

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ І. Л. Лебединський

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему Вибір обладнання високовольтної підстанції
та розрахунок режиму роботи електричної мережі

Здобувача групи ЕТ-01 Сапарова Айнура

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Сапарова Айнура

Керівник ст. викл. кафедри ЕЕ, к.т.н. С.М. Лебедка _____

Сумський державний університет

Факультет ЕЛІТ Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський

“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

_____ Сапарової Айнури

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Вибір обладнання високовольтної підстанції та розрахунок режиму роботи електричної мережі » затверджена наказом по університету № _____ від _____

2. Термін задачі студентом закінченої роботи 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: методичні вказівки, навчальні підручники.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

Вступ

Розрахунок електричної мережі

Вибір перерізу провідників.

Вибір електричних апаратів.

Охорона праці.

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

Схема мережі підприємства.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Розрахунок мережі промислового підприємства	02.04—10.04	
2	Вибір перерізу провідників	12.04—17.04	
3	Розрахунок струмів короткого замикання	19.04—29.04	
4	Вибір електричних апаратів	01.05—14.05	
5	Охорона праці	16.05—26.05	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Назва: Вибір обладнання високовольтної підстанції та розрахунок режиму роботи електричної мережі

Автор: Сапарова Айнура

Ключові слова:

електричний двигун, електрична мережа, гармоніка, частотно-регулювальний привод, силовий трансформатор, споживач електроенергії, фільтр гармонік;

electric motor, electric network, harmonics, frequency-regulating drive, power transformer, consumer of electricity, harmonics filter.

Бібліографічний опис: Сапарова А. Вибір обладнання високовольтної підстанції та розрахунок режиму роботи електричної мережі : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / А. Сапарова ; керівник С.М. Лебедка . - Суми: СумДУ, 2024. - 62 с.

Короткий огляд (реферат): в даній роботі проведений розрахунок електричної мережі підприємства, обрано кабелі, силові трансформатори, автоматичні вимикачі та вакуумний вимикач.

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Зміст.....	4
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. Розрахунок мережі промислового підприємства.....	8
1.1. Вибір початкового обладнання.....	8
1.2. Розрахунок реактивних потужностей навантаження.....	10
1.3. Розрахунок повних потужностей навантаження.....	10
1.4. Розрахунок струмів у кабельних лініях.....	11
1.5. Розрахунок пускових струмів електродвигунів.....	12
1.6. Розрахунок пікових струмів.....	12
1.7. Вибір трансформатора 10/0.4 кВ.....	13
1.8. Вибір трансформатора 35/10 кВ.....	13
РОЗДІЛ 2. Вибір перерізу провідників.....	15
2.1. Вибір перерізу кабельних ліній наругою 0.4 кВ.....	15
2.1.1. Розрахунок спільних параметрів.....	15
2.1.2. Вибір перерізу для першої кабельної лінії.....	15
2.1.3. Вибір перерізу для другої кабельної лінії.....	16
2.1.4. Вибір перерізу для третьої кабельної лінії.....	17
2.1.5. Вибір перерізу для четвертої кабельної лінії.....	18
2.1.6. Вибір перерізу для п'ятої кабельної лінії.....	19
2.1.7. Вибір перерізу для шостої кабельної лінії.....	20
2.1.8. Вибір перерізу для сьомої кабельної лінії.....	20
2.1.9. Вибір перерізу для восьмої кабельної лінії.....	21
2.2. Вибір перерізу кабельної лінії наругою 10 кВ.....	22
РОЗДІЛ 3. Розрахунок струмів короткого замикання.....	24
3.1. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричній мережі напругою 0.4 кВ.....	24
3.1.1. Розрахунок спільних параметрів.....	24

<i>БР 20520190 ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Сапарова А.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедека</i>		
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>		
			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>
				4
			<i>СумДУ ЕТ-01</i>	
			<i>Акрушів</i>	62

3.1.2. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на першій кабельній лінії.....	24
3.1.3. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на другій кабельній лінії.....	25
3.1.4. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на третій кабельній лінії.....	26
3.1.5. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на четвертій кабельній лінії.....	26
3.1.6. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на п'ятій кабельній лінії.....	27
3.1.7. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на шостій кабельній лінії.....	28
3.1.8. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на сьомій кабельній лінії.....	29
3.1.9. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на восьмій кабельній лінії.....	29
3.2. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.....	30
3.2.1. Розрахунок спільних параметрів	30
3.2.2. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на першій кабельній лінії.....	30
3.2.3. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на другій кабельній лінії.....	31
3.2.4. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на третій кабельній лінії.....	31
3.2.5. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на четвертій кабельній лінії.....	32
3.2.6. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на п'ятій кабельній лінії.....	32
3.2.7. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на шостій кабельній лінії.....	32
3.2.8. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на сьомій кабельній лінії.....	33
3.2.9. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на восьмій кабельній лінії.....	33

3.3. Розрахунок струму короткого замикання на ділянці 10 кВ.....	34
РОЗДІЛ 4. Вибір електричних апаратів	35
4.1. Вибір електричних апаратів в електричній мережі напругою 0.4 кВ... ..	35
4.1.1. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 1	35
4.1.2. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 2	36
4.1.3. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 3	38
4.1.4. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 4	39
4.1.5. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 5	41
4.1.6. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 6	43
4.1.7. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 7	44
4.1.8. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 8	46
4.2. Вибір високовольтного вимикача.....	47
Висновок	50
Список використаної літератури	51

					<i>БР 20520190 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

В сучасному світі коли є багато електричних приладів, ще й додатково створюються нові, для їх надійної роботи та довшого терміну служби, потрібно забезпечити їх якісною електричною енергією.

Зараз є багато промислових підприємств, які використовують різні електричні двигуни, електричні прилади та апарати, тим самим вони можуть спотворюють електричну мережу. Ця спотворена електрична енергія шкідлива не тільки для цього ж підприємства, а й для інших споживачів. Тому важливо виявити та вирішити цю проблему. Є декілька способів, вони будуть розглядатися далі в самій роботі.

Для наглядного прикладу буде створено та пораховано електричну мережу промислового підприємства з використанням частотно-регулювальних приводів, вибір кабелів та електричних апаратів. Потім для зменшення спотворень електроенергії в мережі буде додано декілька фільтрів гармонік та порівняння цих мереж.

					<i>БР 20520190 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТА

1.1. Вибір початкового обладнання

Спочатку потрібно вибрати навантаження, перша кабельна лінія буде навантажена лише активною потужністю, всі інші (2-8) це електродвигуни, табл.1. Перед кожним електродвигуном буде розміщений частотно-регулювальний привод (ЧРП).

Таблиця 1 – Вибрані навантаження на кабельні лінії 1-8

№	Навантаження	$P_{ном}$, кВ	$\cos\varphi$	$k_{пуск}$
1	Лінійне навантаження	100	1	—
2	Електродвигуни з ЧРП	200	0.77	6.9
3	Електродвигуни з ЧРП	200	0.77	6.9
4	Електродвигуни з ЧРП	200	0.77	6.9
5	Електродвигуни з ЧРП	110	0.85	6.6
6	Електродвигуни з ЧРП	75	0.88	6.8
7	Електродвигуни з ЧРП	75	0.88	6.8
8	Електродвигуни з ЧРП	250	0.83	6.7

Далі потрібно створити приблизну схему підприємства, заздалегідь вибравши бажану напругу на частоту, рисунок 1.

					<i>БР 20520190 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Сапарова</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лебеда</i>				8	62
<i>Н. Контр.</i>					<i>СумДУ ЕТ-01</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський І.Л</i>					

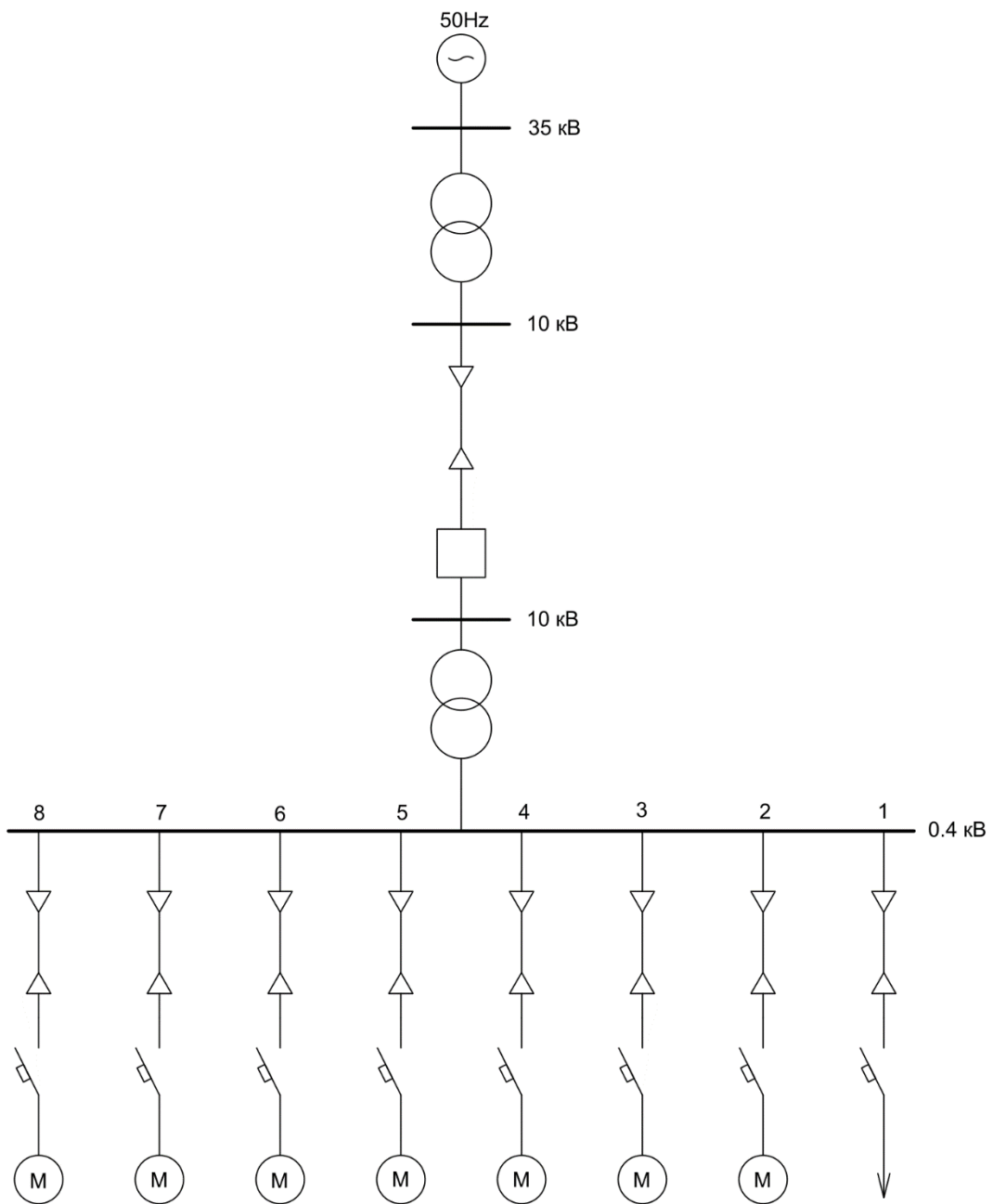


Рисунок 1 – Попередньо вибрана схема промислового підприємства

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Розрахунок реактивних потужностей навантаження

Розраховуємо реактивні потужності.

$$Q_1 = P_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = 100 \cdot 0 = 0 \text{ кВАр}$$

$$Q_2 = P_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 200 \cdot 0.83 = 166 \text{ кВАр}$$

$$Q_3 = P_3 \cdot \operatorname{tg} \varphi_3 = 200 \cdot 0.83 = 166 \text{ кВАр}$$

$$Q_4 = P_4 \cdot \operatorname{tg} \varphi_4 = 200 \cdot 0.83 = 166 \text{ кВАр}$$

$$Q_5 = P_5 \cdot \operatorname{tg} \varphi_5 = 110 \cdot 0.62 = 68.2 \text{ кВАр}$$

$$Q_6 = P_6 \cdot \operatorname{tg} \varphi_6 = 75 \cdot 0.54 = 40.5 \text{ кВАр}$$

$$Q_7 = P_7 \cdot \operatorname{tg} \varphi_7 = 75 \cdot 0.54 = 40.5 \text{ кВАр}$$

$$Q_8 = P_8 \cdot \operatorname{tg} \varphi_8 = 250 \cdot 0.67 = 167.5 \text{ кВАр}$$

1.3. Розрахунок повних потужностей навантаження

Розраховуємо повні потужності.

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{100^2 + 0^2} = 100 \text{ кВА}$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{200^2 + 166^2} = 259.91 \text{ кВА}$$

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{200^2 + 166^2} = 259.91 \text{ кВА}$$

$$S_4 = \sqrt{P_4^2 + Q_4^2} = \sqrt{200^2 + 166^2} = 259.91 \text{ кВА}$$

$$S_5 = \sqrt{P_5^2 + Q_5^2} = \sqrt{110^2 + 68.2^2} = 129.42 \text{ кВА}$$

$$S_6 = \sqrt{P_6^2 + Q_6^2} = \sqrt{75^2 + 40.5^2} = 85.23 \text{ кВА}$$

$$S_7 = \sqrt{P_7^2 + Q_7^2} = \sqrt{75^2 + 40.5^2} = 85.23 \text{ кВА}$$

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$S_8 = \sqrt{P_8^2 + Q_8^2} = \sqrt{250^2 + 167.5^2} = 300.92 \text{ кВА}$$

Таблиця 2 – Визначення розрахункових навантажень

№	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	Результати рохрахунків		
		P , кВт	Q , кВАр	S , кВА
1	1 / 0	100	0	100
2	0.77 / 0.83	200	166	259.91
3	0.77 / 0.83	200	166	259.91
4	0.77 / 0.83	200	166	259.91
5	0.85 / 0.62	110	68.2	129.42
6	0.88 / 0.54	75	40.5	85.23
7	0.88 / 0.54	75	40.5	85.23
8	0.83 / 0.67	250	167.5	300.92
Усього		1210	814.7	1481

1.4. Розрахунок струмів у кабельних лініях

Для кабельних ліній 0.4 кВ:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_1} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 1} = 151.93 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_2} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.77} = 394.63 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_3} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.77} = 394.63 \text{ А}$$

$$I_4 = \frac{P_4}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_4} = \frac{200}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.77} = 394.63 \text{ А}$$

$$I_5 = \frac{P_5}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_5} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.85} = 196.62 \text{ А}$$

$$I_6 = \frac{P_6}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_6} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.88} = 129.48 \text{ А}$$

$$I_7 = \frac{P_7}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_7} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.88} = 129.48 \text{ A}$$

$$I_8 = \frac{P_8}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_8} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 0.83} = 457.63 \text{ A}$$

Для кабельної лінії 10 кВ:

$$I = \frac{S_{\text{заг}}}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{1481}{\sqrt{3} \cdot 10} = 85.48 \text{ A}$$

1.5. Розрахунок пускових струмів електродвигунів

Номинальні струми електродвигунів дорівнюють струмам відповідної кабельної лінії, тобто $I_{2\text{ном.макс}} = I_2$, і так далі.

Пускові струми ЕД визначаються так:

$$I_{2\text{пуск}} = k_{2\text{пуск}} \cdot I_{2\text{ном.макс}} = 6.9 \cdot 394.63 = 2723 \text{ A}$$

$$I_{3\text{пуск}} = k_{3\text{пуск}} \cdot I_{3\text{ном.макс}} = 6.9 \cdot 394.63 = 2723 \text{ A}$$

$$I_{4\text{пуск}} = k_{4\text{пуск}} \cdot I_{4\text{ном.макс}} = 6.9 \cdot 394.63 = 2723 \text{ A}$$

$$I_{5\text{пуск}} = k_{5\text{пуск}} \cdot I_{5\text{ном.макс}} = 6.6 \cdot 196.62 = 1298 \text{ A}$$

$$I_{6\text{пуск}} = k_{6\text{пуск}} \cdot I_{6\text{ном.макс}} = 6.8 \cdot 129.48 = 880.5 \text{ A}$$

$$I_{7\text{пуск}} = k_{7\text{пуск}} \cdot I_{7\text{ном.макс}} = 6.8 \cdot 129.48 = 880.5 \text{ A}$$

$$I_{8\text{пуск}} = k_{8\text{пуск}} \cdot I_{8\text{ном.макс}} = 6.7 \cdot 457.63 = 3066 \text{ A}$$

1.6. Розрахунок пікових струмів

Пікові струми визначаються так:

$$I_{2\text{пік}} = I_{2\text{пуск}} + (I_2 - k \cdot I_{2\text{ном.макс}}) = 2723 + (394.6 - 0.2 \cdot 394.6) = 3039 \text{ A}$$

$$I_{3\text{пік}} = I_{3\text{пуск}} + (I_3 - k \cdot I_{3\text{ном.макс}}) = 2723 + (394.6 - 0.2 \cdot 394.6) = 3039 \text{ A}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{4\text{пік}} = I_{4\text{пуск}} + (I_4 - k \cdot I_{4\text{НОМ.МАКС}}) = 2723 + (394.6 - 0.2 \cdot 394.6) = 3039 \text{ A}$$

$$I_{5\text{пік}} = I_{5\text{пуск}} + (I_5 - k \cdot I_{5\text{НОМ.МАКС}}) = 1298 + (196.6 - 0.2 \cdot 196.6) = 1455 \text{ A}$$

$$I_{6\text{пік}} = I_{6\text{пуск}} + (I_6 - k \cdot I_{6\text{НОМ.МАКС}}) = 880.5 + (129.4 - 0.2 \cdot 129.4) = 984.1 \text{ A}$$

$$I_{7\text{пік}} = I_{7\text{пуск}} + (I_7 - k \cdot I_{7\text{НОМ.МАКС}}) = 880.5 + (129.4 - 0.2 \cdot 129.4) = 984.1 \text{ A}$$

$$I_{8\text{пік}} = I_{8\text{пуск}} + (I_8 - k \cdot I_{8\text{НОМ.МАКС}}) = 3066 + (457.6 - 0.2 \cdot 457.6) = 3432 \text{ A}$$

1.7. Вибір трансформатора 10/0.4 кВ

Вибираємо трансформатор типу ТМ-1600-10/0.4

Коефіцієнт завантаження визначається так:

$$k_3 = \frac{S_{\text{заг}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{1481}{1600} = 0.92,$$

де $S_{\text{заг}}$ – загальна потужність всіх навантажень; $S_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність трансформатора.

Таблиця 3 – Каталогні дані трансформатора ТМ-1600-10/0.4

Тип трансформатора	$S_{\text{НОМ}}$ кВ·А	Каталожні дані					
		$U_{\text{НОМ}}$ обмоток, кВ		U_K , %	ΔP_K , кВт	ΔP_X , кВт	I_X , %
		ВН	НН				
ТМ-1600-10/0.4	1600	10	0.4	5.5	16.5	3.3	1.3

1.8. Вибір трансформатора 35/10 кВ

Вибираємо трансформатор типу ТМ-4000-35/10.5

Коефіцієнт завантаження визначається так:

$$k_3 = \frac{S_{\text{заг}}}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{1481}{4000} = 0.37$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Нехай до трансформатора ТМ-4000-35/10.5 буде підключений ще один споживач з потужність 1500 кВА, тому

$$k_3 = \frac{S_{\text{заг}} + S_{\text{спож}}}{S_{\text{ном}}} = \frac{1481 + 1500}{4000} = 0.74$$

Таблиця 4 – Каталожні дані трансформатора ТМ-4000-35/10.5

Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$ кВ·А	Каталожні дані					
		$U_{\text{ном}}$ обмоток, кВ		$U_K, \%$	$\Delta P_K, \text{кВт}$	$\Delta P_X, \text{кВт}$	$I_X, \%$
		ВН	НН				
ТМ-4000-35/10.5	4000	35	10.5	7.5	33.5	6.7	1

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

2.1. Вибір перерізу кабельних ліній наругою 0.4 кВ

2.1.1. Розрахунок спільних параметрів

Температура навколишнього середовища $T_{\text{сер}} = 20$ °С. Для кабелю з гумовою термостійкою ізоляцією нормована тривало допустима температура жили $T_{\text{ж.н}} = 65$ °С [4], нормована температура середовища при прокладці в землі $T_{\text{сер.н}} = 15$ °С. Тоді поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища:

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер}}}{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}} = \sqrt{\frac{65 - 20}{65 - 15}} = 0.94$$

Поправковий коефіцієнт на вид ґрунту(нормальні ґрунт і пісок вологістю 7-9%):

$$K_{\text{попр}} = 1$$

2.1.2. Вибір перерізу для першої кабельної лінії

Розрахунковий струм першої кабельної лінії, $I_1 = 151.93$ А. Обираємо кабель з поперечним перерізом $S_1 = 95$ мм² та допустимим струмом $I_{\text{доп1}} = 255$ А.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{\text{пр1}} = 1$$

Допустимий струм для кабеля з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп1}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр1}} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп1}} = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 255 = 241.91 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{\text{доп1}} = 241.91 \text{ А} > I_1 = 151.93 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_1 = 95 \text{ мм}^2$: $r_{п1} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{п1} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Тоді активний і реактивний опори кабелю обчислюються так:

$$R_{кб1} = r_{п1} \cdot l_{кб1} = 0.329 \cdot 175 \cdot 10^{-3} = 0.058 \text{ Ом}$$

$$X_{кб1} = x_{п1} \cdot l_{кб1} = 0.081 \cdot 175 \cdot 10^{-3} = 0.014 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{кб1} = \frac{P_1 \cdot R_{кб1} + Q_1 \cdot X_{кб1}}{10 \cdot U_{ном}^2} = \frac{100 \cdot 0.058 + 0 \cdot 0.014}{10 \cdot 0.38^2} = 3.98 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо трижильний кабель АВВГ(3×95).

2.1.3. Вибір перерізу для другої кабельної лінії

Розрахунковий струм другої кабельної лінії, $I_2 = 394.63 \text{ А}$. Обираємо два кабеля з поперечним перерізом $S_2 = 95 \text{ мм}^2$ та допустимим струмом $I_{доп2} = 255 \text{ А}$.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{пр2} = 0.92$$

Допустимий струм для кабеля з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{доп2} = K_{сер} \cdot K_{пр2} \cdot K_{попр} \cdot I_{доп2} = 0.95 \cdot 0.92 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 255) = 445.12 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{доп2} = 445.12 \text{ А} > I_2 = 394.63 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_2 = 95 \text{ мм}^2$: $r_{п2} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{п2} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Тоді загальні активні і реактивні опори кабелів обчислюються так:

$$R_{кб2} = \frac{r_{п2} \cdot l_{кб2}}{2} = \frac{0.329 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.016 \text{ Ом}$$

										Арк.
										16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$X_{к62} = \frac{x_{п2} \cdot l_{к62}}{2} = \frac{0.081 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.004 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{к62} = \frac{P_2 \cdot R_{к62} + Q_2 \cdot X_{к62}}{10 \cdot U_{ном}^2} = \frac{200 \cdot 0.016 + 166 \cdot 0.004}{10 \cdot 0.38^2} = 2.74 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо два трижильних кабелі АВВГ(2×3×95).

2.1.4. Вибір перерізу для третьої кабельної лінії

Розрахунковий струм третьої кабельної лінії, $I_3 = 394.63 \text{ А}$. Обираємо два кабелі з поперечним перерізом $S_3 = 95 \text{ мм}^2$ та допустимим струмом $I_{доп3} = 255 \text{ А}$.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{пр3} = 0.92$$

Допустимий струм для кабелю з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{доп3} = K_{сер} \cdot K_{пр3} \cdot K_{попр} \cdot I_{доп3} = 0.95 \cdot 0.92 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 255) = 445.12 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{доп3} = 445.12 \text{ А} > I_3 = 394.63 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_3 = 95 \text{ мм}^2$: $r_{п3} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{п3} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Тоді загальні активні і реактивні опори кабелів обчислюються так:

$$R_{к63} = \frac{r_{п3} \cdot l_{к63}}{2} = \frac{0.329 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.016 \text{ Ом}$$

$$X_{к63} = \frac{x_{п3} \cdot l_{к63}}{2} = \frac{0.081 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.004 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

					Арк.
					17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$\Delta U_{\text{кб3}} = \frac{P_3 \cdot R_{\text{кб3}} + Q_3 \cdot X_{\text{кб3}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2} = \frac{200 \cdot 0.016 + 166 \cdot 0.004}{10 \cdot 0.38^2} = 2.74 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо два трижильних кабелі АВВГ(2×3×95).

2.1.5. Вибір перерізу для четвертої кабельної лінії

Розрахунковий струм четвертої кабельної лінії, $I_4 = 394.63$ А. Обираємо два кабелі з поперечним перерізом $S_4 = 95$ мм² та допустимим струмом $I_{\text{доп4}} = 255$ А.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{\text{пр4}} = 0.92$$

Допустимий струм для кабелю з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп4}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр4}} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп4}} = 0.95 \cdot 0.92 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 255) = 445.12 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{\text{доп4}} = 445.12 \text{ А} > I_4 = 394.63 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_4 = 95$ мм²: $r_{\text{п4}} = 0.329$ мОм/м, $x_{\text{п4}} = 0.081$ мОм/м. Тоді загальні активні і реактивні опори кабелів обчислюються так:

$$R_{\text{кб4}} = \frac{r_{\text{п4}} \cdot l_{\text{кб4}}}{2} = \frac{0.329 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.016 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{кб4}} = \frac{x_{\text{п4}} \cdot l_{\text{кб4}}}{2} = \frac{0.081 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.004 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{\text{кб4}} = \frac{P_4 \cdot R_{\text{кб4}} + Q_4 \cdot X_{\text{кб4}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2} = \frac{200 \cdot 0.016 + 166 \cdot 0.004}{10 \cdot 0.38^2} = 2.74 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, вибираємо два трижильних кабелі АВВГ(2×3×95).

2.1.6. Вибір перерізу для п'ятої кабельної лінії

Розрахунковий струм п'ятої кабельної лінії, $I_5 = 196.62$ А. Обираємо кабель з поперечним перерізом $S_5 = 95$ мм² та допустимим струмом $I_{\text{доп}5} = 255$ А.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{\text{пр}5} = 1$$

Допустимий струм для кабелю з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп}5} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}5} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}5} = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 255 = 241.91 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{\text{доп}5} = 241.91 \text{ А} > I_5 = 196.62 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_5 = 95$ мм²: $r_{\text{п}5} = 0.329$ мОм/м, $x_{\text{п}5} = 0.081$ мОм/м. Тоді активний і реактивний опори кабелю обчислюються так:

$$R_{\text{к}65} = r_{\text{п}5} \cdot l_{\text{к}65} = 0.329 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 0.049 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{к}65} = x_{\text{п}5} \cdot l_{\text{к}65} = 0.081 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 0.012 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{\text{к}65} = \frac{P_5 \cdot R_{\text{к}65} + Q_5 \cdot X_{\text{к}65}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2} = \frac{110 \cdot 0.049 + 68.2 \cdot 0.012}{10 \cdot 0.38^2} = 4.33 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо трижильний кабель АВВГ(3×95).

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.1.7. Вибір перерізу для шостої кабельної лінії

Розрахунковий струм шостої кабельної лінії, $I_6 = 129.48$ А. Обираємо кабель з поперечним перерізом $S_6 = 120$ мм² та допустимим струмом $I_{\text{доп}6} = 295$ А.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{\text{пр}6} = 1$$

Допустимий струм для кабелю з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп}6} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}6} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}6} = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 295 = 279.86 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{\text{доп}6} = 279.86 \text{ А} > I_6 = 129.48 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_6 = 120$ мм²: $r_{\text{п}6} = 0.261$ мОм/м, $x_{\text{п}6} = 0.08$ мОм/м. Тоді активний і реактивний опори кабелю обчислюються так:

$$R_{\text{к}66} = r_{\text{п}6} \cdot l_{\text{к}66} = 0.261 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 0.065 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{к}66} = x_{\text{п}6} \cdot l_{\text{к}66} = 0.08 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 0.02 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{\text{к}66} = \frac{P_6 \cdot R_{\text{к}66} + Q_6 \cdot X_{\text{к}66}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2} = \frac{75 \cdot 0.065 + 40.5 \cdot 0.02}{10 \cdot 0.38^2} = 3.95 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо трижильний кабель АВВГ(3×120).

2.1.8. Вибір перерізу для сьомої кабельної лінії

Розрахунковий струм сьомої кабельної лінії, $I_7 = 129.48$ А. Обираємо кабель з поперечним перерізом $S_7 = 95$ мм² та допустимим струмом $I_{\text{доп}7} = 255$ А.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{пр}7} = 1$$

Допустимий струм для кабелю з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп}7} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}7} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}7} = 0.95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 255 = 241.91 \text{ А}$$

Таким чином $I'_{\text{доп}7} = 241.91 \text{ А} > I_7 = 129.48 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_7 = 95 \text{ мм}^2$: $r_{\text{п}7} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{\text{п}7} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Тоді активний і реактивний опори кабелю обчислюються так:

$$R_{\text{к}67} = r_{\text{п}7} \cdot l_{\text{к}67} = 0.329 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 0.041 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{к}67} = x_{\text{п}7} \cdot l_{\text{к}67} = 0.081 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 0.01 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{\text{к}67} = \frac{P_7 \cdot R_{\text{к}67} + Q_7 \cdot X_{\text{к}67}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2} = \frac{75 \cdot 0.041 + 40.5 \cdot 0.01}{10 \cdot 0.38^2} = 2.42 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо трижильний кабель АВВГ(3×95).

2.1.9. Вибір перерізу для восьмої кабельної лінії

Розрахунковий струм восьмої кабельної лінії, $I_8 = 457.63 \text{ А}$. Обираємо два кабелю з поперечним перерізом $S_8 = 150 \text{ мм}^2$ та допустимим струмом $I_{\text{доп}8} = 335 \text{ А}$.

Поправковий коефіцієнт на кількість паралельно прокладених кабелів:

$$K_{\text{пр}8} = 0.92$$

Допустимий струм для кабелю з врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається так:

$$I'_{\text{доп}8} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}8} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}8} = 0.95 \cdot 0.92 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 335) = 584.76 \text{ А}$$

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 20520190 ПЗ				

Таким чином $I'_{\text{доп8}} = 584.76 \text{ А} > I_8 = 457.63 \text{ А}$. Умова виконується.

Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірку за умов допустимої втрати напруги.

Питомі опори кабелю з стандартним перерізом струмопровідної жили $S_8 = 150 \text{ мм}^2$: $r_{\text{п8}} = 0.208 \text{ мОм/м}$, $x_{\text{п8}} = 0.079 \text{ мОм/м}$. Тоді загальні активні і реактивні опори кабелів обчислюються так:

$$R_{\text{к68}} = \frac{r_{\text{п8}} \cdot l_{\text{к68}}}{2} = \frac{0.208 \cdot 125 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.013 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{к68}} = \frac{x_{\text{п8}} \cdot l_{\text{к68}}}{2} = \frac{0.079 \cdot 125 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.004 \text{ Ом}$$

Втрата напруги в кабелі визначається так:

$$\Delta U_{\text{к68}} = \frac{P_8 \cdot R_{\text{к68}} + Q_8 \cdot X_{\text{к68}}}{10 \cdot U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{250 \cdot 0.013 + 167.5 \cdot 0.004}{10 \cdot 0.38^2} = 2.82 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5 %), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таким чином, вибираємо два трижильних кабелі АВВГ(2×3×150).

2.2. Вибір перерізу кабельної лінії наругою 10 кВ

При виборі перерізу кабелю, який живить трансформатор 10/0.4 кВ, приймається номінальний первинний струм трансформатора, який визначається так:

$$I_{\text{НОМ.Т}} = \frac{S_{\text{НОМ.Т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 92.37 \text{ А,}$$

де $S_{\text{НОМ.Т}}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{\text{НОМ.Т}}$ – номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

Для кабелів з алюмінієвими жилами та гумовою ізоляцією економічна густина струму $J_{\text{ек}} = 1.7 \text{ А/мм}^2$. Економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{НОМ.Т}}}{J_{\text{ек}}} = \frac{92.37}{1.7} = 54.33 \text{ мм}^2$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Вибирається найближчий стандартний переріз кабелю $S = 50 \text{ мм}^2$.

$$I_{\text{доп}} = 175 \text{ А} > I = 85.48 \text{ А}$$

Для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами і гумовою ізоляцією при напрузі 10 кВ приймається температурний коефіцієнт $C = 78 \text{ Ас}^{\frac{1}{2}}/\text{мм}^2$. Дійсний час вимикання КЗ приймається $t = 0.2 \text{ с}$.

Найменший переріз кабелю, який є термостійким до струмів КЗ, визначається так:

$$S_{\text{мін}} = \frac{I_{\text{к}} \cdot \sqrt{t}}{C} = \frac{2.76 \cdot \sqrt{0.2}}{78} = 15.82 \text{ мм}^2$$

Таким чином, $S = 50 \text{ мм}^2 > S_{\text{мін}} = 15.82 \text{ мм}^2$, вибраний раніше переріз кабелю підходить. Остаточо вибираємо кабель АВВГ(3×50).

Результати вибраних раніше кабелів для ліній напругою 0.4 та 10 кВ заносимо в таблицю 5.

Таблиця 5 – Результат вибору кабелів

№	Довжина, м	Напруга на ділянці, кВ	Струм, А	Вибраний кабель	Тривало допустимий струм, А
1	175	0.4	151.93	АВВГ(3×95)	255
2	100	0.4	394.63	АВВГ(2×3×95)	2×255 (510)
3	100	0.4	394.63	АВВГ(2×3×95)	2×255 (510)
4	100	0.4	394.63	АВВГ(2×3×95)	2×255 (510)
5	150	0.4	196.62	АВВГ(3×95)	255
6	250	0.4	129.48	АВВГ(3×120)	295
7	200	0.4	129.48	АВВГ(3×95)	255
8	125	0.4	457.63	АВВГ(2×3×150)	2×335 (670)
9	2000	10	85.48	АВВГ(3×50)	175

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

3.1. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричній мережі напругою 0.4 кВ

3.1.1. Розрахунок спільних параметрів

Базисна напруга ступеня в електричній мережі напругою до 1 кВ

$$U_{\text{ном.сер.НН}} = 1.05 \cdot U_{\text{ном.НН}} = 1.05 \cdot 380 = 400 \text{ В}$$

Індуктивний опір системи, який приведений до ступеня НН, визначається так:

$$X_c = \frac{U_6^2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot S_k} = \frac{400^2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 500} = 0.185 \text{ мОм}$$

Для трансформатора ТМ-1600-10/0.4 приймаються втрати 16.5 кВт, напруга КЗ $u_k = 5.5\%$. Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються так:

$$R_T = \frac{P_{\text{к.ном}} \cdot U_{\text{ном.сер.НН}}^2 \cdot 10^6}{S_{\text{ном.т}}^2} = \frac{16.5 \cdot 0.4^2 \cdot 10^6}{1600^2} = 1.03 \text{ мОм}$$

$$\begin{aligned} X_T &= \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{к.ном}}}{S_{\text{ном.т}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}^2 \cdot 10^4}{S_{\text{ном.т}}} \\ &= \sqrt{5.5^2 - \left(\frac{100 \cdot 16.5}{1600}\right)^2} \cdot \frac{0.4^2 \cdot 10^4}{1600} = 5.4 \text{ мОм} \end{aligned}$$

Приблизний опір контактів приймається $R_k = 20 \text{ мОм}$

3.1.2. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на першій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{\text{п1}} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{\text{п1}} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю $l_{\text{кб1}} = 175 \text{ м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 1 визначаються так:

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$R_{к61} = r_{п1} \cdot l_{к61} = 0.329 \cdot 175 = 57.57 \text{ мОм}$$

$$X_{к61} = x_{п1} \cdot l_{к61} = 0.081 \cdot 175 = 14.17 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-35 приймається $R_{a1} = 1.1 \text{ мОм}$; $X_{a1} = 0.5 \text{ мОм}$.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 1} = R_{к61} + R_T + R_{a1} + R_K = 57.57 + 1.03 + 1.1 + 20 = 79.7 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 1} = X_c + X_{к61} + X_T + X_{a1} = 0.185 + 14.17 + 5.4 + 0.5 = 20.26 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{R_{\Sigma 1}^2 + X_{\Sigma 1}^2} = \sqrt{79.7^2 + 20.26^2} = 82.24 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{1к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 82.24} = 2.8 \text{ кА}$$

3.1.3. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на другій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п2} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{п2} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю $l_{к62} = 100 \text{ м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 2 визначаються так:

$$R_{к62} = \frac{r_{п2} \cdot l_{к62}}{2} = \frac{0.329 \cdot 100}{2} = 16.45 \text{ мОм}$$

$$X_{к62} = \frac{x_{п2} \cdot l_{к62}}{2} = \frac{0.081 \cdot 100}{2} = 4.05 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-39 приймається $R_{a2} = 0.41 \text{ мОм}$; $X_{a2} = 0.13 \text{ мОм}$.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 2} = R_{к62} + R_T + R_{a2} + R_K = 16.45 + 1.03 + 0.41 + 20 = 37.89 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 2} = X_c + X_{к62} + X_T + X_{a2} = 0.185 + 4.05 + 5.4 + 0.13 = 9.76 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 2} = \sqrt{R_{\Sigma 2}^2 + X_{\Sigma 2}^2} = \sqrt{37.89^2 + 9.76^2} = 39.13 \text{ мОм}$$

									Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{2к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 39.13} = 5.9 \text{ кА}$$

3.1.4. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на третій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п3} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{п3} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю $l_{кб3} = 100 \text{ м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 3 визначаються так:

$$R_{кб3} = \frac{r_{п3} \cdot l_{кб3}}{2} = \frac{0.329 \cdot 100}{2} = 16.45 \text{ мОм}$$

$$X_{кб3} = \frac{x_{п3} \cdot l_{кб3}}{2} = \frac{0.081 \cdot 100}{2} = 4.05 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-39 приймається $R_{а3} = 0.41 \text{ мОм}$; $X_{а3} = 0.13 \text{ мОм}$.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 3} = R_{кб3} + R_{т} + R_{а3} + R_{к} = 16.45 + 1.03 + 0.41 + 20 = 37.89 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 3} = X_{с} + X_{кб3} + X_{т} + X_{а3} = 0.185 + 4.05 + 5.4 + 0.13 = 9.76 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 3} = \sqrt{R_{\Sigma 3}^2 + X_{\Sigma 3}^2} = \sqrt{37.89^2 + 9.76^2} = 39.13 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{3к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 39.13} = 5.9 \text{ кА}$$

3.1.5. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на четвертій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п4} = 0.329 \text{ мОм/м}$, $x_{п4} = 0.081 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l_{к64} = 100$ м. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 4 визначаються так:

$$R_{к64} = \frac{r_{п4} \cdot l_{к64}}{2} = \frac{0.329 \cdot 100}{2} = 16.45 \text{ мОм}$$

$$X_{к64} = \frac{x_{п4} \cdot l_{к64}}{2} = \frac{0.081 \cdot 100}{2} = 4.05 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-39 приймається $R_{а4} = 0.41$ мОм; $X_{а4} = 0.13$ мОм.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 4} = R_{к64} + R_T + R_{а4} + R_K = 16.45 + 1.03 + 0.41 + 20 = 37.89 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 4} = X_C + X_{к64} + X_T + X_{а4} = 0.185 + 4.05 + 5.4 + 0.13 = 9.76 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 4} = \sqrt{R_{\Sigma 4}^2 + X_{\Sigma 4}^2} = \sqrt{37.89^2 + 9.76^2} = 39.13 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{4к}^{(3)} = \frac{U_{ном.сер.НН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 39.13} = 5.9 \text{ кА}$$

3.1.6. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на п'ятій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п5} = 0.329$ мОм/м, $x_{п5} = 0.081$ мОм/м. Довжина кабелю $l_{к65} = 150$ м. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 5 визначаються так:

$$R_{к65} = r_{п5} \cdot l_{к65} = 0.329 \cdot 150 = 49.35 \text{ мОм}$$

$$X_{к65} = x_{п5} \cdot l_{к65} = 0.081 \cdot 150 = 12.15 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-35 приймається $R_{а5} = 1.1$ мОм; $X_{а5} = 0.5$ мОм.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 5} = R_{к65} + R_T + R_{а5} + R_K = 49.35 + 1.03 + 1.1 + 20 = 71.48 \text{ мОм}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$X_{\Sigma 5} = X_c + X_{к65} + X_T + X_{a5} = 0.185 + 12.15 + 5.4 + 0.5 = 17.46 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 5} = \sqrt{R_{\Sigma 5}^2 + X_{\Sigma 5}^2} = \sqrt{71.48^2 + 17.46^2} = 73.58 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{5к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 5}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 73.58} = 3.13 \text{ кА}$$

3.1.7. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на шостій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п6} = 0.261 \text{ мОм/м}$, $x_{п6} = 0.08 \text{ мОм/м}$. Довжина кабелю $l_{к66} = 250 \text{ м}$. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 6 визначаються так:

$$R_{к66} = r_{п6} \cdot l_{к66} = 0.261 \cdot 250 = 65.25 \text{ мОм}$$

$$X_{к66} = x_{п6} \cdot l_{к66} = 0.08 \cdot 250 = 20 \text{ мОм}$$

Для автомата QF6 (ВА51-35) приймається $R_{a6} = 1.1 \text{ мОм}$;
 $X_{a6} = 0.5 \text{ мОм}$.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 6} = R_{к66} + R_T + R_{a6} + R_k = 65.25 + 1.03 + 1.1 + 20 = 87.38 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 6} = X_c + X_{к66} + X_T + X_{a6} = 0.185 + 20 + 5.4 + 0.5 = 26.08 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 6} = \sqrt{R_{\Sigma 6}^2 + X_{\Sigma 6}^2} = \sqrt{87.38^2 + 26.08^2} = 91.19 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{6к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 6}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 91.19} = 2.53 \text{ кА}$$

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

3.1.8. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на сьомій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п7} = 0.329$ мОм/м, $x_{п7} = 0.081$ мОм/м. Довжина кабелю $l_{к67} = 200$ м. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 7 визначаються так:

$$R_{к67} = r_{п7} \cdot l_{к67} = 0.329 \cdot 200 = 65.8 \text{ мОм}$$

$$X_{к67} = x_{п7} \cdot l_{к67} = 0.081 \cdot 200 = 16.2 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-35 приймається $R_{a7} = 1.1$ мОм; $X_{a7} = 0.5$ мОм.

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 7} = R_{к67} + R_T + R_{a7} + R_K = 65.8 + 1.03 + 1.1 + 20 = 87.93 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 7} = X_c + X_{к67} + X_T + X_{a7} = 0.185 + 16.2 + 5.4 + 0.5 = 22.28 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 7} = \sqrt{R_{\Sigma 7}^2 + X_{\Sigma 7}^2} = \sqrt{87.93^2 + 22.28^2} = 90.71 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{7к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 7}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 90.71} = 2.54 \text{ кА}$$

3.1.9. Розрахунок струму трифазного короткого замикання на восьмій кабельній лінії

Для кабельної лінії напругою до 1 кВ з однаковим перерізом питомі опори такі: $r_{п8} = 0.208$ мОм/м, $x_{п8} = 0.079$ мОм/м. Довжина кабелю $l_{к68} = 125$ м. Активний та індуктивний опори кабельної лінії 8 визначаються так:

$$R_{к68} = \frac{r_{п8} \cdot l_{к68}}{2} = \frac{0.208 \cdot 125}{2} = 13 \text{ мОм}$$

$$X_{к68} = \frac{x_{п8} \cdot l_{к68}}{2} = \frac{0.079 \cdot 125}{2} = 4.93 \text{ мОм}$$

Для автомата ВА51-39 приймається $R_{a8} = 0.41$ мОм; $X_{a8} = 0.13$ мОм.

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарні опори визначаються так:

$$R_{\Sigma 8} = R_{к68} + R_T + R_{a8} + R_K = 13 + 1.03 + 0.41 + 20 = 34.44 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma 8} = X_c + X_{к68} + X_T + X_{a8} = 0.185 + 4.93 + 5.4 + 0.13 = 10.65 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma 8} = \sqrt{R_{\Sigma 8}^2 + X_{\Sigma 8}^2} = \sqrt{34.44^2 + 10.65^2} = 36.05 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається так:

$$I_{8к}^{(3)} = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 8}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 36.05} = 6.4 \text{ кА}$$

3.2. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

3.2.1. Розрахунок спільних параметрів

Повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, визначається як:

$$\begin{aligned} Z_T^{(1)} &= \sqrt{(R_{1T} + R_{2T} + R_{0T})^2 + (X_{1T} + X_{2T} + X_{0T})^2} \\ &= \sqrt{(1.1 + 1.1 + 1.1)^2 + (5.4 + 5.4 + 5.4)^2} = 16.53 \text{ мОм,} \end{aligned}$$

де R_{1T} і X_{1T} – активний та індуктивний опори трансформатора струмам прямої послідовності, мОм;

$R_{2T} = R_{1T}$ і $X_{2T} = X_{1T}$ – те саме зворотної послідовності, мОм;

R_{0T} і X_{0T} те саме нульової послідовності, мОм.

3.2.2. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на першій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{\text{п.пт}}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{\text{п.пт.кб1}} = 0.78 \text{ мОм/м}$;

Повний опір визначається так:

$$Z_{\text{пт.1}} = z_{\text{п.пт.кб1}} \cdot l_{кб1} = 0.78 \cdot 175 = 136.5 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевому КЗ визначається так:

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{1к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\Gamma}^{(1)}}{3} + Z_{пт.1}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 136.5} = 1.54 \text{ кА}$$

3.2.3. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на другій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к62} = 0.78 \text{ мОм/м}$;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.2} = \frac{z_{п.пт.к62} \cdot l_{к62}}{2} = \frac{0.78 \cdot 100}{2} = 39 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

$$I_{2к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\Gamma}^{(1)}}{3} + Z_{пт.2}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 39} = 4.94 \text{ кА}$$

3.2.4. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на третій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к63} = 0.78 \text{ мОм/м}$;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.3} = \frac{z_{п.пт.к63} \cdot l_{к63}}{2} = \frac{0.78 \cdot 100}{2} = 39 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

$$I_{3к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\Gamma}^{(1)}}{3} + Z_{пт.3}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 39} = 4.94 \text{ кА}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.5. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на четвертій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к64} = 0.78$ мОм/м;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.4} = \frac{z_{п.пт.к64} \cdot l_{к64}}{2} = \frac{0.78 \cdot 100}{2} = 39 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

$$I_{4к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт.4}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 39} = 4.94 \text{ кА}$$

3.2.6. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на п'ятій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к65} = 0.78$ мОм/м;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.5} = z_{п.пт.к65} \cdot l_{к65} = 0.78 \cdot 150 = 117 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

$$I_{5к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт.5}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 117} = 1.79 \text{ кА}$$

3.2.7. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на шостій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к66} = 0.62$ мОм/м;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.6} = z_{п.пт.к66} \cdot l_{к66} = 0.62 \cdot 250 = 155 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$I_{6к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт.6}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 155} = 1.37 \text{ кА}$$

3.2.8. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на сьомій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к67} = 0.78 \text{ мОм/м}$;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.7} = z_{п.пт.к67} \cdot l_{к67} = 0.78 \cdot 200 = 156 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

$$I_{7к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт.7}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 156} = 1.36 \text{ кА}$$

3.2.9. Розрахунок струму однофазного короткого замикання на восьмій кабельній лінії

Повний питомий опір $z_{п.пт}$ ланцюга “фаза - нуль” для трижильного кабелю з алюмінієвими жилами такий: $z_{п.пт.к68} = 0.52 \text{ мОм/м}$;

Повний опір визначається так:

$$Z_{пт.8} = \frac{z_{п.пт.к68} \cdot l_{к68}}{2} = \frac{0.52 \cdot 100}{2} = 32.5 \text{ мОм}$$

Струм однофазного металевого КЗ визначається так:

$$I_{8к}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт.8}} = \frac{220}{\frac{16.53}{3} + 32.5} = 5.78 \text{ кА}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розрахунок струму короткого замикання на ділянці 10 кВ

Розрахунок струму КЗ виконується в іменованих одиницях:

- опір кабельної лінії:

$$X_{\text{л}} = 0.085 \cdot 2 = 0.17 \text{ Ом}$$

- опір трансформатора ТМ-4000-35/10.5 згідно каталожних даних:

$$X_{\text{Т}} = 23 \text{ Ом}$$

- опір системи:

$$X_{\text{с}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{S_{\text{с}}} = \frac{35^2}{500} = 2.45 \text{ Ом}$$

Періодична складова струму КЗ на стороні 10 кВ:

$$I_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{\text{л}} + X_{\text{Т}} + X_{\text{с}})} \cdot \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{НН}}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot (0.17 + 23 + 2.45)} \cdot \frac{35}{10} = 2.76 \text{ кА}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

РОЗДІЛ 4. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

4.1. Вибір електричних апаратів в електричній мережі напругою 0.4 кВ

4.1.1. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 1

Вибирається автомат **ВА51-35** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номинальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номинальний струм автомата ВА51-35:

$$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А} > I_1 = 151.93 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 100; 125; 160; 200 і 250 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 160 \text{ А} > I_1 = 151.93 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25 . Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 160 = 200 \text{ А}$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 200 \text{ А} > 1.1 \cdot 151.93 = 167.12 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.в}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 12. Таким чином, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 12 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 12 \cdot 160 = 1920 \text{ А}$$

Піковий струм $I_{1\text{пik}} = I_1 = 151.93 \text{ А}$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$I_{y.e.p} = 1920 \text{ A} > 1.25 \cdot 151.93 = 189.9 \text{ A}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{1к}^{(3)} = 2.8 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-35 $I_{ном.в.а} = 22 \text{ кА}$

$$22 \text{ кА} > 2.8 \text{ кА}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{1к}^{(1)} = 1.54 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 1.92 = 2.4 \text{ кА} > I_{1к}^{(1)} = 1.54 \text{ кА}$$

Остаточню вибіраємо автомат ВА51-35 з такими параметрами:

$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$; $I_{ном.а} = 250 \text{ А}$; $I_{ном.т.р} = 160 \text{ А}$; $I_{у.т.р} = 200 \text{ А}$; $I_{у.е.р} = 1920 \text{ А}$; $I_{ном.в.а} = 22 \text{ кА}$. Каталогні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-35 наводяться в таблиці 6.

Таблиця 6 – Каталогні та розрахункові дані автомата ВА51-35

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	660 В	380 В
$I_{ном.а} \geq I_1$	250 А	151.93 А
$I_{ном.т.р} \geq I_1$	160 А	151.93 А
$I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	250 А	160 А
$I_{у.т.р} \geq 1.1 \cdot I_1$	$1.25 \cdot 160 = 200 \text{ А}$	$1.1 \cdot 151.93 = 167.12 \text{ А}$
$I_{у.е.р} \geq 1.25 \cdot I_{1пик}$	$1.25 \cdot 160 = 1920 \text{ А}$	$1.25 \cdot 151.93 = 189.9 \text{ А}$
$I_{ном.в.а} \geq I_{п.о} = I_{1к}^{(3)}$	22 кА	2.8 кА
$1.25 \cdot I_{у.е.р} \leq I_{1к}^{(1)}$	$1.25 \cdot 1.92 = 2.4 \text{ кА}$	1.54 кА

4.1.2. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 2

Вибирається автомат **ВА51-39** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номінальний струм автомата ВА51-39:

$$I_{ном.а} = 630 \text{ А} > I_2 = 394.63 \text{ А}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автомату ВА51-39 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 400; 500 і 630 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 400 \text{ А} > I_2 = 394.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25 . Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 500 \text{ А} > 1.1 \cdot 394.62 = 434.09 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.в}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 10. Таким чином, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 10 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 10 \cdot 400 = 4000 \text{ А}$$

Піковий струм $I_{2\text{пik}} = 3039 \text{ А}$

$$I_{\text{у.е.р}} = 4000 \text{ А} > 1.25 \cdot 3039 = 3798 \text{ А}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{2\text{к}}^{(3)} = 5.9 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-39 $I_{\text{ном.в.а}} = 40 \text{ кА}$

$$40 \text{ кА} > 5.9 \text{ кА}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{2\text{к}}^{(1)} = 4.94 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 4 = 5 \text{ кА} > I_{2\text{к}}^{(1)} = 4.94 \text{ кА}$$

Остаточню вибираємо автомат ВА51-39 з такими параметрами:

$U_{\text{ном.а}} = 660 \text{ В}$; $I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А}$; $I_{\text{ном.т.р}} = 400 \text{ А}$; $I_{\text{у.т.р}} = 500 \text{ А}$; $I_{\text{у.е.р}} = 4000 \text{ А}$; $I_{\text{ном.в.а}} = 40 \text{ кА}$. Каталожні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-39 наводяться в таблиці 7.

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7 – Каталожні та розрахункові дані автомата ВА51-39

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	660 В	380 В
$I_{\text{ном.а}} \geq I_2$	630 А	394.63 А
$I_{\text{ном.т.р}} \geq I_2$	400 А	394.63 А
$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	630 А	400 А
$I_{\text{у.т.р}} \geq 1.1 \cdot I_2$	$1.25 \cdot 400 = 500$ А	$1.1 \cdot 394.6 = 434.09$ А
$I_{\text{у.е.р}} \geq 1.25 \cdot I_{2\text{пiк}}$	$10 \cdot 400 = 4000$ А	$1.25 \cdot 3039 = 3798$ А
$I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{2\text{к}}^{(3)}$	40 кА	5.9 кА
$1.25 \cdot I_{\text{у.е.р}} \leq I_{2\text{к}}^{(1)}$	$1.25 \cdot 4 = 5$ кА	4.94 кА

4.1.3. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 3

Вибирається автомат **ВА51-39** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номінальний струм автомата ВА51-39:

$$I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А} > I_3 = 394.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 400; 500 і 630 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 400 \text{ А} > I_3 = 394.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 500 \text{ А} > 1.1 \cdot 394.62 = 434.09 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 20520190 ПЗ				

($I_{с.в}/I_{ном.т.р}$) становить 10. Таким чином, струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} = 10 \cdot I_{ном.т.р} = 10 \cdot 400 = 4000 \text{ А}$$

Піковий струм $I_{зпик} = 3039 \text{ А}$

$$I_{у.е.р} = 4000 \text{ А} > 1.25 \cdot 3039 = 3798 \text{ А}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{зк}^{(3)} = 5.9 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-39

$$I_{ном.в.а} = 40 \text{ кА}$$

$$40 \text{ кА} > 5.9 \text{ кА}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{зк}^{(1)} = 4.94 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 4 = 5 \text{ кА} > I_{зк}^{(1)} = 4.94 \text{ кА}$$

Остаточню вибираємо автомат ВА51-39 з такими параметрами:

$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$; $I_{ном.а} = 630 \text{ А}$; $I_{ном.т.р} = 400 \text{ А}$; $I_{у.т.р} = 500 \text{ А}$; $I_{у.е.р} = 4000 \text{ А}$; $I_{ном.в.а} = 40 \text{ кА}$. Каталожні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-39 наводяться в таблиці 8.

Таблиця 8 – Каталожні та розрахункові дані автомата ВА51-39

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	660 В	380 В
$I_{ном.а} \geq I_3$	630 А	394.63 А
$I_{ном.т.р} \geq I_3$	400 А	394.63 А
$I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	630 А	400 А
$I_{у.т.р} \geq 1.1 \cdot I_3$	$1.25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$	$1.1 \cdot 394.6 = 434.09 \text{ А}$
$I_{у.е.р} \geq 1.25 \cdot I_{зпик}$	$10 \cdot 400 = 4000 \text{ А}$	$1.25 \cdot 3039 = 3798 \text{ А}$
$I_{ном.в.а} \geq I_{п.о} = I_{зк}^{(3)}$	40 кА	5.9 кА
$1.25 \cdot I_{у.е.р} \leq I_{зк}^{(1)}$	$1.25 \cdot 4 = 5 \text{ кА}$	4.94 кА

4.1.4. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 4

Вибирається автомат **ВА51-39** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номинальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номинальний струм автомата ВА51-39:

$$I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А} > I_4 = 394.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 номинальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 400; 500 і 630 А. Тоді номинальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 400 \text{ А} > I_4 = 394.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номинального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 500 \text{ А} > 1.1 \cdot 394.62 = 434.09 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номинального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.в}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 10. Таким чином, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 10 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 10 \cdot 400 = 4000 \text{ А}$$

Піковий струм $I_{4\text{пik}} = 3039 \text{ А}$

$$I_{\text{у.е.р}} = 4000 \text{ А} > 1.25 \cdot 3039 = 3798 \text{ А}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{4\text{к}}^{(3)} = 5.9 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-39

$$I_{\text{ном.в.а}} = 40 \text{ кА}$$

$$40 \text{ кА} > 5.9 \text{ кА}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{4\text{к}}^{(1)} = 4.94 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 4 = 5 \text{ кА} > I_{4\text{к}}^{(1)} = 4.94 \text{ кА}$$

Остаточно вибираємо автомат ВА51-39 з такими параметрами:

$$U_{\text{ном.а}} = 660 \text{ В}; I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А}; I_{\text{ном.т.р}} = 400 \text{ А}; I_{\text{у.т.р}} = 500 \text{ А}; I_{\text{у.е.р}} = 4000 \text{ А};$$

										Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР 20520190 ПЗ

$I_{\text{ном.в.а}} = 40 \text{ кА}$. Каталогні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-39 наводяться в таблиці 9.

Таблиця 9 – Каталогні та розрахункові дані автомата ВА51-39

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	660 В	380 В
$I_{\text{ном.а}} \geq I_4$	630 А	394.63 А
$I_{\text{ном.т.р}} \geq I_4$	400 А	394.63 А
$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	630 А	400 А
$I_{\text{у.т.р}} \geq 1.1 \cdot I_4$	$1.25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$	$1.1 \cdot 394.6 = 434.09 \text{ А}$
$I_{\text{у.е.р}} \geq 1.25 \cdot I_{4\text{пік}}$	$10 \cdot 400 = 4000 \text{ А}$	$1.25 \cdot 3039 = 3798 \text{ А}$
$I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{4\text{к}}^{(3)}$	40 кА	5.9 кА
$1.25 \cdot I_{\text{у.е.р}} \leq I_{4\text{к}}^{(1)}$	$1.25 \cdot 4 = 5 \text{ кА}$	4.94 кА

4.1.5. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 5

Вибирається автомат **ВА51-35** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номінальний струм автомата ВА51-35:

$$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А} > I_5 = 196.62 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 100; 125; 160; 200 і 250 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 200 \text{ А} > I_5 = 196.62 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 200 = 250 \text{ А}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{y.t.p} = 250 \text{ A} > 1.1 \cdot 196.62 = 216.28 \text{ A}$$

Для автомату ВА51-35 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{c.b}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{y.e.p}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ ($I_{c.b}/I_{ном.т.р}$) становить 12. Таким чином, струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{c.b} = I_{y.e.p} = 12 \cdot I_{ном.т.р} = 12 \cdot 200 = 2400 \text{ A}$$

$$\text{Піковий струм } I_{5\text{пiк}} = 1455 \text{ A}$$

$$I_{y.e.p} = 2400 \text{ A} > 1.25 \cdot 1455 = 1819 \text{ A}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{5к}^{(3)} = 3.13 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-35 $I_{ном.в.а} = 22 \text{ кА}$

$$22 \text{ кА} > 3.13 \text{ кА}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{5к}^{(1)} = 1.79 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 2.4 = 3 \text{ кА} > I_{5к}^{(1)} = 1.79 \text{ кА}$$

Остаточно вибираємо автомат ВА51-35 з такими параметрами:

$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$; $I_{ном.а} = 250 \text{ А}$; $I_{ном.т.р} = 200 \text{ А}$; $I_{y.t.p} = 250 \text{ А}$; $I_{y.e.p} = 2400 \text{ А}$; $I_{ном.в.а} = 22 \text{ кА}$. Каталогні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-35 наводяться в таблиці 10.

Таблиця 10 – Каталогні та розрахункові дані автомата ВА51-35

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	660 В	380 В
$I_{ном.а} \geq I_5$	250 А	196.62 А
$I_{ном.т.р} \geq I_5$	200 А	196.62 А
$I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	250 А	200 А
$I_{y.t.p} \geq 1.1 \cdot I_5$	$1.25 \cdot 200 = 250 \text{ А}$	$1.1 \cdot 196.62 = 216.28 \text{ А}$
$I_{y.e.p} \geq 1.25 \cdot I_{5\text{пiк}}$	$12 \cdot 200 = 2400 \text{ А}$	$1.25 \cdot 1455 = 1819 \text{ А}$
$I_{ном.в.а} \geq I_{п.о} = I_{5к}^{(3)}$	22 кА	3.13 кА
$1.25 \cdot I_{y.e.p} \leq I_{5к}^{(1)}$	$1.25 \cdot 2.4 = 3 \text{ кА}$	1.79 кА

4.1.6. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 6

Вибирається автомат **ВА51-35** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номінальний струм автомата ВА51-35:

$$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А} > I_6 = 129.48 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 100; 125; 160; 200 і 250 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 160 \text{ А} > I_6 = 129.48 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 160 = 200 \text{ А}$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 200 \text{ А} > 1.1 \cdot 129.48 = 142.43 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.в}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 12. Таким чином, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 12 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 12 \cdot 160 = 1920 \text{ А}$$

Піковий струм $I_{\text{6пik}} = 984.12 \text{ А}$

$$I_{\text{у.е.р}} = 1920 \text{ А} > 1.25 \cdot 984.12 = 1230 \text{ А}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{\text{6к}}^{(3)} = 2.53 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-35 $I_{\text{ном.в.а}} = 22 \text{ кА}$

$$22 \text{ кА} > 2.53 \text{ кА}$$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{6к}^{(1)} = 1.37 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 1.92 = 2.4 \text{ кА} > I_{6к}^{(1)} = 1.37 \text{ кА}$$

Остаточню вибираємо автомат ВА51-35 з такими параметрами:

$U_{\text{ном.а}} = 660 \text{ В}$; $I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А}$; $I_{\text{ном.т.р}} = 160 \text{ А}$; $I_{\text{у.т.р}} = 200 \text{ А}$; $I_{\text{у.е.р}} = 1920 \text{ А}$;
 $I_{\text{ном.в.а}} = 22 \text{ кА}$. Каталожні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-35 наводяться в таблиці 11.

Таблиця 11 – Каталожні та розрахункові дані автомата ВА51-35

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	660 В	380 В
$I_{\text{ном.а}} \geq I_6$	250 А	129.48 А
$I_{\text{ном.т.р}} \geq I_6$	160 А	129.48 А
$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	250 А	160 А
$I_{\text{у.т.р}} \geq 1.1 \cdot I_6$	$1.25 \cdot 160 = 200 \text{ А}$	$1.1 \cdot 129.48 = 142.43 \text{ А}$
$I_{\text{у.е.р}} \geq 1.25 \cdot I_{6\text{пік}}$	$12 \cdot 160 = 1920 \text{ А}$	$1.25 \cdot 984.12 = 1230 \text{ А}$
$I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{6к}^{(3)}$	22 кА	2.53 кА
$1.25 \cdot I_{\text{у.е.р}} \leq I_{6к}^{(1)}$	$1.25 \cdot 1.92 = 2.4 \text{ кА}$	1.37 кА

4.1.7. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 7

Вибирається автомат **ВА51-35** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номінальний струм автомата ВА51-35:

$$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А} > I_7 = 129.48 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-35 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 100; 125; 160; 200 і 250 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 160 \text{ А} > I_7 = 129.48 \text{ А}$$

Продовження таблиці 12

$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	250 А	160 А
$I_{\text{у.т.р}} \geq 1.1 \cdot I_7$	$1.25 \cdot 160 = 200$ А	$1.1 \cdot 129.48 = 142.43$ А
$I_{\text{у.е.р}} \geq 1.25 \cdot I_{7\text{пік}}$	$12 \cdot 160 = 1920$ А	$1.25 \cdot 984.12 = 1230$ А
$I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{7\text{к}}^{(3)}$	22 кА	2.54 кА
$1.25 \cdot I_{\text{у.е.р}} \leq I_{7\text{к}}^{(1)}$	$1.25 \cdot 1.92 = 2.4$ кА	1.36 кА

4.1.8. Вибір автоматичного вимикача для кабельної лінії 8

Вибирається автомат **ВА51-39** [1] струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В}$$

Номінальний струм автомата ВА51-39:

$$I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А} > I_8 = 457.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 номінальні струми теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ такі: 400; 500 і 630 А. Тоді номінальний струм теплового розчеплювача:

$$I_{\text{ном.т.р}} = 500 \text{ А} > I_8 = 457.63 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 кратність струму спрацювання (уставки) теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$ до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{у.т.р}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 1.25. Таким чином, уставка струму теплового розчеплювача:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1.25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1.25 \cdot 500 = 625 \text{ А}$$

$$I_{\text{у.т.р}} = 625 \text{ А} > 1.1 \cdot 457.63 = 503.39 \text{ А}$$

Для автомату ВА51-39 у разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.в}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 10. Таким чином, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 10 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 10 \cdot 500 = 5000 \text{ А}$$

Піковий струм $I_{8\text{пік}} = 3432 \text{ А}$

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{y.e.p} = 5000 \text{ A} > 1.25 \cdot 3432 = 4290 \text{ A}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ, $I_{8к}^{(3)} = 6.4 \text{ кА}$. Для автоматів ВА51-39 $I_{ном.в.а} = 40 \text{ кА}$

$$40 \text{ кА} > 6.4 \text{ кА}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ $I_{8к}^{(1)} = 5.78 \text{ кА}$

$$1.25 \cdot 5 = 6.25 \text{ кА} > I_{8к}^{(1)} = 5.78 \text{ кА}$$

Остаточно вибираємо автомат ВА51-39 з такими параметрами:

$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$; $I_{ном.а} = 630 \text{ А}$; $I_{ном.т.р} = 500 \text{ А}$; $I_{у.т.р} = 625 \text{ А}$; $I_{у.е.р} = 5000 \text{ А}$; $I_{ном.в.а} = 40 \text{ кА}$. Каталогні та розрахункові дані цього автомата типу ВА51-39 наводяться в таблиці 13.

Таблиця 13 – Каталогні та розрахункові дані автомата ВА51-39

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{ном.а} \geq U_{ном.м}$	660 В	380 В
$I_{ном.а} \geq I_8$	630 А	457.63 А
$I_{ном.т.р} \geq I_8$	500 А	457.63 А
$I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	630 А	500 А
$I_{у.т.р} \geq 1.1 \cdot I_8$	$1.25 \cdot 500 = 625 \text{ А}$	$1.1 \cdot 457.63 = 503.39 \text{ А}$
$I_{у.е.р} \geq 1.25 \cdot I_{8пик}$	$10 \cdot 500 = 5000 \text{ А}$	$1.25 \cdot 3432 = 4290 \text{ А}$
$I_{ном.в.а} \geq I_{п.о} = I_{8к}^{(3)}$	40 кА	6.4 кА
$1.25 \cdot I_{у.е.р} \leq I_{8к}^{(1)}$	$1.25 \cdot 5 = 6.25 \text{ кА}$	5.78 кА

4.2. Вибір високовольтного вимикача

Вибирається вакуумний вимикач ВР1 [2], [6].

Номінальна напруга вимикача вибирається як:

$$10 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ}$$

Номінальний струм вимикача ВР1:

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{ном.е.а}} = 630 \text{ А} > I = 85.48 \text{ А}$$

При вимиканні повинна виконуватись умова:

$$I_{\text{ном.вимик}} = 25 \text{ кА} \geq I_{\text{к}} = 2.76 \text{ кА}$$

Струм електродинамічної стійкості:

$$i_{\text{дин}} = 52 \text{ кА} \geq i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1.608 \cdot I_{\text{к}} = \sqrt{2} \cdot 1.608 \cdot 2.76 = 6.27 \text{ кА}$$

Термічна стійкість:

$$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} = 52^2 \cdot 2 = 5408 \text{ кА}^2 \text{с} \geq I_{\text{к}}^2 t = 2.76^2 \cdot 0.2 = 1.52 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Таблиця 14 – Каталожні та розрахункові дані вакуумного вимикача ВР1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
$U_{\text{ном.е.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	10 кВ	10 кВ
$I_{\text{ном.е.а}} \geq I$	630 А	85.48 А
$I_{\text{ном.вимик}} \geq I_{\text{к}}$	25 кА	2.76 кА
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	52 кА	6.27 кА
$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} \geq I_{\text{к}}^2 t$	$52^2 \cdot 2 = 5408 \text{ кА}^2 \text{с}$	$1.52 \text{ кА}^2 \text{с}$

При виборі даних автоматів та вимикача, всі умови виконуються, отже вибір виконано правильно.

ВИСНОВОК

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра, було спроектовано електричну мережу промислового підприємства та проведено її удосконалення шляхом фільтрування вищих гармонічних спотворень і, як наслідок, покращення якості електричної енергії.

На початку роботи було вибрано навантаження, виконано розрахунок мережі та пікових струмів. Далі обрано силові трансформатори та визначені коефіцієнти завантаження.

На другому етапі роботи було обрано переріз кабельних ліній напругою 0.4 кВ та 10 кВ. В розрахунках застосовувались спеціальні коефіцієнти для точного підбору потрібного перерізу.

На третьому етапі було виконано розрахунок струмів короткого замикання. Розраховувались трифазні та однофазні струми КЗ, а результати були використані в наступних етапах.

Четвертий етап – це вибір електричних апаратів. Для отримання вихідних даних для цього етапу попередньо провели розрахунки струмів КЗ та пікові струми. Були обрані автоматичні вимикачі для кабельних ліній на стороні 0.4 кВ та вакуумний вимикач на стороні 10 кВ.

Виконавши всі попередні розділи в якій було розраховано різні параметри електричної мережі підприємства, обрав певну кількість обладнання, удосконалив схему. Тому потрібно перевіряти створені схеми електричних мереж на наявність вищих гармонік, які створюються від певних електричних приладів.

					БР 20520190 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

