

Вибір блочних трансформаторів.

Так, як і кожен генератор включається в блок із трансформатором, та на відгалуження до блока включається лише навантаження власних потреб, то відповідно:

$$S_{ном.т} \geq S_{н.г} - S_{вн} \quad (1.3.4)$$

де $S_{ном.г}$ – повна потужність гідрогенератора;

$S_{в.п}$ – повне навантаження власних потреб ЕС при роботі генератора із номінальною потужністю;

На блок 35 МВт:

$$S_{ном.т1} \geq 90,12 - 1,65 = 88,47 \text{ (МВА)}$$

На блок 220 МВт:

$$S_{ном.т2-3} \geq 90,12 - 1,65 = 88,47 \text{ (МВА)}$$

Вибір електротрансформаторів зв'язку.

Варіант 2.

Вибір потужності електротрансформаторів зв'язку виконується при аналізі перетоків потужностей між розподільними пристроями у різних режимах роботи.

а) режим максимального навантаження для місцевого району:

$$S_{p.\max} = \sum_{i=1}^n S_{\text{ном.г.і}} - S_{\text{в.п.ном}} - S_{\text{р.від.мах}} \quad (1.3.5)$$

$$S_{p.\max} = 90,12 - 1,65 - 96,3 = -7,83 \text{ (МВА)}$$

де $S_{\text{ном.г.і}}$ - номінальна потужність генераторів, ввімкнена на шини місцевого району; $S_{\text{в.п.ном}}$ - потужність власних потреб під час роботи генераторів із номінальним навантаженням; $S_{p.\max}$ - максимальна потужність, яка віддається на шини станції у місцевому районі (табл. 1.1).

б) режим мінімального навантаження для місцевого району:

$$S_{p.\min} = \sum_{i=1}^n S_{\text{ном.г.і}} - S_{\text{в.п.ном}} - S_{\text{р.від.мін}} \quad (1.3.6)$$

$$S_{p.\min} = 90,12 - 1,65 - 20,96 = 67,51$$

де $S_{p.\min}$ - мінімальна потужність, яка віддається на шини електростанції у місцевий район (табл. 1.1).

в) аварійний вихід найбільш потужного генератора:

$$S_{p.\text{ав}} = \sum_{i=1}^{n-1} S_{\text{ном.г.і}} - S_{\text{в.п.ном}} - S_{\text{р.від.мах}} \quad (1.3.7)$$

$$S_{p.\text{ав}} = 45,6 - 0,82 - 96,3 = -51,52 \text{ (МВА)}$$

Потрібно врахувати, якщо виході із ладу одного із трансформаторів, то трансформатор, який залишився у роботі, має забезпечити перетік всієї потужності у режимі із максимальним навантаженням із урахуванням допустимих перевантажень:

$$S'_{ном.т} = \left| \frac{S_{p.маx}}{1,4} \right|$$

$$S'_{ном.т} = \left| \frac{7,83}{1,4} \right| = 5,6 \text{ (MBA)} \quad (1.3.8)$$

$$S'_{ном.т} = \left| \frac{S_{p.мін}}{1,4} \right|$$

$$S''_{ном.т} = \left| \frac{67,51}{1,4} \right| = 48,22 \text{ (MBA)} \quad (1.3.9)$$

$$S'_{ном.т} = \left| \frac{S_{p.ав}}{2} \right|$$

$$S'''_{ном.т} = \left| \frac{51,52}{2} \right| = 25,76 \text{ (MBA)} \quad (1.3.10)$$

За більшим із значень $S'_{ном.т}, S''_{ном.т}, S'''_{ном.т}$ робиться вибір потужності трансформаторів зв'язку: $S_{р.тз}=48,22 \text{ (MBA)}$

Варіант 1.

Таблиця 1.3 - Характеристики вибраного трансформатора власних потреб

Позначення	Тип	S_n , MBA	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{k.вн-нн}$, %	Вартість, тис. грн	К-сть
ТВП (1-4)	ТМГ-10/0,4	1,65	10,5	0,4	0,5	21	6	1,200	4

Таблиця 1.4 – Характеристики вибраного трансформатора зв'язку

Позначення	Тип	S_n , MBA	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$U_{сн}$, кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{вс}$, %	$U_{вн}$, %	$U_{сн}$, %	Вартість, тис. грн	К-сть
ТЗ (1,2)	ТДТН-63000/220	63	220	10,5	38,5	60	270	11	35,7	21,9	3,8	2

Таблиця 1.5 - Блочні трансформатори

Позначення	Тип	S_n , МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{k.вн-нн}$, %	Вартість	К-сть
БТ-1	ТДЦ- 80000/35	80	38,5	10,5	62	300	9,5	2,7	1
БТ(2-4)	ТДЦ- 125000/220	125	220	10,5	90	380	5	3,35	3

Варіант 2.

Таблиця 1.6 - Трансформатори власних потреб

Позна- чення	Тип	S_n , МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{k.вн-нн}$, %	Вартість, тис. грн	К-сть
ТВП-1	ТМГ 2000	2	10,5	0,4	0,5	21	6	1,200	1
ТВП-(2,3)	ТМ 2500	2,5	10,5	0,4	0,7	26	5	1,250	2

Таблиця 1.7 - Трансформатори зв'язку

По- зна- чення	Тип	S_n , МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$U_{сн}$, кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{k.вн-нн}$, %	$U_{k.сн-нн}$, %	Вар- тість, тис. грн	К- сть
ТЗ	ТДТН- 40000/220	40	220	10,5	38,5	54	220	22	9,5	3,2	3

Таблиця 1.8 - Блочні трансформатори

Позна- чення	Тип	S_n , МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$,кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{k.вн-нн}$, %	Вартість	К-сть
БТ-1	ТДЦ- 80000/35	80	38,5	10,5	62	300	9,5	2,7	1
БТ(2-3)	ТДЦ- 125000/220	125	220	10,5	90	380	5	3,35	2

Обране силове обладнання може забезпечити всі надійні зв'язки між електростанцією та системою, а також між вузлами електростанції.

1.3.4 Вибір схеми РП

Схеми для першого варіанту ВРУ-35 кВ на рисунку 1.6 та ВРУ-220 кВ на рисунку 1.7 та другого ВРУ-35 кВ на рисунку 1.8 та ВРУ-220 кВ на рисунку 1.9.

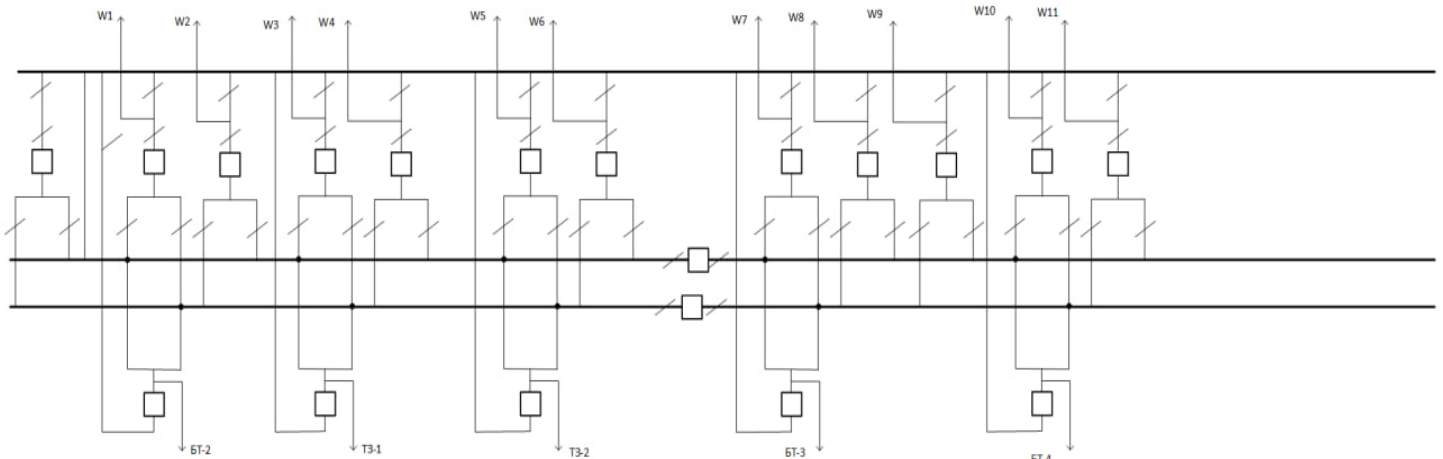


Рисунок 1.6 – Схема ВРУ-220 кВ

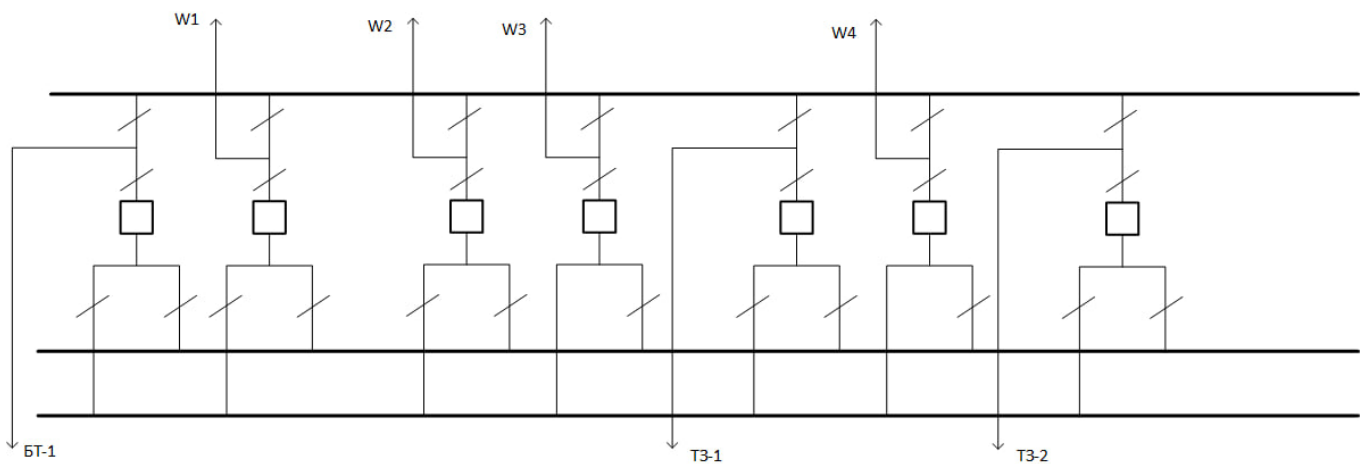


Рисунок 1.7 – Схема ВРУ-35 кВ

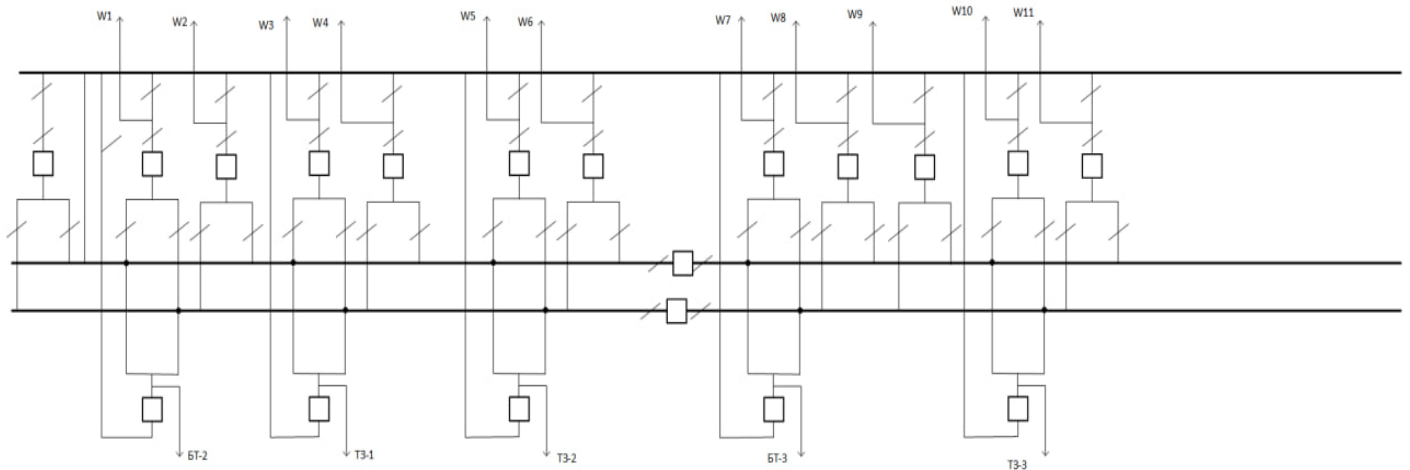


Рисунок 1.8 – Схема ВРУ-220 кВ

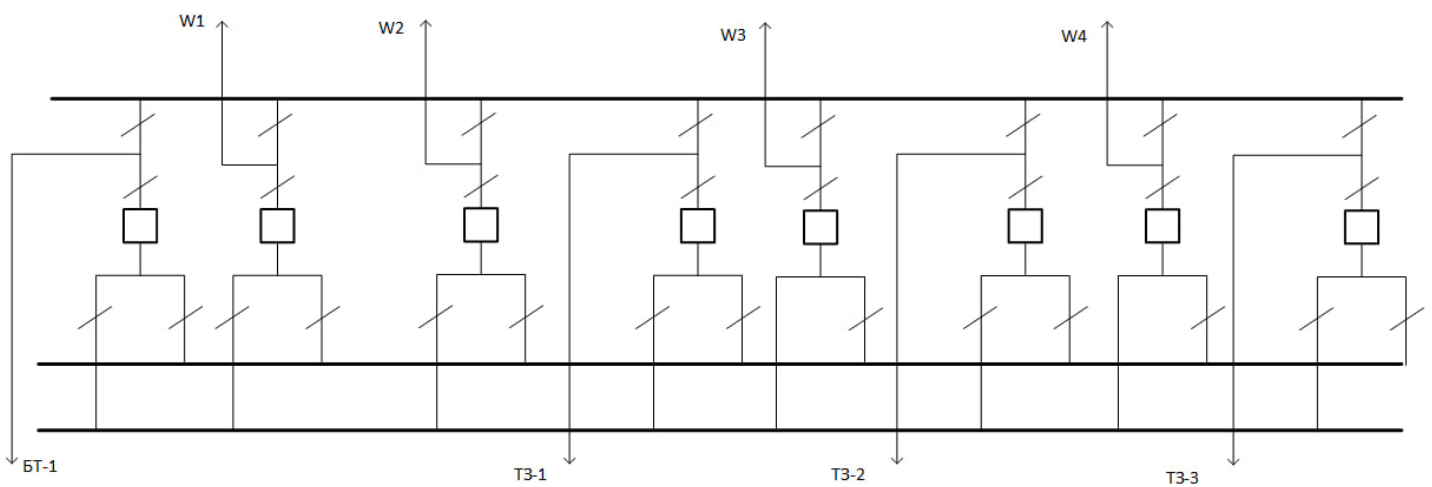


Рисунок 1.9 – Схема ВРУ-35 кВ

1.3.5 Розрахунки втрат потужностей в трансформаторах

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\max}}{10^4}) \cdot 8760 \quad (1.3.11)$$

$$\tau = (0,124 + \frac{2522.58}{10^4}) \cdot 8760 = 3296.02 \text{ (год)}$$

$$W_t = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{kz} \cdot (\frac{S_{\max}}{S_{t.\text{nom}}})^2 \cdot \tau \quad (1.3.12)$$

де P_{xx} , P_{kz} – втрати холостого ходу і короткого замикання;

$S_{\text{ном}}$ – номінальна електрична потужність трансформатора, МВА;

$S_{\max}$ розрахунок максимального навантаження в трансформаторі, що знаходиться за перетоками потужностей у режимі максимального навантаження у місцевому районі і системі одночасно;

$T_{\max}$ – час максимальних витрат в рік;

τ – час максимальних витрат в рік;

Варіант 1.

$$\Delta W_{BT1} = 1 \cdot 62 \cdot 8760 + \frac{1}{1} \cdot 300 \cdot \left(\frac{88,47}{80}\right)^2 \cdot 3296,02 = 1752389,71 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{BT2-4} = 3 \cdot 90 \cdot 8760 + \frac{1}{3} \cdot 380 \cdot \left(\frac{265,41}{125}\right)^2 \cdot 3296,02 = 4247404,11 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{T3} = 2 \cdot 60 \cdot 8760 + \frac{1}{2} \cdot 270 \cdot \left(\frac{48,22}{63}\right)^2 \cdot 3296,02 = 1311873,52 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{\Sigma 1} = \Delta W_{BT1} + \Delta W_{BT2-4} + \Delta W_{T3} \quad (1.3.14)$$

$$\Delta W_{\Sigma 1} = 7311667,34 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

Варіант 2.

$$\Delta W_{BT1} = 1 \cdot 62 \cdot 8760 + \frac{1}{1} \cdot 300 \cdot \left(\frac{88,47}{80}\right)^2 \cdot 3296,02 = 1752389,71 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{BT2-3} = 2 \cdot 90 \cdot 8760 + 2 \cdot 380 \cdot \left(\frac{176,94}{125}\right)^2 \cdot 3296,02 = 6596010,97 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{T3} = 3 \cdot 54 \cdot 8760 + \frac{1}{3} \cdot 220 \cdot \left(\frac{79,82}{40}\right)^2 \cdot 3296,02 = 2391606,68 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

$$\Delta W_{\Sigma 1} = 10730007,4 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}$$

1.3.6. Техніко-економічні порівняння варіантів структурної схеми

$$Z = p_n \cdot K + B + M(Z_o) \rightarrow \min$$

де p_n – нормальний коефіцієнт економічно-ефективного капітального вкладення ($p_n = 0.15$);

K – капіталовкладення у будівництво електроустановки;

B – річні експлуатаційні втрати;

$M(Z_0)$ – очікуваний збиток через недовідпуску енергії.

$$B = \frac{\alpha_a + \alpha_0}{100} \cdot K + \beta \cdot \Delta W$$

де $\alpha_a + \alpha_0$ – відрахування під амортизацію та обслуговування, %;

β – вартість 1 кВт · год витрат енергії;

ΔW – витрати енергії.

Варіант 1.

$$B = \frac{9,4}{100} \cdot 10762 + 6,4 \cdot 7311667,34 \cdot 10^{-5} = 1479,575 \text{ (тис. грн)}$$

$$Z = 0,15 \cdot 10762 + 1479,575 = 3093,875 \text{ (тис. грн)}$$

Таблиця 1.9 - Економічні затрати на устаткування

Обладнання	Вартість одиниці, тис. грн.	кількість	загальна вартість, тис. грн.
ТЗ-63000/220	3800	2	7600
Вимикачі 35 кВ	88	7	704
Вимикачі 220 кВ	134	19	2948
Всього, тис. грн.			10762

Варіант 2.

$$B = \frac{9,4}{100} \cdot 13450 + 6,4 \cdot 10730007,4 \cdot 10^{-5} = 1951,02 \text{ (тис. грн)}$$

$$Z = 0,15 \cdot 13450 + 1951,02 = 3968,521 \text{ (тис. грн)}$$

Таблиця 1.10 - Економічні затрати на устаткування

Обладнання	Вартість оди- ниці, тис. грн.	кіль- кість	загальна вартість, тис. грн.
ТЗ-40000/220	3400	3	10200
Вимикачі 35 кВ	88	8	792
Вимикачі 220 кВ	134	19	2948
Всього, тис. грн.			13450

Вибираємо перший варіант, через те, що в цьому випадку затрати будуть менші на устаткування.

1.4 Схема власних потреб електростанції

Споживачі ВП ГЕС поділяють на загальностанційні та агрегатні. Вони як правило живляться від мережі змінного струму 380 чи 220 В. На потужних ГЕС можуть бути споживачі на напругу 6 кВ. Застосовують дві основні схеми живлення ВП ГЕС - із загальним і відокремленим живленням загальностанційних та агрегатних споживачів. Перша схема із одним ступенем напруги ВП використовують на ГЕС малої та частково середньої електропотужності. Друга схема із двоступінчастими напругами використовується на ГЕС середньої та великої потужності.

Живлення системи ВП виконується від трансформаторів, що приєднані:

- до струмопроводів генератор-трансформатор без вимикача із боку генераторної напруги;
- до шини генераторної напруги;
- до автотрансформатора зв'язку, а саме виводів нижчої напруги;
- до місцевої електричної підстанції.

Доцільність встановлення відокремлених трансформаторів, що приєднанні до ВРУ чи КРУ 220 кВ та більше, необхідно обґрунтовувати. Потужність трансформаторів ВП вибираються на основі сумарним навантаженням ВП окремих агрегатів. Тра-

трансформатори розраховані на роботу без перевантаження та мають певний резерв роботи. Головні трансформатори ВП беруть з неявним резервом та з можливістю аварійного перевантаження. Щоб здійснити електропостачання агрегатних і більшості загальностанційних приймачів ВП використовують сухі трансформатори, що увімкнені за схемою глибокого вводу. Однак, одинична потужність таких трансформаторів не повинна перебільшувати 1000 кВ·А при $u_k=8\%$. Схема живлення ВП ГЕС приведена на рисунку 1.10.

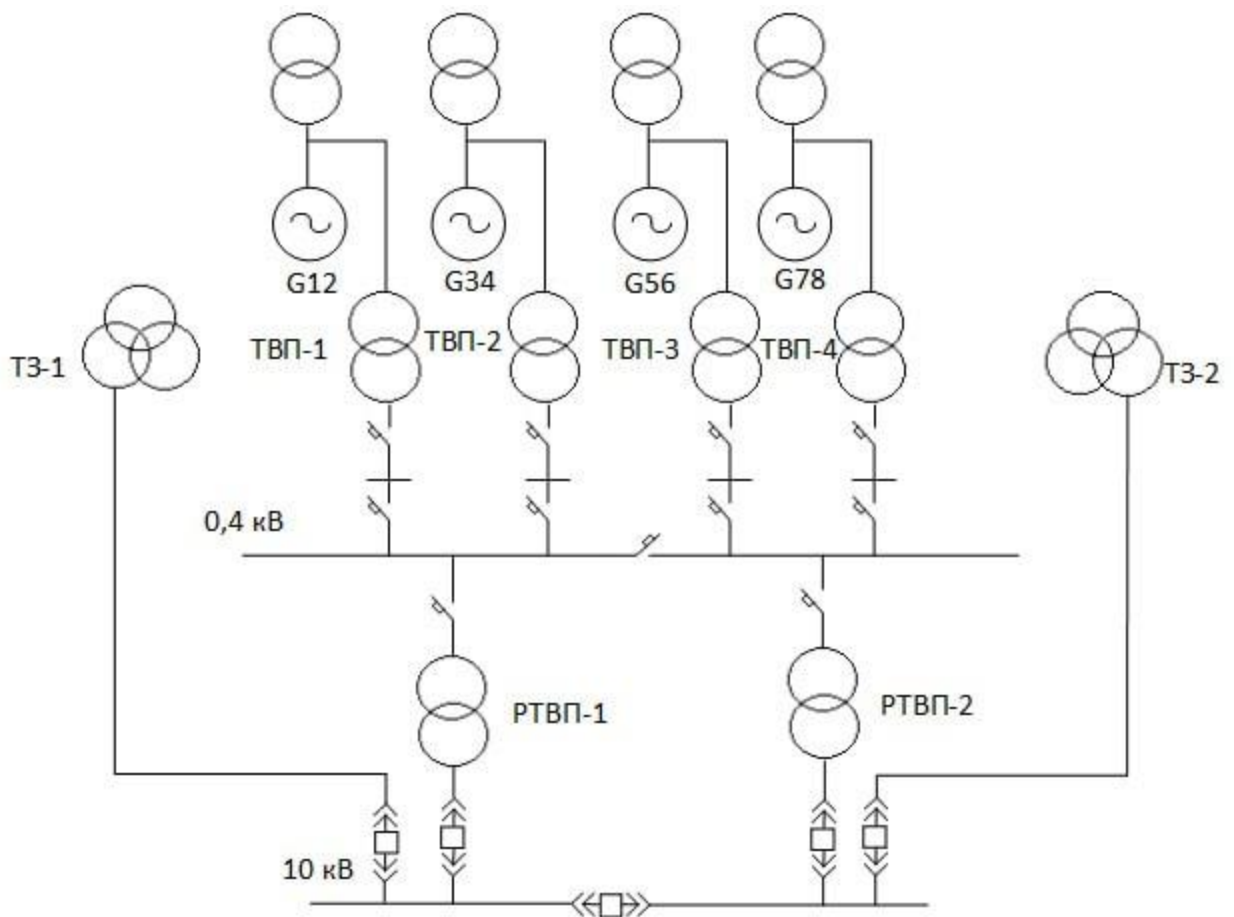


Рисунок 1.10 – Схема забезпечення системи ВП електростанції

1.5 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів КЗ здійснюється для вибору або перевірки параметрів обладнання, а також для того, щоб вибрати або перевірити уставки релейного захисту та автоматики.

1.5.1 Схема розрахуку електроустановки

Розрахунок струмів короткого замикання виконується у кілька етапів. Спочатку складається розрахункова схема, на основі якої створюється електрична заступна схема. Потім цю заступну схему поступово перетворюють до найпростішого вигляду. Це робиться так, щоб кожне джерело живлення або група джерел, які характеризуються певним значенням результуючої ЕРС, були пов'язані з точкою короткого замикання одним результуючим опором.

Далі, знаючи результуючу ЕРС джерела та результуючий опір, за законом Ома визначають початкове значення періодичної складової струму короткого замикання. Після цього визначають ударний струм. За необхідності, проводять розрахунок періодичної та аперіодичної складових струму короткого замикання для заданого моменту часу.

Складемо розрахункову схему (рисунок 1.11).

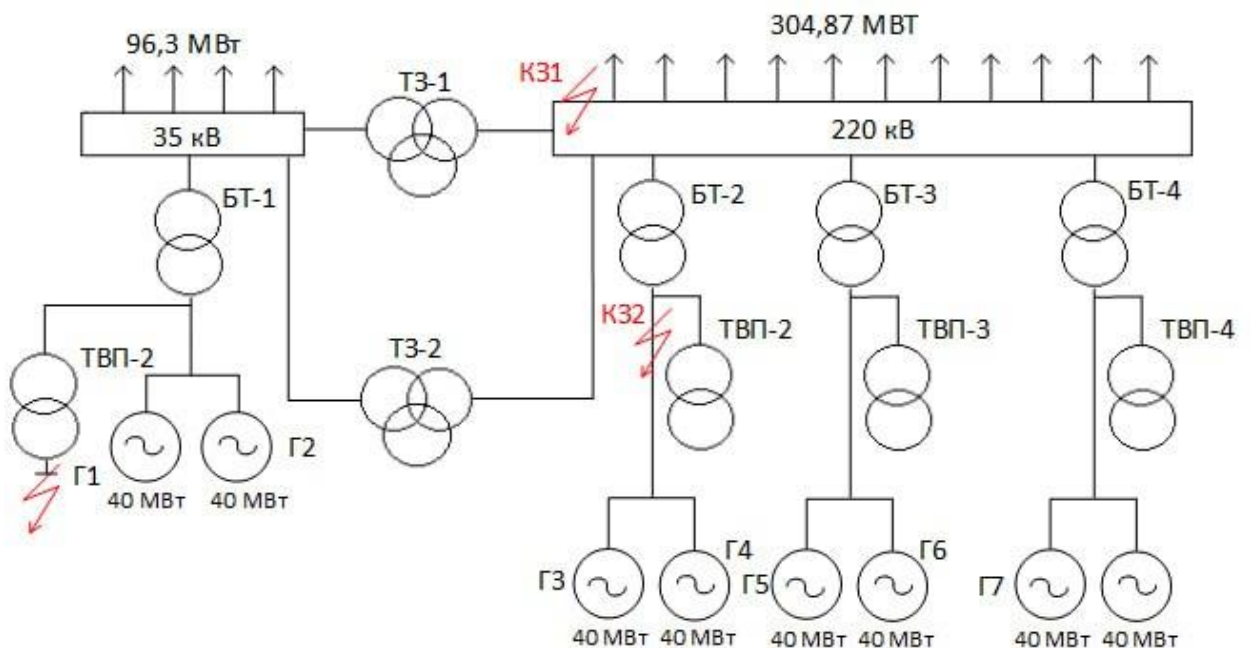


Рисунок 1.11 – Місце розміщення точок КЗ

1.5.2 Заступна схема електростанції

На розрахунковій схемі електроустановки позначають точки, в яких передбачається можливість короткого замикання. Для обраної точки КЗ складають еквівалентну електричну схему заміщення, яка відповідає вхідним даним розрахункової схеми. У цій еквівалентній схемі всі магнітні (трансформаторні) зв'язки замінюються електричними (рисунок 1.12).

Параметри розрахункової схеми можуть бути представлені у відносних або іменованих одиницях. При розрахунках в іменованих одиницях усі опори схеми повинні бути виражені в омах і приведені до однієї базової напруги, яка відповідає середній напрузі одного електричного ступеня. Таке приведення є необхідним, якщо між джерелом і точкою КЗ існує одна або кілька ступенів трансформації.

Якщо розрахунок виконується у відносних одиницях, то потрібно заздалегідь навести усі опори елементів схеми до базових умов.

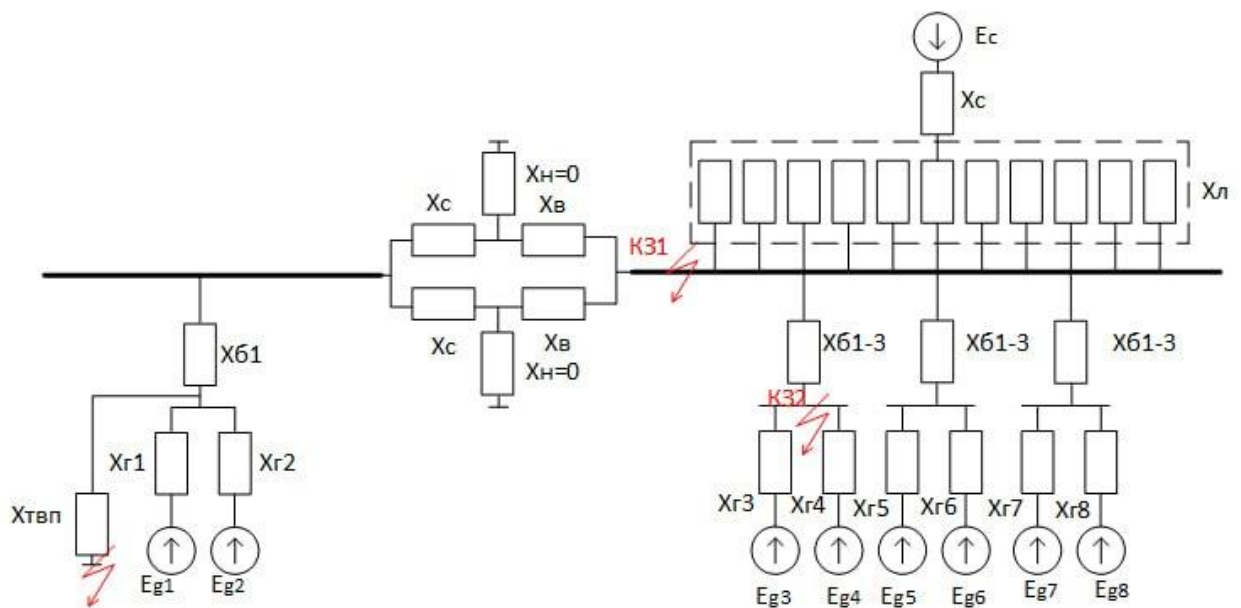


Рисунок 1.12 – Еквівалентна схема заміщення електричної станції

1.5.3 Розрахунок величин всіх елементів електричної схеми заміщення

Прийmemo, що $S_B = 1000$ (МВА).

Визначимо приведені значення опорів:

Опір системи дорівнює:

$$X_c = X_{c.ном} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{I_{c.ном}} = 0,2 \cdot \frac{1000}{24830} = 0,008 \text{ (в.о)} \quad (1.5.1)$$

Опір лінії дорівнює:

$$X_l = X_o \cdot L \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{b1}^2} = 0,32 \cdot 168 \cdot \frac{1000}{220^2} = 1,111 \text{ (в.о)} \quad (1.5.2)$$

Опір генераторів дорівнює:

$$X_g = X_{d''} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{g.ном}} = 0,33 \cdot \frac{1000}{45,6} = 7,24 \text{ (в.о)} \quad (1.5.3)$$

Опір блочних трансформаторів дорівнює:

$$X_{\bar{\sigma}} = \frac{uk}{100} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{t.ном}} \quad (1.5.4)$$

$$X_{\bar{\sigma}1} = \frac{9,5}{100} \cdot \frac{1000}{80} = 1,19 \text{ (в.о)}$$

$$X_{\bar{\sigma}234} = \frac{5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0,4 \text{ (в.о)}$$

Опір ТВП дорівнює:

$$X_{ТВП} = \frac{X\%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{ном}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{1000}{1,65} = 36,36 \text{ (в.о)} \quad (1.5.5)$$

Опір ТЗ дорівнює:

$$X_{ТЗВ} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (U_{\bar{\sigma}ВВ} + U_{\bar{\sigma}ВВ} + U_{CH})}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} \quad (1.5.6)$$

(в.о)

$$X_{ТЗВ} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (35,7 + 11 - 21,9)}{100} = 1,97 \text{ (в.о)}$$

$$X_{ТЗН} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (35,7 - 11 + 21,9)}{100} = 3,7 \text{ (в.о)}$$

$$X_{TЗС} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (-35,7 + 11 + 21,9)}{100} = 0,22 \approx 0 \text{ (в.о)}$$

Розрахуємо параметри в точках коротких замикань та внесемо всі дані до таблиці.

Таблиця 1.11 – Періодична складова струмів короткого замикання

Точка КЗ	Джерела струмів КЗ	I _{по} , кА
КЗ1 шини 220кВ	Г1-8	6,014
	Система	24,076
КЗ2 Г8	Система	23,86
	Г8	8,582
	Г1-7	7,79
КЗ3 ТВП-1	Г-С	17,143
	Д	3,31

Виконаємо розрахунки складових електричного струму короткого замикання та ударного струму короткого замикання для усіх точок.

Таблиця 1.12 – Величина періодичного струму короткого замикання у момент часу $t=0$, часу τ , T_a та ударного коефіцієнту.

Точка КЗ	Дж.живл.	I _{по} , кА	τ , с	T _a , с	K _y , в.о.	$e^{-\tau/T_a}$
КЗ1 шини 220кВ	Г1-8	6,014	0,045	0,25	1,960	0.835
	Система	24,076	0,045	0,03	1,719	0.223
	Сума	30,09	-	-	-	-
КЗ2 Г8	Система	23,86	0,05	0,03	1,719	0.189
	Г8	8,582	0,05	0,25	1,960	0.819
	Г1-7	7,79	0,05	0,25	1,960	0.819

	Сума	40,232	-	-	-	-
КЗЗ ТВП-1	Г-С	17,143	0,065	0,15	1,690	0.648
	Д	3,31	0,065	0,025	1,650	0.074
	Сума	20,453	-	-	-	-

Результати розрахунків складових струмів короткого замикання та ударного струму для точок короткого замикання занесено до табл. 1.13

Таблиця 1.13 – Результати розрахунку струмів КЗ

Точка КЗ	Дж.живл.	$I_{п0}$, кА	$I_{п\tau}$, кА	$i_{a\tau}$, кА	$i_{уд}$, кА
КЗ-1 шини 220кВ	Г1-8	6,014	12,901	7,102	16,670
	Система	24,076	24,076	7,593	58,530
	Сума	30,09	36,977	14,695	75,2
КЗ-2 Г8	Система	23,86	23,86	6,378	58,005
	Г1-7	7,79	1,319	9,023	21,593
	Сума	31,65	25,209	15, 401	79,598
	Г8	8,582	9,232	9,940	23,788
КЗ-3 ТВП-1	Г-С	17,143	-	-	40,97213
	Д	3,31	-	-	7,723727
	Сума	20,453	-	-	48,636

У цьому розділі було проведено розрахунок струмів короткого замикання. Розрахунок здійснювався за допомогою методів еквівалентних ЕРС та типових кривих, що забезпечує точність з похибкою до 15%. Ця точність дозволяє надалі здійснювати вибір комутаційної апаратури, струмоведучих частин тощо.

По данному алгоритму розраховуємо графіки електричних навантажень для різних режимів (мало- та повноводного) та для доби в різні інтервали часу, дані заносимо до таблиці.

1.6 Вибір комутаційного устаткування

Всі елементи РП станції потрібно, щоб надійно працювали в тривалих умовах при нормальних режимах, а також мали достатню термодинамічну стійкість при появі найскладніших коротких замикань. Надійність їх роботи гарантує завод-виробник тільки у випадку їх правильної експлуатації та вибору. При виборі приладів ми перевіримо відповідність їх параметрів до тривалих робочих та короткочасних аварійних режимам, що як правило виникають при тривалій експлуатації.

ВРУ 220 кВ:

- струм від ЛЕП:

$$I_{p.max.лп} = \frac{n}{n-1} \frac{P_{нп}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} = \frac{4}{3} \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 0,428$$

- струм від генератора:

$$I_{p.max.Г} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,95} = \frac{2 \cdot 45,6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,95} = 0,252$$

- струм від ТЗ:

$$I_{p.max.ТЗ} = 1,5 \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 1,5 \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,248$$

Розглянемо вибірку вимикачів та роз'єднувачів для ВРУ-220 кВ. Вибиремо елегазовий вимикач типу ВГТ-220.

- за напругою установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (1.6.1)$$

$$220 \leq 220$$

- за тривалим струмом:

$$I_{роб.мах} \leq I_{ном}; \quad (1.6.2)$$

$$428 \leq 2500$$

Проводимо перевірку:

а) на здатність до надійного відключення вимикача:

- перевірка на симетричний струм вимкнення:

$$I_{п.\tau} \leq I_{відк.ном}; \quad (1.6.3)$$

$$36,977 \leq 40$$

- перевірка на вимкнення аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$i_{a.\tau} \leq i_{a.ном} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{відк.ном}}{100}, \quad (1.6.4)$$

де $i_{a.ном}$ - номінально-допустиме значення для аперіодичної складової струму, що вимикається, для часу τ ; τ - найменший час від початку дії короткого замикання до моменту розходження контактів; β - нормоване значення аперіодичної складової в струмі короткого замикання,

$$14,695 \leq \sqrt{2} \cdot 50 \cdot 0,45 = 31,5$$

Умова виконується.

б) при електродинамічній стійкості:

$$I_{п.0} \leq I_{дин}, \quad (1.6.5)$$

$$30,09 \leq 40$$

$$i_y \leq i_{дин}; \quad (1.6.6)$$

$$75,2 \leq 100$$

умови виконуються.

де $I_{дин}$ - діюче значення для періодичної складової граничного струму короткого замикання; $i_{дин}$ - найбільший піковий струм електродинамічної стійкості).

в) при термічній стійкості:

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (1.6.7)$$

$$50 \leq 50^2 \cdot 2 = 5000$$

де B_k - розрахунковий тепловий імпульс струму короткого замикання; I_T - середнє квадратичне значення струму за час його протходження; t_T - час протікання струму термічної стійкості, секунди;

Вибираємо роз'єднувач типу РНД (3)-220/1000.

- за напругою установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}; \quad (1.6.8)$$

$$220 \leq 220$$

- за тривалим струмом:

$$I_{роб.мах} \leq I_{ном}; \quad (1.6.9)$$

$$428 \leq 1000$$

Проводимо перевірку:

$$i_y \leq i_{дин}; \quad (1.6.10)$$

$$75,2 \leq 100$$

- на термічну стійкість:

$$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T, \quad (1.8.11)$$

$$50 \leq 40^2 \cdot 2 = 3200$$

Умови виконуються.

Вибір комутаційних апаратів в різних точках проводимо аналогічно.

Результати зведені у табл. 1.14.

Таблиця 1.14 - Результати вибірки комутаційних апаратів.

ВРУ - 220 кВ	Вимикач	Роз'єднувач
	ВГТ-220	РНД (3)-220/1000
$U_{\text{ном}}=220 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=220 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=220 \text{ кВ}$
$I_{\text{роб.мах}}=428 \text{ А}$	$I_{\text{ном}}=2500 \text{ А}$	$I_{\text{мах}}=1000 \text{ А}$
$I_{\text{п.т}}=36,977 \text{ А}$	$I_{\text{ном.відк}}=40 \text{ А}$	-
$i_{\text{а.т}}=14,695 \text{ А}$	$i_{\text{ном}}=31,5 \text{ А}$	-
$I_{\text{п.0}}=30,09 \text{ А}$	$I_{\text{дин}}=40 \text{ А}$	-
$i_{\text{y}}=75,2 \text{ А}$	$i_{\text{дин}}=100 \text{ А}$	$I_{\text{дин}}=100 \text{ А}$
$B_{\text{к}}=50 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{тер}} \cdot t_{\text{тер}}=5000 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$3200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
Генератор 40 кВ	Вимикач	Роз'єднувач
	VM1 3150A	
$U_{\text{ном}}=10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=12 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}}=220 \text{ кВ}$
$I_{\text{роб.мах}}=2823 \text{ А}$	$I_{\text{мах}}=3150 \text{ А}$	$I_{\text{мах}}=5000 \text{ А}$
$I_{\text{п.т}}=25,209 \text{ А}$	$I_{\text{ном.відк}}=40 \text{ А}$	-
$i_{\text{а.т}}=15,401 \text{ А}$	$I_{\text{ном}}=25 \text{ А}$	-
$I_{\text{п.0}}=31,65 \text{ А}$	$I_{\text{дин}}=40 \text{ А}$	-
$i_{\text{y}}=79,598 \text{ А}$	$i_{\text{дин}}=125 \text{ А}$	$I_{\text{дин}}=180 \text{ А}$
$B_{\text{к}}=932,435 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}}=1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$3200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2 ЕЛЕГАЗ ЯК ВИСОКОЕФЕКТИВНЕ ІЗОЛЯЦІЙНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

У сучасному світі технологічний прогрес постійно підвищує вимоги до надійності та ефективності енергетичних систем. Одним із ключових аспектів, що забезпечує стабільну роботу таких систем, є якісна ізоляція. Ізоляційні матеріали відіграють важливу роль у забезпеченні електробезпеки та ефективності роботи обладнання.

У 80-х роках минулого століття відбувся стрибок у розвитку пристроїв для комутації, тому на заміну повітряним та масляним вимикачам прийшли прилади з вакуумною та елегазовою ізоляцією. Елегазове обладнання показує значні переваги порівняно з попередниками такі як: надійність, компактність, легкість в обслуговуванні та термін служби.

Одним із найефективніших та найчастіше використовуваних ізоляційних матеріалів у високовольтній техніці є елегаз, або сірчаний гексафторид (SF_6). Цей газ має унікальні фізико-хімічні властивості, що дозволяють йому забезпечувати високу надійність та безпеку електрообладнання.

У сфері обслуговування впроваджуються сучасні системи діагностики та моніторингу комутаційного обладнання, що дозволяють контролювати його стан у режимі реального часу та своєчасно інформувати користувача про необхідність та обсяг обслуговування.

Елегаз (шестифториста сірка, SF_6) є вагомим ізоляційним та дугогасильним газом, що широко застовується в електроенергетиці та інших галузях завдяки своїм унікальним властивостям.

Основні напрями його використання:

1. Високовольтне комутаційне обладнання

Елегаз широко застовується у високовольтному комутаційному обладнанні, як вимикачі, роз'єднувачі та контактори. Висока діелектрична міцність елегазу надає змогу надійно відключати та включати електричні лінії передачі електроенергії, забезпечуючи безперебійну роботу енергетичних систем.

2. Комплектно розподільчі установки з елегазовою ізоляцією (КРУЕ)

Елегаз застосовується в КРУЕ, щоб розподілити електроенергію між споживачами. Ця компактність та надійність обладнання дозволяє виконати ефективну роботу для розподільчих мереж та забезпечує стабільне електропостачання в умовах промислових та міських об'єктів.

3. Трансформатори

Елегаз застосовується як ізоляційне середовище у різних високовольтних трансформаторах. Це надає змогу забезпечити безпечну та безперервну роботу трансформаторів, що зменшує ризики утворення електричних розрядів та інших аварійних ситуацій.

4. Кабельні системи

Елегаз застосовується для ізоляції високовольтних кабелів в мережах. Його надійність та безпечна робота досягається завдяки високій діелектричній міцності та стабільності, що в свою чергу дозволяє забезпечити безперебійність кабельних систем, особливо у підземних умовах.

5. Електричні підстанції

Елегаз застосовують в електроенергетичних підстанціях для комутації енергії та для стабільності роботи електричних мереж. Висока надійність та електрична міцність елегазу гарантують ефективну експлуатацію підстанцій навіть у екстремальних умовах.

6. Випробувальні установки

Елегаз застосовується у випробувальних установках для тестування електроенергетичного обладнання на високих напругах, що дозволяє проводити точні та надійні випробування устаткування перед його вводом в експлуатацію.

7. Прискорювачі частинок та електромагнітні системи

Елегаз застосовується у високовольтних електромагнітних системах та прискорювачах частинок для створення стабільності та надійності ізоляційного середовища. Це надає дозвіл на забезпечення ефективності та безпечності роботи прискорювачів та інших електромагнітних систем.

Тож, елегаз є незамінним ізоляційним та дугогасильним газом в багатьох галузях енергетики та промисловості. Застосування елегазу дозволяє забезпечити надійну,

ефективну та безпечну роботу електричного обладнання в будь-яких умовах експлуатації.

3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ КРУЕ

3.1 Загальна інформація про КРУЕ

Комплектні розподільчі пристрої (КРУ) – розподільчі пристрої, що складаються із шаф, які закриті повністю або частково, або блоків з вбудованими в них апаратами захисту і автоматики, вимірювальними приладами і допоміжними пристроями; ці пристрої доставляються у зібраному або повністю підготовленому для збирання вигляді і призначені для внутрішньої установки. Такий самий розподільчий пристрій, але призначений для зовнішньої установки називається комплектним розподільчим пристроєм зовнішньої установки (КРПЗУ).

КРУЕ - Комплектно розподільний пристрій з елегазовою ізоляцією

Особливі переваги КРУЕ:

- Довговічність, через низький рівень старіння елегазової ізоляції
- Надійність та безпека, що забезпечується завдяки відсутності впливу зовнішнього середовища

- Компактність та вільність у розташуванні
- Гнучкість компонувальних рішень через модульну конструкцію
- Висока функціональність та оперативність готовності
- Низькі затрати в період експлуатації та обслуговування

Розглянемо також переваги на прикладі компактного КРУЕ 110 кВ (GT 01) є:

- Придатність для встановлення всередині та поза приміщеннями
- Постійно заземлені корпуси, що забезпечують максимальний захист від ураження персоналу електричним струмом.

- Легкі та стійкі до впливу корозії алюмінієві корпуси
- Трифазна закрита модульна система з уніфікованими сполучними фланцями

- Система ущільнення, що гарантує чудову герметичність
- Ізолюючий шар та опорні ізолятори з трикомпонентної епоксидної смоли
- Декілька газових відсіків, кожен з яких оснащений газовим фільтром, запобіжною діафрагмою, контактним манометром та газовими клапанами

- Алюмінієві струмонесучі труби та тюльпаноподібні контакти з мідними пальцями, посрібленими на контактних поверхнях
- Дві секції на відвантажувальну одиницю, зібрані та випробувані на заводі-виробнику, завдяки чому можлива швидка установка на об'єкті
- Вимикач, що приводиться в дію пружиною з дугогасною камерою третього покоління.
- Комбіновані вимикачі роз'єднувача - заземлення з оглядовими вікнами.

Конструктивні особливості та будова КРУЕ на 110 кВ:

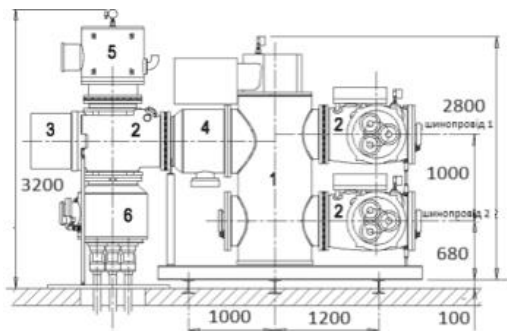


Рисунок 3.1 - Секція з трансформатором напруги

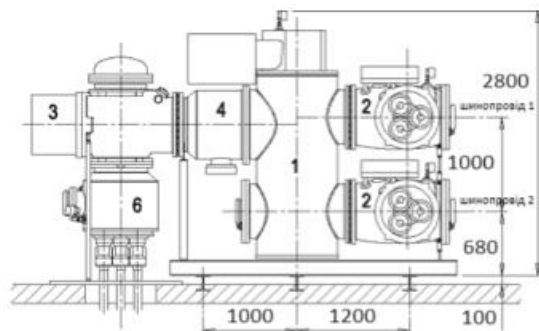


Рисунок 3.2 - Секція з трансформатором струму

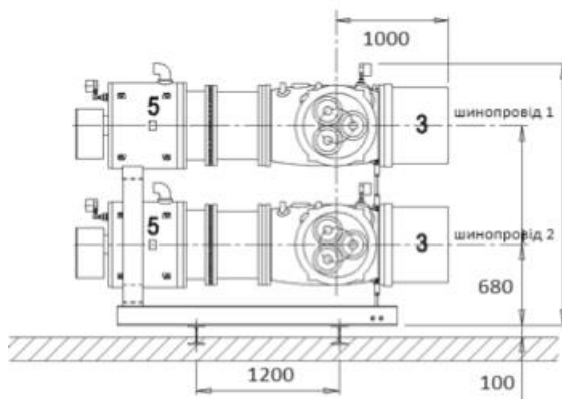


Рисунок 3.3 - Секція заземлення шинопровода і вимірювальна секція

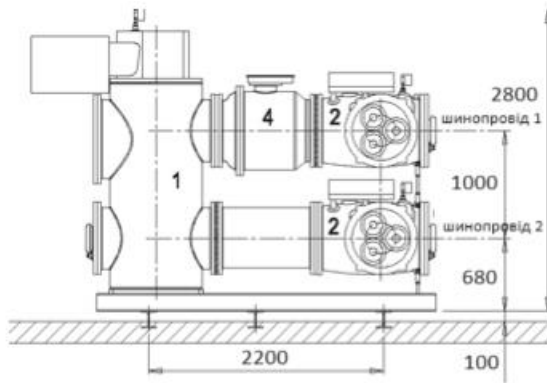


Рисунок 3.4 Секція секційного вимикача

Усі розміри вказані у міліметрах. Позначення: 1 – Вимикач, 2 - Комбінований роз'єднувач та вимикач заземлення на час обслуговування, 3 - Вимикач заземлення швидкого спрацьовування, 4 - Трансформатор струму, 5 - Трансформатор напруги, 6 - Окілювання кабелю

Схема є типовим рішенням і може змінюватись в залежності від різних вимог та параметрів розміщення.

3.2 Огляд по елементам КРУЕ компанії АББ

3.2.1 Особливості КРУЕ

Розподільні пристрої з елегазовою ізоляцією компанії АББ доводять свою ефективність щодня протягом багатьох років. Дані пристрої використовуються у всьому світі. Вони заслужили своє лідируюче становище на світовому ринку завдяки значним перевагам: надійність та безпека роботи системи, економічність, дуже тривалий ресурс навіть за жорстких режимів експлуатації. Крім численних традиційних характеристик, серія ELK-3 має низку нових переваг. Наприклад, при своїй компактній конструкції та меншій кількості компонентів система займає менший простір, вимагає меншої витрати елегазу та меншої кількості матеріалу порівняно з попередніми серіями. Використання цієї системи від початку експлуатації дозволить спростити роботу і скоротити витрати. І ця тенденція продовжуватиметься. Системи КРУЕ компанії АББ розроблені з можливістю модифікації в майбутньому – і головний ланцюг та система управління та захисту є повністю модульними конструкціями. Це означає,

що ви можете розширювати та реконструювати їх при виникненні такої потреби. Просто та ефективно. Ми називаємо це гнучкістю конфігурації. Модульна система ELK-3, що ідеально задовольняє вимоги до пристроїв класів напруги до 420 кВ, комбінує як інноваційні, так і традиційні характеристики, завдяки яким системи КРУЕ компанії АББ здобули свою репутацію в усьому світі.

Переваги КРУЕ:

Безпека та надійність

Всі деталі під напругою укладені у відсіки та забезпечують ефективний захист системи ізоляції від негативного впливу зовнішніх факторів. Кількість рухомих частин та приводів скорочено до мінімуму.

Оперативна готовність

Продумана система секціонування поділяє систему на окремі газонепроникні відсіки, що дозволяють звести до мінімуму взаємний вплив модулів і таким чином гарантують повне збереження працездатності під час проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт. Організація обслуговування пристроїв АББ по всьому світу, у поєднанні з досконалою концепцією запасних частин, забезпечує мінімальний час простою, оперативність технічного обслуговування та ремонту.

Тривалий термін служби

Високоякісні матеріали та відмінна якість виконання гарантують максимальний ресурс за мінімального обсягу періодичного та поточного технічного обслуговування.

Компактність

Модульна конструкція ELK-3 настільки досконала, що займає ще менше місця, що особливо важливо при застосуванні пристроїв у містах та населених зонах.

Гнучкість

Модульність конструкції системи дозволяє індивідуальним чином комбінувати модулі, щоб відповідати змінам потреб споживача.

Економічність

Застосування алюмінієвих відсіків зменшує вагу системи, знижує витрати на фундаменти, компоненти, що несуть, і скорочує можливі варіанти.

Ефективність

Заводське виготовлення складальних вузлів та суворий контроль за якістю продукції на нашому підприємстві спрощує процес остаточної установки та введення в експлуатацію.

Екологічно чисте рішення

Значне скорочення кількості фланців та ущільнень, а також малогабаритна компактна конструкція створює менше навантаження на навколишнє середовище.

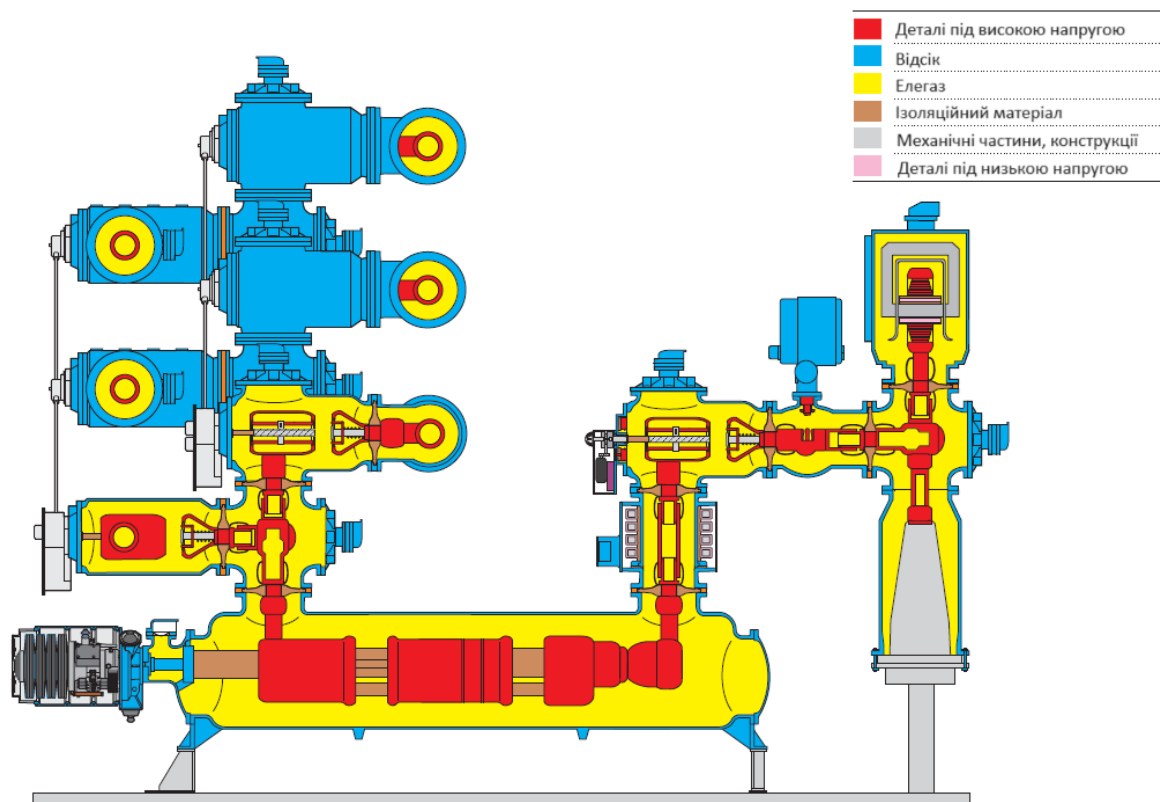


Рисунок 3.5 - Комірка із подвійною системою шин із двокамерним вимикачем



Рисунок 3.6 - Зовнішній вигляд устаткування комплектного розподільного пристрою ELK 3 із одинарною системою збірних шин

3.2.2 Переваги та характеристики

Багаторічний досвід компанії АББ дозволив створити модульну систему з високим ступенем стандартизації, що характеризується тим, що різноманітні технічні вимоги можуть бути забезпечені за рахунок використання невеликої кількості модулів. Велика ефективність при меншій кількості компонентів, як у разі основного обладнання, так і обладнання для управління та захисту. Ось чому розподільний пристрій ELK-3 компанії АББ став революційним. Пристрої, що займають менше місця, різко знижують будівельні витрати та експлуатаційні витрати.

Максимальна надійність системи за мінімального обсягу технічного обслуговування – ще одна характерна особливість екологічно безпечних пристроїв ELK-3. Завдяки своїй модульності система може бути розширена або модифікована відповідно до ваших потреб сьогодні чи у майбутньому.

Високоефективні вимикачі

Удосконалені робочі характеристики та низький експлуатаційна витрата – простий принцип пристрою високовольтних вимикачів АББ Конструкція дозволяє досягти максимальної ефективності зі збереженням якості роботи.

Безпечні роз'єднувачі та заземлювачі

Як і всі пристрої АББ, роз'єднувачі та заземлювачі демонструють втілення передових технологій, як при створенні конструкції, так і щодо систем безпеки.

Надійні трансформатори струму та напруги

Ефективні і в той же час економічні трансформатори струму та напруги, що володіють чудовим терміном служби. Аналогічні особливості має та останнє покоління нетрадиційних вимірювальних трансформатори (NCIT).

Широкий спектр сполучних елементів

До асортименту продукції АББ також включено ряд сполучних елементів різних форм і розмірів, які дозволяють адаптуватися фактично до будь-яких вимог клієнтів.

Інноваційна технологія управління та захисту

Новаторська технологія управління та захисту АББ – повністю інтегрована та відкрита, що дозволяє їй бути більш універсальним, і полегшує процес експлуатації.

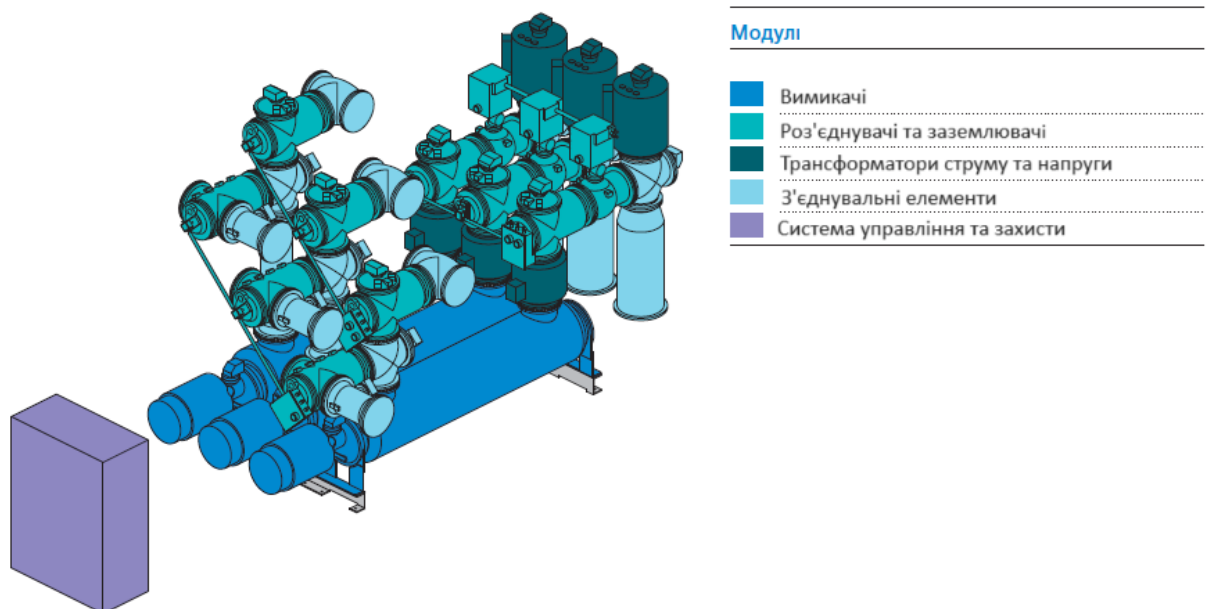


Рисунок 3.7 - Схематична будова та розміщення модулів КРУ ELK 3



Рисунок 3.8 - 1 Вимикач | 2 Роз'єднувачі та заземлювачі | 3 Трансформатори струму та напруги | 4 Сполучні елементи | 5 Системи управління та захисту

3.2.3 Високовольтний вимикач АББ

Надійні, покращені робочі характеристики та менші витрати на технічне обслуговування вимикача здійснювали протягом багатьох років: розробку та вдосконалення вимикача із застосуванням елегазу для ізоляції та гасіння дуги. Великий експлуатаційний досвід, а також дослідження та розробки, що постійно ведуться, є основою для задоволення потреб ринку в майбутньому.

Особливості:

- Надійність, що полягає у швидких комутаціях при значних навантаженнях і струмах короткого замикання
- Зручний доступ до активних частин з метою технічного обслуговування та ремонту
- Низький рівень шуму
- Окрема контактна система для номінального струму та струму відключення
- Високий опір діелектриків у замкненому та розімкнутому положеннях
- Однофазне автоматичне повторне включення
- Компактний пружинно-гідравлічний привід
- Безперервний самоконтроль системи передачі енергії
- Типові випробування відповідно до вимог останніх стандартів MEK та ANSI
- Конструкція, яка не потребує технічного обслуговування

Конструкційні особливості вимикача

Кожен вимикач КРУЕ ELK 3 має три полюси, укладені в металевих корпусах. Залежно від технічних вимог, можливе застосування вимикача з одним або двома дугогасними камерами на полюс. Кожен полюс складається з приводу, колонки з однією-двома дугогасними камерами та відсіку з основною опорною конструкцією.

При використанні вимикача з двома камерами вони з'єднані механічно, послідовно, щоб гарантувати одночасне гасіння дуги. Крім того, один конденсатор, що вирівнює, встановлений на кожній камері, забезпечує рівний розподіл напруги на дугогасних камерах рисунок 9.

При капітальному ремонті камера дугогасіння легко виймається з відсіку. Вимикачі відносяться до типу компресійних вимикачів з одним ступенем тиску та

працюють за новітньою технологією гасіння дуги. Під час гасіння стискає поршень у камері, утворюючи тиск елегаза, що необхідний для гасіння дуги між контактами.

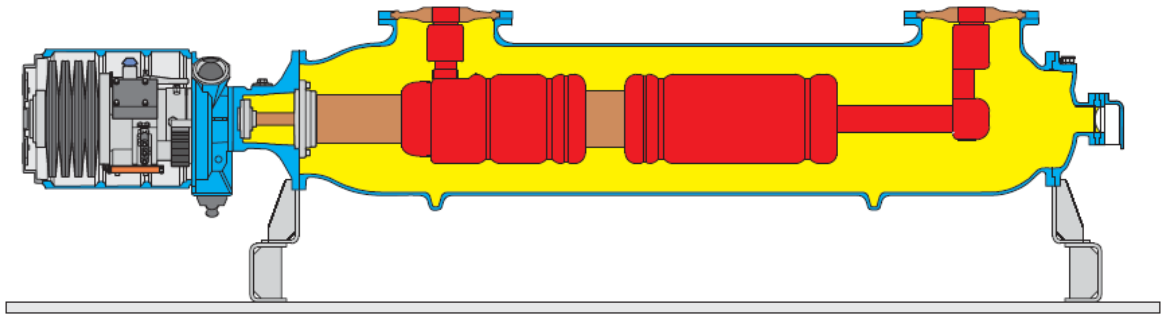


Рисунок 3.9 - Вимикач з однією дугогасною камерою та приводом



Рисунок 3.10 - Вимикач з приводом

3.2.4 Привід вимикача

Кожен полюс вимикача має пружинно-гідравлічний привод. Привід поєднує зносостійкість гідравлічної системи із міцністю механічних пружинних механізмів. Пружинно-гідравлічні приводи, що застосовуються у всіх КРУЕ АББ, у всьому діапазоні напруги від 72,5 кВ до 1100 кВ, а також в інших пристроях, таких як розподільні пристрої з повітряною ізоляцією, пристрої типу PASS та DTB. Компанія АББ поставила понад 65 000 пружинно-гідравлічних приводів цього типу.

Компоненти приводу:

- Система взводу пружини
- Акумулятор енергії з пакетом дискових пружин
- Три незалежні поршні та клапани управління
- Допоміжні вимикачі та вказівники положення

Система управління гідравлічною енергією, що поміщена в компактний герметичний блок, що не потребує підключення зовнішніх трубопроводів. Всі елементи мають зручний доступ для технічного обслуговування та ремонту.

Принцип роботи системи взводу пружин

Насос перекачує масло з резервуара низького тиску в резервуар високого тиску поршня-накопичувача і стискає пакет дискових пружин. Мікровимикач зупиняє роботу насоса, коли пакет дискових пружин повністю заряджений.

Операція Увімкнення

Клапан з електромагнітним керуванням запускає операцію включення та з'єднує резервуар високого тиску поршня-накопичувача з поршнем приводу. Обидва кінці поршня приводу підключені до резервуару високого тиску. Завдяки різній площі торцевих поверхонь поршня приводу вимикач вмикається і залишається в цьому положенні.

Операція Відключення

Котушка, що відключає, приводить в дію триходовий клапан і з'єднує поршень приводу з резервуаром низького тиску. Вимикач вимикається і утримуватиметься в цьому положенні гідравлічним тиском.



Рисунок 3.11 - Пружинно-гідравлічний привід

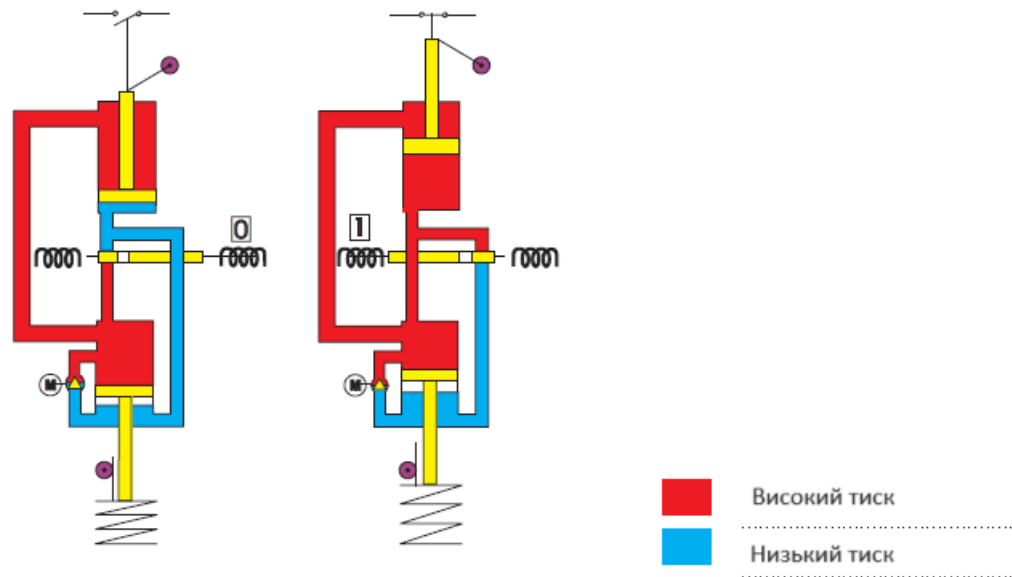


Рисунок 3.12 - Принципова схема роботи приводу

3.2.5 Роз'єднувач-заземлювач

Заземлення КРУЕ типу ELK - це важлива складова частина електротехнічного обладнання, яка забезпечує безпечну експлуатацію та надійність електропостачання.

Роз'єднувач-заземлювач забезпечує дві функції – роз'єднувач та технологічний заземлювач розташовані в одному загальному відсіку з одним загальним приводом. Роз'єднувач та заземлювач має модульну конструкцію. Він містить однакові активні частини для всіх варіантів та має одну загальну ізоляційну тягу приводу роз'єднувача та заземлювача. Варіанти схем розміщення активних частин дозволяють створити до восьми різних компоновок. Завдяки цьому система досить гнучка за мінімальної кількості складових частин. Привід має модульну конструкцію. Така конструкція дозволяє швидко замінювати всі модулі, тим самим забезпечуючи зручність обслуговування та гарний доступ для проведення технічного обслуговування та ремонту.

Основні аспекти:

Забезпечення безпеки: Заземлення КРУЕ ELK забезпечує вивід надлишкового електричного заряду у землю, що дозволяє уникнути небезпеки ураження електричним струмом та захистити персонал та обладнання від пошкоджень.

Зниження шуму та електромагнітних перешкод: Правильно виконане заземлення допомагає зменшити шум та електромагнітні перешкоди, що можуть виникати від електричного обладнання, тим самим поліпшуючи якість електропостачання.

Стабілізація потенціалів: Заземлення допомагає стабілізувати потенціали електротехнічного обладнання та споруд, що знижує ризик виникнення несправностей та забезпечує надійну роботу всієї системи.

Особливості роз'єднувача-заземлювача:

- Надійна елегазова ізоляція у всьому ізолюючому просторі
- Надійна функція відключення невеликих ємнісних струмів та струмів компенсації збірних шин
- Висока термічна та динамічна стійкість при протіканні номінального струму та струму короткого замикання
- Економія обсягу простору розміщення завдяки комбінації роз'єднувача та заземлювача
- Механічне блокування між роз'єднувачем та заземлювачем
- Функція: ізолюваний заземлювач дозволяє проводити вимірювання, не відкриваючи газового відсіку
- Можливість роботи в ручному режимі з-за допомогою пускової рукоятки
- Надійний трифазний привід
- Один привід для виконання обох функцій (роз'єднання та заземлення)
- Розміщення модуля приводу поза відсіком з елегазом
- Окремий механічно з'єднаний покажчик положення для кожної операції
- Оглядове вікно для контролю положення обладнання та стану контактів
- Типові випробування на відповідність вимогам останніх стандартів МЕК та ANSI

Швидкодіючий заземлювач

Швидкодіючий заземлювач застосовується для заземлення ізолюваних секцій установки з метою захисту персоналу під час технічного обслуговування та монтажних робіт. Також він застосовується для заземлення кабелів, ліній передачі тощо. Заземлювач може встановлюватися в будь-якому місці компонування за допомогою

лінійного з'єднувального елемента, забезпечуючи тим самим максимальну гнучкість у схемі розподільчого пристрою.

Керована операція "Відключення" здійснюється повільним рухом лінійного контакту, що приводиться в дію безпосередньо електродвигуном, який знаходиться в одній із зовнішніх фаз і з'єднує інші фази за допомогою торсійних валів. Це забезпечує оптимальне перемикання під час розмикання контактів.

Операція швидкого включення активується пружинним механізмом. Після команди на замикання електродвигун і торсійні вали стискають пружину фази. Після досягнення необхідного ступеня заряду, вони автоматично розчіплюються до активації чергової команди на включення.

Особливості

– Надійне заземлення головного кола

– Висока здатність навантаження по струму короткого замикання у включеному положенні

– Висока здатність до включення, при струмах коротких замикань

– Функція: ізольований заземлювач

– Здатність до відключення індуктивно-ємнісного та індуктивного струму

– Швидка активація пружинним приводом лінійного контакту заземлювача під час операції «Увімкнення»

– Можливість роботи в ручному режимі за допомогою пускового важеля

– Розміщення модуля приводу поза відсіком, що призначений для елегазу

– Показчик положення, механічно з'єднаний з рухомим контактом

– Оглядове вікно для контролю положення та стану контактів

– Ряд запобіжних елементів

– Типові випробування на відповідність вимогам останніх стандартів МЕК та ANSI

Конструктивні особливості КРУЕ

Заземлення КРУЕ ELK має кілька конструктивних особливостей, які визначають його ефективність та надійність. Розглянемо основні з них:

- заземлювальні електроди: Конструкція включає спеціальні заземлювальні електроди, які забезпечують електричний контакт з ґрунтом або іншими природними або штучними заземлювачами. Ці електроди зазвичай виготовляються з міді, алюмінію або інших провідних матеріалів і мають велику площу контакту з ґрунтом для забезпечення низького опору заземлення.

- з'єднувальні елементи: ELK включає в себе спеціальні з'єднувальні елементи, які забезпечують надійний електричний контакт між заземлювальними електродними, заземлювальними проводами та електрообладнанням. Ці елементи можуть бути виготовлені з високоякісних провідних матеріалів і мають міцну конструкцію для забезпечення довговічності та надійності заземлення.

- заземлювальні проводи: Для підключення заземлювальних електродів до електрообладнання використовуються спеціальні заземлювальні проводи. Ці проводи зазвичай мають низький опір і високу електропровідність, що дозволяє ефективно виводити надлишковий електричний заряд у землю.

- захисні екранувальні конструкції: Деякі заземлення КРУЕ ELK можуть включати захисні екранувальні конструкції, які допомагають зменшити електромагнітні перешкоди та інтерференцію, що може виникати від електричного обладнання.

- спеціальні захисні покриття: Деякі елементи заземлення ELK можуть бути покриті спеціальними захисними покриттями, які захищають їх від впливу агресивних середовищ, корозії та інших негативних факторів.

Ці конструктивні особливості допомагають забезпечити надійність, ефективність та безпеку заземлення КРУЕ ELK.

Недоліки заземлення КРУЕ типу ELK

Потреба у ретельному проектуванні та монтажі: Для забезпечення ефективності та безпеки заземлення ELK необхідно провести ретельне проектування та монтаж, що може збільшити тривалість та вартість проекту.

Можливі додаткові витрати: Заземлення ELK може потребувати додаткових витрат на обладнання та матеріали для забезпечення надійності та ефективності системи.

Необхідність регулярного обслуговування та перевірок: Для підтримки працездатності системи заземлення ELK необхідно проводити регулярні обслуговування та перевірки, що може збільшити витрати на утримання обладнання.

Обмежена ефективність в окремих умовах: В деяких особливих умовах роботи електростанції або електричної мережі заземлення типу ELK може мати обмежену ефективність, що вимагає уваги під час проектування та використання та регуляції щодо безпеки та надійності електропостачання.



Рисунок 3.13 - Роз'єднувач та заземлювач



Рисунок 3.14 - Швидкодіючий заземлювач

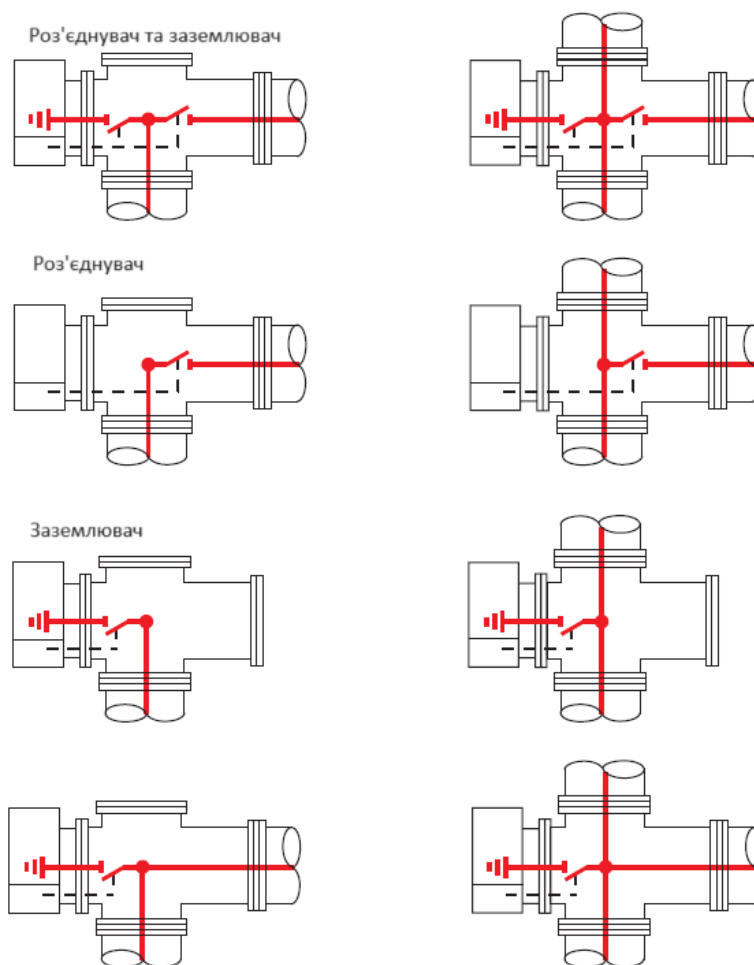


Рисунок 3.15 - Схеми будови роз'єднувача та заземлювача

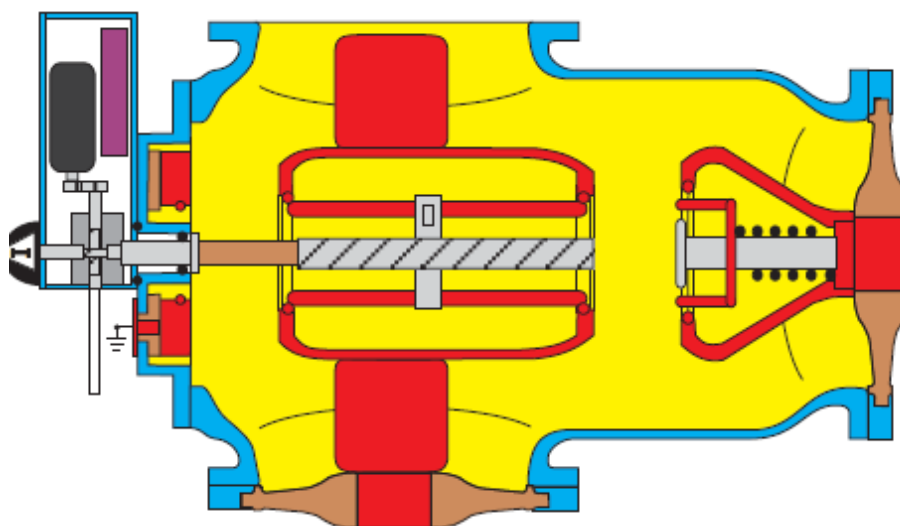


Рисунок 3.16 - Принципова схема Роз'єднувач та заземлювач

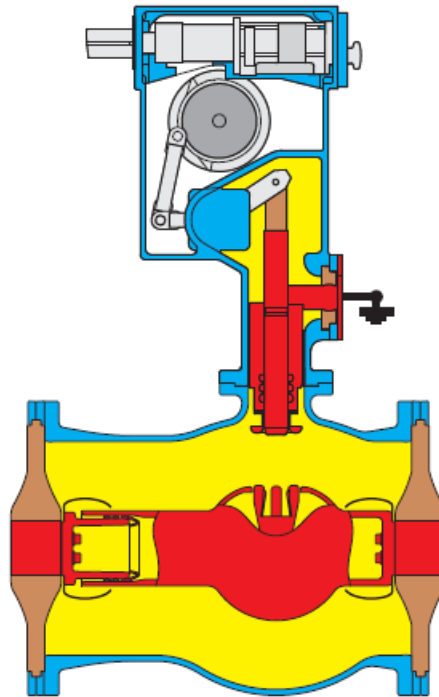


Рисунок 3.17 - Принципова схема швидкодіючого заземлювача

3.2.6 Поради задля підвищення ефективності РП

Щоб покращити робочі характеристики і підвищити практичність розподільних пристроїв з мінімальними витратами, слід звернути увагу на деякі ключові аспекти.

По-перше, розгляньте можливість впровадження нових технологій або матеріалів, які дозволяють знизити витрати на виробництво, при цьому не жертвуючи безпекою і якістю. Наприклад, використання більш ефективних і економічних матеріалів для захисту від агресивного середовища може зменшити втрати на обслуговування і збереже надійність пристроїв.

Крім того, варто розглянути можливість модифікації конструкції розподільних пристроїв для зменшення їх габаритів, не втрачаючи при цьому функціональності. Це може бути досягнуто шляхом оптимізації внутрішньої структури або використання компактних компонентів. Також важливо врахувати потреби і умови експлуатації пристроїв, зокрема захист від зовнішніх факторів, які можуть негативно впливати на їх роботу.

Розширення традиційних ВРП з обмеженим простором за допомогою КРУЕ може бути доцільним для підвищення ефективності і зручності їх використання.

Наприклад, можна ввести додаткові функції або можливості зміни конфігурації може значно розширити можливості таких пристроїв і зробити їх більш універсальними.

Є можливість встановлювати КРУЕ в підземних РП для гідроелектростанцій та гідроелектростанцій.

Для підвищення рівня напруги існують РП без необхідності додаткового простору.

Використання гібридних рішень для скорочення розмірів РП.



Рисунок 3.18 - Приклади можливого розміщення КРУЕ при обмеженому просторі чи екстремальних умовах та клімату

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці під час обслуговування електрообладнання в будівлі комплектної розподільної установки з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) 220 кВ.

Шкідливими виробничими факторами є:

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 (тяжкість) праці – характеристика трудового процесу, що відображає рівень загальних енергозатрат, переважне навантаження на опорно-руховий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи. 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, переміщенням у просторі.

Категорії робіт за важкістю: легка, середньої важкості, важка, дуже важка.

Напруженість праці – характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника. До показників, що характеризують напруженість праці, належать: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 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: 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; ізоляція устаткування має витримувати можливі підвищення напруги під час атмосферних і внутрішніх напруг; все устаткування має надійно працювати за допустимих перенавантажень; приміщення РУ мають бути безпечні і зручні під час обслуговування устаткування персоналом за всіх можливих режимів роботи, а також під час ремонту; 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; 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; всі приміщення РУ повинні мати робоче і аварійне електричне освітлення.

4.1.2 Електробезпека

Електрозахисні засоби захисту

Захист від контакту з струмопровідними елементами електроустаткування: розміщення струмопровідних елементів - неізольовані струмопровідні елементи слід розташовувати в окремих приміщеннях з обмеженим доступом або в металевих шафах; орієнтація в електроустаткуванні - використовувати написи, таблички та попереджувальні знаки для полегшення орієнтації в електроустаткуванні; прокладка кабелів - підводити кабелі до споживачів через закриті конструкції, щоб уникнути випадкового контакту.

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Основні засоби захисту для комплектно розподільного устаткування з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) включають ряд технічних і організаційних заходів.

Ось основні засоби захисту: ізоляційні засоби (ізолювальні штанги, ізолювальні та струмовимірювальні кліщі), діелектричні рукавиці, діелектричні калоші та боти, заземлювальні засоби: (переносні заземлення, стаціонарні заземлювальні системи), засоби індикації та сигналізації (покажчики напруги, сигнальні лампи і табло), захисні пристрої та огороження (металеві шафи та кожухи, огорожі та бар'єри), системи вентиляції та контролю мікроклімату (приточно-витяжна вентиляція з обігрівом, системи контролю вологості та температури), засоби індивідуального захисту (захисні окуляри та щитки, захисні костюми та каски).

Також повинні бути встановлені датчики для контролю вмісту елегазу в повітрі, при ремонтних роботах кожному з персоналу видаються спеціальні засоби захисту, так як в повітрі можуть бути присутні токсичні гази такі як елегаз.

Організаційні заходи: навчання та інструктаж персоналу: регулярні тренування з техніки безпеки; планові перевірки і випробування засобів захисту: для забезпечення їх справності та надійності; розміщення попереджувальних знаків та плакатів: для інформування про можливі небезпеки.

Забезпечення належного рівня безпеки в будівлі КРУЕ 220 кВ вимагає комплексного підходу, включаючи використання всіх перерахованих засобів захисту та дотримання нормативних вимог.

Таблиця 4.1 - Допустима відстань до струмовідних частин, що перебувають під напругою.

Напруга, кВ	Відстань від людини у будь-якому можливому її положенні та інструментів і пристосувань, що використовуються нею, м	Відстань від механізмів та вантажопідіймальних машин у робочому та транспортному положеннях, від стропів, вантажозахватних пристосувань та вантажів, м
220	2	2,5

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 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.

Нормування параметрів мікроклімату в робочій зоні будівлі КРУЕ 220 кВ наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Нормування параметрів мікроклімату в робочій зоні

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

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату приміщення, відповідно до ДБНВ.2.5-67:2013[7]. Опалення, вентиляція та кондиціонування, передбачають: інверторні конденціонери, що можуть працювати в режимах охолодження та підігріву; приточна установка з обігрівом.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Склад повітря робочої зони має відповідати встановленим нормативам та стандартам для забезпечення здоров'я та безпеки працівників.

Для забезпечення відповідності складу повітря робочої зони згідно з ДБНВ.2.5-67:2013 слід робити: вентиляцію; регулярно перевіряти та обслуговувати вентиляційні системи; моніторинг повітря; використовувати датчики та системи моніторингу для постійного контролю концентрації шкідливих речовин та можливого “ви-току” елегазу.

Табл. 4.3 Можливі забруднювачі повітря та їх ГДК

Газ	Максимальне ра- зове ГДК (мг/м³)	Середньодобове ГДК (мг/м³)	Клас небезпеч- ності
Нетоксичний пил	0,5	0.15	IV

4.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення нормального світлового режиму застосовується штучне комбіноване освітлення. Результатом недостатньої освітленості стає небезпека помилок дій і нещасних випадків працівників.

Нормування освітлення в робочій зоні будівлі КРУЕ 220 кВ наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Нормування освітлення

Харак- ка зоро- вої ро- боти	Най- менш ий або еквіва- лен тний розмір об'єкта розріз- нен ня, мм	Роз- ряд зоро- вої ро- боти	Підроз- ряд зоро- вої ро- боти	Кон- траст об'єкта з фоном	Ха- ракте- ристика фону	Штучне при си- стемі комбінова- ного освітлення		При- родне Ен пр	Сумісн е Е сум
						всь- ого	у т. ч. від за- гально го		
Високої точ- ності	Від 1,0 до 5 включно	V	в	малий се- редній великий	світлий се- редній темний	200	40	-	0.6

Для забезпечення нормованого значення штучної освітленості (Ен) в будівлі КРУЕ передбачено наступні заходи: встановлення LED світильників: використання енергоефективних світильників для забезпечення яскравого та рівномірного освітлення; правильне розташування: розміщення світильників для уникнення тіней і затемнених зон, додаткове освітлення робочих зон; автоматичні системи: використання автоматичного регулювання освітленості та датчиків руху для економії енергії; регулярне обслуговування: чищення та перевірка світильників для підтримання їх ефективності; врахування специфіки: використання світильників, стійких до умов експлуатації в КРУЕ, з належним рівнем захисту від пилу та вологи.

4.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму в будівлі КРУЕ є лише вентилятори та установки для обігріву. Шум несприятливо впливає на здоров'я і працездатність людини та заважає сприйняттю корисної інформації.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях встановлюють санітарні норми ДСН 3.3.6.037-99 (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Допустимі 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
Робота, яка вимагає зосередженості, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами	103	91	83	77	73	70	68	66	64

Захист від шкідливого впливу шуму проводиться такими основними методами: усунення коливань у джерелі виникнення; звукоізоляція, звукопоглинання; багатошарові огорожі; на підприємствах повинно бути забезпечено контроль шуму на робочих місцях не менше одного разу в рік.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

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»[5].

Категорії приміщень за вибухопожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016[3]).

Відповідно до ДСТУ зазначеного вище приміщення відноситься до категорії Д. Категорія Д - негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В.

У зазначеному контексті, якщо приміщення відноситься до категорії В пожежо-небезпеки, це означає, що воно потребує додаткових заходів з пожежної безпеки та обережного ставлення до експлуатаційних процесів, що відбуваються всередині нього.

Відповідно до ДБН В.1.1.7-2016, будівля КРУЕ за ступенем вогнестійкості класифікується до III 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 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них.

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				ко-ло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхові (у т.ч. горючі та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні несучі (перегородки)				плити, настили, прогни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – 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 тамбуру, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Протипожежні двері, ворота, вікна	3	REI 45	2	1

Таблиця 4.8 – 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
III	8/9	8/12	10/15

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 з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше на кожні 100 квадратних метрів для приміщень з електрообладнанням з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги. Це можуть бути наприклад вогнегасники типу ВП-5.

ВИСНОВОК

Комплектне розподільче устаткування з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) є критично важливим компонентом сучасних електроенергетичних систем. Його застосування забезпечує компактність та економію простору, що є особливо цінним у міських умовах та на обмежених територіях. Висока надійність і довговічність КРУЕ з елегазовою ізоляцією дозволяє ефективно експлуатувати підстанції в різних умовах, зберігаючи стабільну роботу електромереж.

КРУЕ з елегазовою ізоляцією також сприяє підвищенню безпеки персоналу, скорочуючи час обслуговування та зменшуючи ризики, пов'язані з експлуатацією обладнання. Завдяки своїм унікальним властивостям, елегаз дозволяє підтримувати високий рівень ізоляції та захисту, що забезпечує безперебійну подачу електроенергії. Таким чином, застосування КРУЕ з елегазовою ізоляцією є ключовим елементом у забезпеченні ефективної, стабільної та безпечної роботи електроенергетичних систем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бржезицький В. О., Зелінський В.Ц., Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є. Електричні апарати: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. 602с. ISBN 978-966-289-101-0.
2. Лесько В. О., Кравчук С.В., Сікорська О.В. Електричні апарати: Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 145 с.
3. Основи охорони праці, підручник, В. Ц. Жидецький. - Львів, Афіша, 2005. 316 с.
4. Посилання на ресурс з інформацією: <https://epsltd.kz/en/services/complete-delivery-of-equipment/>
5. Посилання на ресурс з інформацією: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106713A5829&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
12. Андерсон П. Проектування та модернізація повітряних вимикачів низької напруги / Пітер Андерсон. — Глазго (Великобританія), 2010. -- 167 с.
6. Лежнюк П. Д., Лагутін В. М., Тептя В. В. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 194 с.
7. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник. — Х.: «Точка», 2012. — 340 с.
8. Проектування електричної частини електричних станцій та підстанцій. Ч. 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник / НТУУ «КПІ» ; уклад. Є. І. Бардик, П. Л. Денисюк, Ю. В. Безбереж'єв. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,13 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012.
9. Електрична частина станцій та підстанцій: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: О.В. Остапчук, П.Л. Денисюк, Ю.П. Матеєнко/КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 4,62 Мбайт). Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. 183 с.

10. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів : підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова. К. : НАУ, 2018. 312 с.
11. 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.
12. Бардик Є.І., Лукаш Н.П. Електрична частина електростанцій і підстанцій: навчальний посібник. К. НТУУ «КПІ» 2011р. 220с.
13. Правила улаштування електроустановок. — Четверте видання, перероблене й доповнене — Х. : Форт, 2011. — 736 с.
14. Посилання на ресурс з інформацією: <https://www.linkedin.com/pulse/high-voltage-gas-insulated-switchgear-gis-market-q7yje>
15. Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікацій-них роботах здобувачів освітнього ступеня бакалавра галузі знань 14 «Електри-чна інженерія» / уклад.: С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, О. В. Кобилянський. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 65 с.
16. Посилання на ресурс з інформацією: <https://www.linkedin.com/pulse/high-voltage-gas-insulated-switchgear-gis-market-q7yje>
17. Посилання на ресурс з інформацією: <https://iq.vntu.edu.ua/repository/get-file.php/5386.pdf>
18. Посилання на ресурс з інформацією: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4_%D1%81%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B8
19. Посилання на ресурс з інформацією: <https://universalexport.com.ua/ua/blog/elegaz-i-ego-svojstva>
20. Посилання на ресурс з інформацією: <https://universalexport.com.ua/ua/products/elegaz-sf6>

21. Нагорняк, Б., Ткачук, О., Лесько, В., & Нетребський, В. (2024). . в ВНТКП ВНТУ. Факультет електроенергетики та електромеханіки. Отримано з <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/21032>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Електрична частина гідроелектростанції з аналізом питань експлуатації
комплектних розподільних установок із елегазовою ізоляцією

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Відділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та
електромеханіки

(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 97,34 % Схожість 2,66 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 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)

Вишневецький С.Я.

(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

(підпис)

Нагорняк Б.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Нетребський В.В.

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ІЛЮСТРАЦІЙНА ЧАСТИНА

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З АНАЛІЗОМ ПИТАНЬ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКТНИХ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК ІЗ
ЕЛЕГАЗОВОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ

Вінницький національний
технічний університет
Факультет електроенергетики та
електромеханіки
Кафедра електричних станцій і
систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

**Електрична частина гідроелектростанції з аналізом
питань експлуатації комплектних розподільних установок із
елегазовою ізоляцією**

Студент 4 курсу групи 1ЕЕ-206,
Спеціальність 141 –
“Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”
Нагорняк Богдан Васильович

Актуальність теми та мета роботи

Забезпечення стабільної генерації електроенергії: В умовах зростаючих енергетичних потреб суспільства, забезпечення стабільної та якісної генерації електроенергії є критично важливим завданням. Використання комплектного розподільного устаткування з елегазовою ізоляцією (КРУЕ) допоможе покращити надійність і сталість роботи електростанцій та забезпечити ефективне функціонування електричних систем.

Метою дослідження є вивчення різних аспектів КРУЕ, таких як технічні характеристики, принципи роботи та вплив на ефективність роботи електростанцій.

Метою даної роботи є аналіз та оцінка комплектного розподільного устаткування з елегазовою ізоляцією на електростанціях.

Об'єктом дослідження є комплектне розподільне устаткування з елегазовою ізоляцією.

Предметом дослідження є технічні характеристики та особливості роботи КРУЕ.

Обиремо перший варіант розрахунку

Результати розрахунку та оптимізації гідроелектростанції

Обрана схема станції із розрахунком можливих точок КЗ

- струм від ЛЕП:

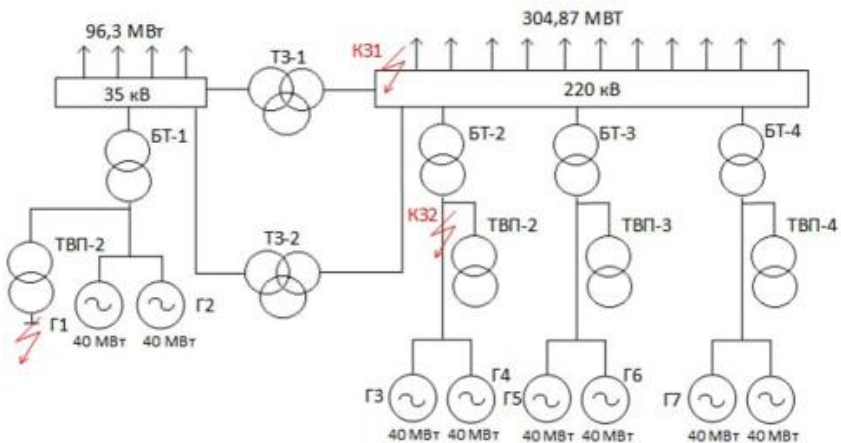
$$I_{р\,max\,л\,еп} = \frac{n}{n-1} \frac{P_{нш}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi} = \frac{4}{3} \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9} = 0,428$$

- струм від ТЗ:

$$I_{р\,max\,ТЗ} = 1,5 \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 1,5 \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 220} = 0,248$$

- струм від генератора:

$$I_{р\,max\,Г} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot 0,95} = \frac{2 \cdot 45,6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,95} = 0,252$$



Результати вибірки комутаційних апаратів

ВРУ - 220 кВ	Вимикач	Роз'єднувач
	ВГТ-220	РНД (3)-220/1000
U _{ном} =220 кВ	U _{ном} =220 кВ	U _{ном} =220 кВ
I _{роб, max} =428 А	I _{ном} =2500 А	I _{max} =1000 А
I _{п.т} =36,977 А	I _{ном. відк} =40 А	-
i _{д.т} =14,695 А	i _{ном} =31,5 А	-
I _{п.0} =30,09 А	I _{дин} =40 А	-
i _у =75,2 А	i _{дин} =100 А	I _{дин} =100 А
B _к =50 кА ² с	I _{тер} t _{тер} =5000 кА ² с	3200 кА ² с

Переваги КРУЕ

КРУЕ - Комплектно розподільний пристрій з елегазовою ізоляцією.

Особливі переваги КРУЕ:

- Довговічність, через низький рівень старіння елегазової ізоляції
- Надійність та безпека, що забезпечується завдяки відсутності впливу зовнішнього середовища
- Компактність та вільність у розташуванні
- Гнучкість компонувальних рішень через модульну конструкцію
- Висока функціональність та оперативність готовності
- Придатність для встановлення всередині та поза приміщеннями
- Низькі затрати в період експлуатації та обслуговування
- Постійно заземлені корпуси, що забезпечують максимальний захист від ураження персоналу електричним струмом.
- Легкі та стійкі до впливу корозії алюмінієві корпуси
- Система ущільнення, що гарантує чудову герметичність
- Вимикач, що приводиться в дію пружиною з дугогасною камерою третього покоління.
- Комбіновані вимикачі роз'єднувача - заземлення з оглядовими вікнами.

Будова КРУЕ типу ELK 3 компанії АВВ

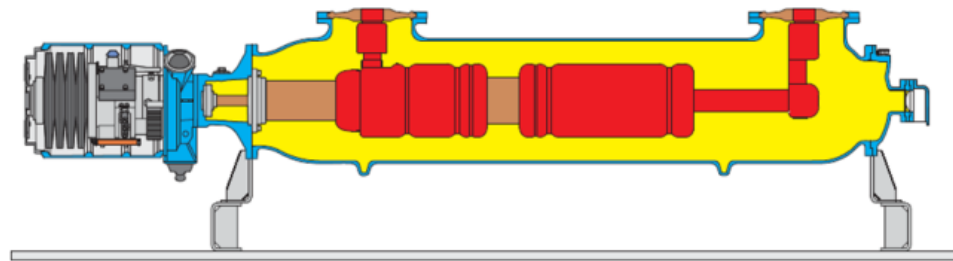


1 Вимикач | 2 Роз'єднувачі та заземлювачі | 3 Трансформатори струму та напруги | 4 Сполучні елементи | 5 Системи управління та захисту

Особливості високовольтного вимикача

Особливості:

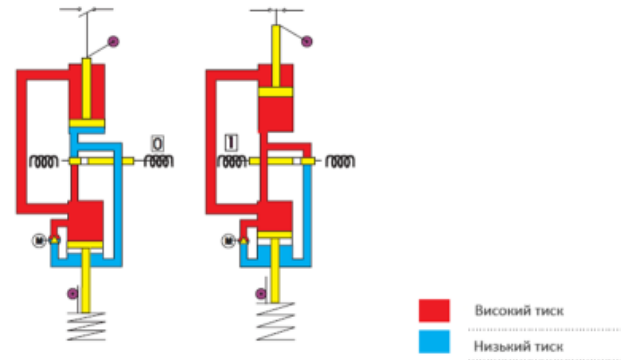
- Надійність, що полягає у швидких комутаціях при значних навантаженнях і струмах короткого замикання
 - Зручний доступ до активних частин з метою технічного обслуговування та ремонту
 - Низький рівень шуму
 - Окрема контактна система для номінального струму та струму відключення
 - Високий опір діелектриків у замкненому та розімкнутому положеннях
 - Однофазне автоматичне повторне включення
 - Компактний пружинно-гідравлічний привід
- Безперервний самоконтроль системи передачі енергії
 - Типові випробування відповідно до вимог останніх стандартів МЕК
 - Конструкція, яка не потребує технічного обслуговування



Привід вимикача та його особливості

Компоненти приводу:

- Система взводу пружини
- Акумулятор енергії з пакетом дискових пружин
- Три незалежні поршні та клапани управління
- Допоміжні вимикачі та вказівники положення



Система управління гідравлічною енергією, що поміщена в компактний герметичний блок, що не потребує підключення зовнішніх трубопроводів. Всі елементи мають зручний доступ для технічного обслуговування та ремонту.

Принцип роботи системи взводу пружин:

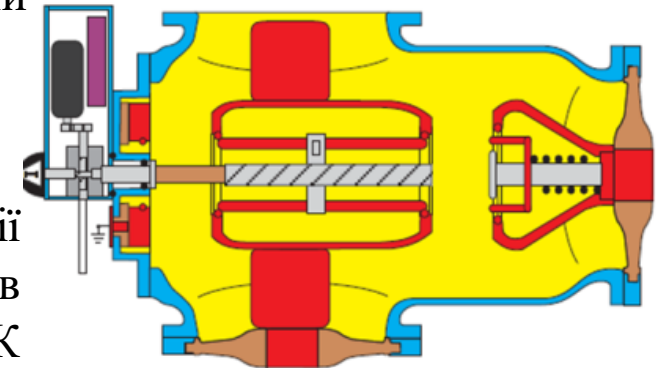
Насос перекачує масло з резервуара низького тиску в резервуар високого тиску поршня-накопичувача і стискає дискові пружини. Мікро вимикач зупиняє роботу насоса, коли пакет дискових пружин повністю заряджений.

Особливості роботи роз'єднувача- заземлювача

Роз'єднувач-заземлювач забезпечує дві функції – роз'єднувач та технологічний заземлювач розташовані в одному загальному відсіку з одним загальним приводом.

Особливості роз'єднувача-заземлювача:

- Надійна елегазова ізоляція у всьому ізолюючому просторі
- Надійна функція відключення невеликих ємнісних струмів та струмів компенсації збірних шин
- Висока термічна та динамічна стійкість при протіканні номінального струму та струму короткого замикання
- Економія обсягу простору розміщення завдяки комбінації роз'єднувача та заземлювача
- Механічне блокування між роз'єднувачем та заземлювачем
- Функція: ізолюваний заземлювач дозволяє проводити вимірювання, не відкриваючи газового відсіку
- Можливість роботи в ручному режимі з-за допомогою пускової рукоятки
- Надійний трифазний привід
- Один привід для виконання обох функцій (роз'єднання та заземлення)
- Розміщення модуля приводу поза відсіком з елегазом
- Окремий механічно з'єднаний показчик положення для кожної операції
- Оглядове вікно для контролю положення обладнання та стану контактів
- Типові випробування на відповідність вимогам останніх стандартів МЕК

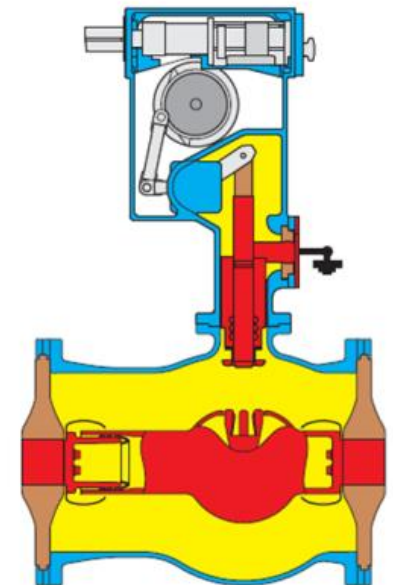


Швидкодіючий заземлювач та його переваги

Швидкодіючий заземлювач застосовується для заземлення ізолюваних секцій установки з метою захисту персоналу під час технічного обслуговування та монтажних робіт.

Особливості

- Надійне заземлення головного кола
- Висока здатність навантаження по струму короткого замикання у включеному положенні
- Висока здатність до включення, при струмах коротких замикань
- Функція: ізолюваний заземлювач
- Здатність до відключення індуктивно-ємнісного та індуктивного струму
- Швидка активація пружинним приводом лінійного контакту заземлювача під час операції «Увімкнення»
- Можливість роботи в ручному режимі за допомогою пускового важеля
- Розміщення модуля приводу поза відсіком, що призначений для елегазу
- Показник положення, механічно з'єднаний з рухомим контактом
- Оглядове вікно для контролю положення та стану контактів
- Ряд запобіжних елементів
- Типові випробування на відповідність вимогам останніх стандартів МЕК



Напрямки впровадження КРУЕ

Для покращення робочих характеристик і підвищення ефективності розподільних пристроїв з мінімальними витратами слід:

- Впроваджувати нові технології та економічні матеріали для захисту від агресивного середовища.
- Модифікувати конструкцію для зменшення габаритів без втрати функціональності.
- Використовувати КРУЕ для реконструкції традиційних ВРП із збільшенням кількості придань в обмеженому просторі.
- Встановлювати КРУЕ в підземних РП для гідроелектростанцій.
- Застосовувати гібридні рішення для зменшення розмірів РП.



Дякую за увагу!