

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Завідувач кафедри
електроенергетики
_____І.Л. Лебединський
"___" _____2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему: «Розрахунок параметрів та вибір електрообладнання
системи електропостачання будівлі конгрес-центру»

Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТ-81_____Рожков К.П.

Керівник: к.т.н., доцент_____Василега П.О.

Суми-2022

Сумський державний університет

Факультет ЕЛІТ _____ Кафедра електроенергетики
Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електроенергетики
_____ Лебединський І.Л.
“ ____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра

Рожков Костянтин Павлович

1. Тема роботи :« Розрахунок параметрів та аналіз роботи системи електропостачання будівлі конгрес-центру»
затверджена наказом по університету № _____ від “ ____ ” _____ 20__ р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 06.06.2022 р.
3. Вихідні дані до роботи: Принципова схема силової/освітлювальної мереж, параметри споживачів електроенергії, параметри та марки кабелів, однолінійна схема електропостачання, схема електрична принципова розподільної мережі
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)
Вступ
1. Характеристика об'єкту його електроприймачів та системи електропостачання.
2. Визначення розрахункових навантажень.
3. Вибір кабелів і проводів та розрахунок втрат напруги.
4. Розрахунок струмів короткого замикання
5. Вибір електрообладнання та електричних апаратів
6. Охорона праці.
Висновки по роботі.
Список використаної літератури.
5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень або плакатів)
1. Принципова схема силової мережі.
2. Принципова схема освітлювальної мережі.
3. Схема електрична принципова електричної мережі

					БР.141.585 ЕТ-81 ПЗ		
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рожков К.П.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Василега П.О.				2	48
Реценз.					Сум ДУ		
Н. Контр.		Нікіфоров М.А.					
Затверд.		Лебединський І. Л.					

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкту його електроприймачів та системи електропостачання	До 15.03.2022	
2	Визначення розрахункових навантажень	До 01.04.2022	
3	Вибір кабелів і проводів та розрахунок втрат напруги	До 05.05.2022	
4	Розрахунок струмів короткого замикання	До 30.05.2022	
5	Вибір електрообладнання та електричних апаратів	До 05.06.2022	
6	Охорона праці Висновки по роботі Список використаної літератури	До 05.06.2022	
7	Здача роботи на перевірку	До 06.06.2022	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

					БР.141.585 ЕТ-81 ПЗ		
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Рожков К.П.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Василега П.О.				3	48
Реценз.					Сум ДУ		
Н. Контр.		Нікіфоров М.А.					
Затверд.		Лебединський І. Л.					

Реферат

49 с., 14 малюнків, 11 табл., 11 джерел, 3 креслення.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Конгрес-центру

Мета роботи – необхідно розрахувати параметри системи електропостачання

Графічні матеріали – схема електрична принципова електричних з'єднань, схема електрична принципова силової мережі, схема електрична принципова освітлювальної мережі.

Ключові слова:

Кабель, розрахунок, електричне навантаження, потужність, система електропостачання, вимикач, охорона праці, коротке замикання, струм, щиток силовий, секція шин, електроприймач.

Cable, calculation, electric load, power, electricity system, switch, occupational safety, short circuit, current, electrical panel, section of buses, electric receiver.

Короткий огляд: у даній роботі я виконав розрахунки електричних навантажень, розрахункових струмів, втрат напруги на кабелях. Вибрав кабелі. Для розрахунку електричних навантажень використаний метод установленної потужності та коефіцієнта попиту. Вибір кабелів я проводив згідно розрахункових струмів, а також таблиць перетину кабелів. Втрати напруги було розраховано завдяки моменту навантаження. Розрахунок коротких замикань я робив за допомогою параметрів кабелю. Обирав електрообладання згідно раніше отриманих даних щодо розрахункового струму та кабелю. І наостанок – я розкрив тему охорону праці, а саме захисні заходи електробезпеки а також ураження електричним струмом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			4

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

ВРП – ввідно-розподільний пристрій

ШР – шафа силова розподільча

ЩО – щит освітлювальний

ЩОА – щит освітлювальний аварійний

РУ – розподільний пристрій

КЗ – коротке замикання

ВВГ – кабель мідний силовий

ВВГнг – кабель не підтримує горіння

АВВГ – кабель алюмінієвий силовий

ПЗВ – пристрій захисного ввімкнення

ЕУ – електроустановка

СЛР – серцево-легенева реанімація

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			5

Зміст

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика об'єкту, системи електропостачання та її електроприймачів	8
1.2 Визначення розрахункових навантажень	10
1.2.1 Основні методи визначення розрахункових навантажень	10
1.2.2 Перелік основних електроприймачів та їх сумарної потужності	11
1.3 Вибір кабелів і проводів та розрахунок втрат напруги.....	15
1.3.1 Загальна характеристика кабелів, проводів	15
1.3.2 Вибір проводів.....	19
1.3.3 Розрахунок втрат напруги у кабелях	21
4 Розрахунок струмів короткого замикання.....	25
1.5 Вибір електрообладнання та електричних апаратів.....	33
1.5.1 загальна характеристика електричних апаратів	33
1.5.2 Вибір електрообладнання.....	37
Розділ 2 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
2.1 Загальні положення.....	41
2.2 Захисні заходи електробезпеки	41
2.3 ураження електричним струмом	42
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45
ДОДАТКИ.....	46
ДОДАТОК А.....	47
ДОДАТОК В.....	49

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВСТУП

При проектуванні системи електропостачання неминуче виникає потреба щодо оптимізації, тобто оптимальної кількості ресурсів, які необхідні для заданих умов (електричних навантажень).

У моїй роботі я беру за основу і розраховую систему електропостачання конгрес-центру СумДУ. Також я порушую питання охорони праці у своїй роботі. Щоб розрахувати систему електропостачання треба знати конкретні значення електричних навантажень (номінальну потужність), після цього розрахувати електричні навантаження. Після цього можна обирати марку кабелів і визначити втрати напруги. Розраховані струми КЗ. Здійснений вибір автоматичних вимикачів, рубильників і запобіжників.

Для правильного проектування системи електропостачання треба користуватися ПУЕ і державним стандартами.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту, системи електропостачання та її електроприймачів

Місцезнаходження об'єкта: Сумська область, м. Суми, Вулиця Покровська 9/1.

Має 3 поверхи (цокольний, 1-й та 2-й), а також горище.

Категорія надійності постачання - II

Для одержання потужності необхідно виконати вимоги до електромереж основного живлення:

Для цього експлуатується двохтрансформаторна підстанція 6/0,4кВт з силовими трансформаторами на 630 кВА.

Об'єкт заживити КЛ–0,4 кВ розрахункового перетину від різних секцій шин.

побудованої ТП 6/0,4 кВ.

Система заземлення TN–С.

Таблиця 1.1 – Експлікація приміщень горища

найменування	Площа, м ²
Сходова клітка	26,7
Тамбур	3,1
Дахова котельня	86
Допоміжне приміщення №1	16,3
Допоміжне приміщення №2	24,7
коридор	18,5
всього	175,3

Таблиця 1.2 – Експлікація приміщення цокольного поверху

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	найменування	Площа, м ²
1	Насосна	34,3
1	Насосна	34,3
2	Відділ комплектації замовлень	38,2
3	тамбур	4,9
4	Венткамера №1	28,2
5	Санвузол №1	2,8
6	Хол №1	35,2
7	Кімната притирального інвентарю	9,1
8	Технічне приміщення №1	10,2
9	Технічне приміщення №2	22,3
10	Коридор №1	43
11	Коридор №2	81
12	Сховище №1	95
13	Сховище №2	222,1
14	Сховище №3	222,1
15	Кімната відповідального за сховище	27,4
16	Кімната кондеціонування	415
17	Сходи	26,7
18	Тамбур-шлюз №1	11,7
19	Хол №2	42,8
20	Технічне приміщення	10,2
21	Кімната притирального інвентарю	9,2

Продовження таблиці 1.2 – Експлікація приміщення цокольного поверху

22	Санвузол №2	2,8
23	Сховище №4	95
24	Коридор №2	46,9
25	Хол №3	35,4
26	електрощитова	19,9
27	Коридор	43
28	Тамбур – шлюз №3	4,9
29	Венткамера №2	28,2
30	Відділ комплектації замовлень	52,6
31	Технічне приміщення №3	22,3
32	всього	1369,1

джерело живлення: ТП 71а.

Електропостачання: ТП 6/0,4 кВт “ЗТП 22А”.

Точка приєднання: РУ-0,4 кВ ТП 6/0,4 кВт “ЗТП 22А”.

Напруга в точці приєднання – 380 В.

1.2 Визначення розрахункових навантажень

1.2.1 Основні методи визначення розрахункових навантажень

Є різні методи визначення розрахункових навантажень:

- Метод установленної потужності й коефіцієнта попиту;
- Метод питомих витрат електроенергії на одиницю продукції або роботи;
- Метод питомої потужності на одиницю промислової площі;
- Метод упорядкованих діаграм.

Я обрав розраховувати методом установленної потужності й коефіцієнта попиту.

Для визначення розрахункових навантажень будемо використовувати методом установленної потужності й коефіцієнт попиту. Цей метод визначення

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

розрахункового навантаження можна застосувати для електричних мереж всієї будівлі або її окремих підрозділів з однорідними категоріями електроприймачів або для попередніх наближених розрахунків вузлів системи окремих виробничих ділянок із різними категоріями електроприймачів.

1.2.2 Перелік основних електроприймачів та їх сумарної потужності

Наведу перелік потужностей електроприймачів для ЩО-1.

Таблиця 1.3 – Потужності електроприймачів

Найменування витрат	освітлення	освітлення	освітлення	освітлення	Побутові розетки	Побутові розетки
$P_{ном}$ кВт	1.8	1.8	1.4	1.4	0.9	0.8
Струм, А	3,04	3,04	2,36	2,36	1,52	1,35
Найменування споживача	Відділ комплексного замовлення,	Хол 25 сан. Вузол 22, приміщення 20,21,31	Сховище 14, 23	Хол 19, коридор, тамбур-шлюз 18	Приміщення: 26; 22; 25; 30; 31.	Приміщення: 14; 23

Перелік взято із принципової електричної схеми розподільчої мережі ЩО-1

Далі наведу таблицю електричних навантажень.

Таблиця 1.4 – Таблиця розрахункових даних електричних навантажень принципової електричної схеми.

№	електроприймач	P_n , кВт	K_n
1	Навантаження від поверхових ЩО та ЩОА	137	0,7
2	Навантаження від приливної вентиляції	30,4	0,7
3	Навантаження від витяжної вентиляції	8,2	0,7
4	Насосна (пожежні насоси)	3	

Продовження таблиці 1.4 – Розрахункових даних електричних навантажень

5	Дахова котельня	7	0,6
6	Ліфти (2шт) на підйомники (2шт)	19	0,6
7	Шафа серверної	20	0,7
8	Шафа пожежно-охоронної сигналізації	10	0,5
9	Шафи силові комп'ютерного обладнання	34	0,7

Для визначення розрахункових навантажень будемо використовувати метод установленної потужності й коефіцієнт попиту. Цей метод визначення розрахункового навантаження можна застосувати для електричних мереж всієї будівлі або її окремих підрозділів з однорідними категоріями електроприймачів або для попередніх наближених розрахунків вузлів системи окремих виробничих ділянок із різними категоріями електроприймачів.

Розрахункова активна потужність P_p однорідних по режиму роботи приймачів визначається при цьому за формулою:

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_H \quad (1.1)$$

Де K_p – коефіцієнт попиту для цієї групи однорідних приймачів, що вибираються із довідників.

Де $tg\phi$ – коефіцієнт реактивної потужності для цієї групи однорідних приймачів, що вибираються із довідників.

Розрахуємо активне навантаження від поверхових ЩО та ЩОА. Згідно формули (1.1):

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_H = 0,7 \cdot 137 = 95 \text{ кВт.} \quad (1.2)$$

Аналогічно розрахуємо для інших електроприймачів:
групова номінальна активна потужність визначається за формулою:

$$P_H = \sum_1^n P_n \quad (1.3)$$

Де, n – кількість електроприймачів:

Знайдемо повне активне навантаження споживачів за формулою (1.3):

$$P_H = \sum_1^7 P_n = 268 \text{ кВт.} \quad (1.4)$$

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для знаходження сумарного коефіцієнту попиту для всіх електроприймачів використовується формула:

$$K_{\Pi}^* = \frac{1}{n} \sum_1^n K_{\Pi} \quad (1.5)$$

Знайдемо коефіцієнт попиту для повного навантаження:

$$K_{\Pi}^* = \frac{1}{8} \sum_1^8 K_{\Pi} = 0,7 \quad (1.6)$$

Тепер знайдемо сумарну розрахункову активну потужність за формулою (1.1):

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_H = 0,7 \cdot 268 = 186,2 \text{ кВт.} \quad (1.7)$$

Знайдемо повну потужність електроприймачів:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{186,2}{0,9} = 211,244 \text{ кВА.} \quad (1.8)$$

розрахункова реактивна потужність розраховується за формулою:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.9)$$

Знайдемо сумарну розрахункову реактивну потужність електроприймачів згідно формули (1.9):

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 186,2 \cdot 0,48 = 91,258 \text{ кВАр.} \quad (1.10)$$

Тепер знайдемо розрахункове значення струму:

для напруги 380 В використовується формула:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} \quad (1.11)$$

для напруги 220 В використовується формула:

$$I_p = \frac{P_p}{U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} \quad (1.12)$$

Згідно формули (1.11) знайдемо розрахунковий струм на вводі в електрощитову:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi} = \frac{186,2}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 320,95 \text{ А.} \quad (1.13)$$

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За аналогією розраховуємо для кожного електроприймача принципової електричної схеми.

Результати занесемо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок електричних навантажень

№	електроприймач	P_H , кВт	K_{II}	P_p , кВт	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	Q_p , кВАр	S_p , кВА	$U_{ном}$, В	I_p , А
1	Навантаження від поверхових ЩО та ЩОА	137	0,7	95,9	0,9	0,48	46,032	106,555	380	161,894
2	Навантаження від приливної вентиляції	30,4	0,7	21,3	0,8	0,75	15,975	26,625	380	40,453
3	Навантаження від витяжної вентиляції	8,2	0,7	5,7	0,8	0,75	4,275	7,125	380	10,825
4	Насосна (пожежні насоси)	3	0,9	2,7	0,85	0,43	1,161	33,176	380	4,826
5	Дахова котельня	7	0,6	4,2	0,92	0,43	1,806	4,565	380	6,936
6	Ліфти (2шт) та підйомники (2шт)	19	0,6	11,4	0,5	1,73	19,722	22,8	380	34,641
7	1 ліфт або підйомник	4,75	0,6	2,85	0,5	1,73	4,931	5,7	380	8,66
8	Шафа серверної	20	0,7	14	0,76	1,3	18,2	18,421	380	27,988
9	Шафа пожежно-охоронної сигналізації	10	0,5	5	0,92	0,43	2,15	5,435	380	8,257
10	Шафи силові комп'ютерного обладнання	34	0,7	23,8	0,9	0,48	11,424	26,444	380	40,178
11	Господарчі насоси	3	0,9	2,7	0,85	0,43	1,161	33,176	380	4,826

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Продовження таблиці 1.5 – Розрахунок електричних навантажень

Всього на вводі в електрощитову	271	0,7	186,2	0,9	0,48	91,258	211,24 4	380	320,9 53
---------------------------------	-----	-----	-------	-----	------	--------	-------------	-----	-------------

1.3 Вибір кабелів і проводів та розрахунок втрат напруги

1.3.1 Загальна характеристика кабелів, проводів

Будь який електричний провід складається із:

- ✓ Струмонесячої частини(жили);
- ✓ Ізоляції

Приклад зовнішнього вигляду проводу зображено на малюнку 1.1



Малюнок 1.1 –чотирижильний провід (кабель)

Далі, в залежності від наших потреб будуть змінюватися параметри, які характеризують провід або кабель.

струмопровідну частину розрізняють по таким параметрам:

- ✓ Матеріал жили;
- ✓ Переріз(діаметр) жили.

Наразі найбільш популярними матеріалами, з яких роблять жили є:

- ✓ Мідь;
- ✓ Алюміній;
- ✓ Сталь;
- ✓ Сплави алюмінію і міді з іншими металами (залізом, магнієм, кремнієм).

Що стосується ізоляції, то по цій характеристиці проводи бувають:

- ✓ з ізоляцією;
- ✓ без ізоляції(його ще називають голим проводом).

Основними ізоляційними матеріалами є:

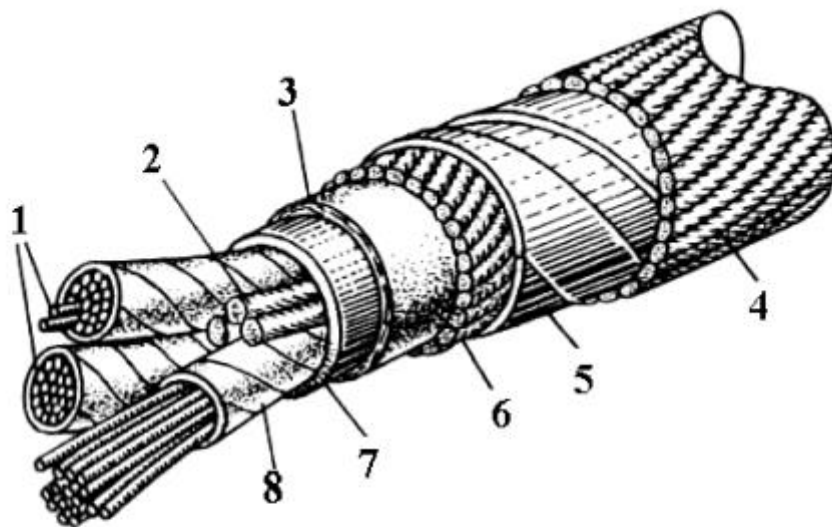
						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ✓ Гума;
- ✓ Полівінілхлорид(ПВХ);
- ✓ Екранування. Воно робиться з фольги;
- ✓ Захисний покрив.

Типи кабелів:

Розглянемо силовий кабель, функція якого – це передача електричної енергії.

Зовнішній вигляд кабелю та з яких частин він складається показано на малюнку 1.2.



Складові частини силового кабелю:

- 1 – струмопровідні жили; 2 – заповнювачі;
 3 – поясна ізоляція; 4 – захисне покриття;
 5 – зміцнювальне покриття; 6 – заповнювач;
 7 – свинцева оболонка; 8 – фазна ізоляція*

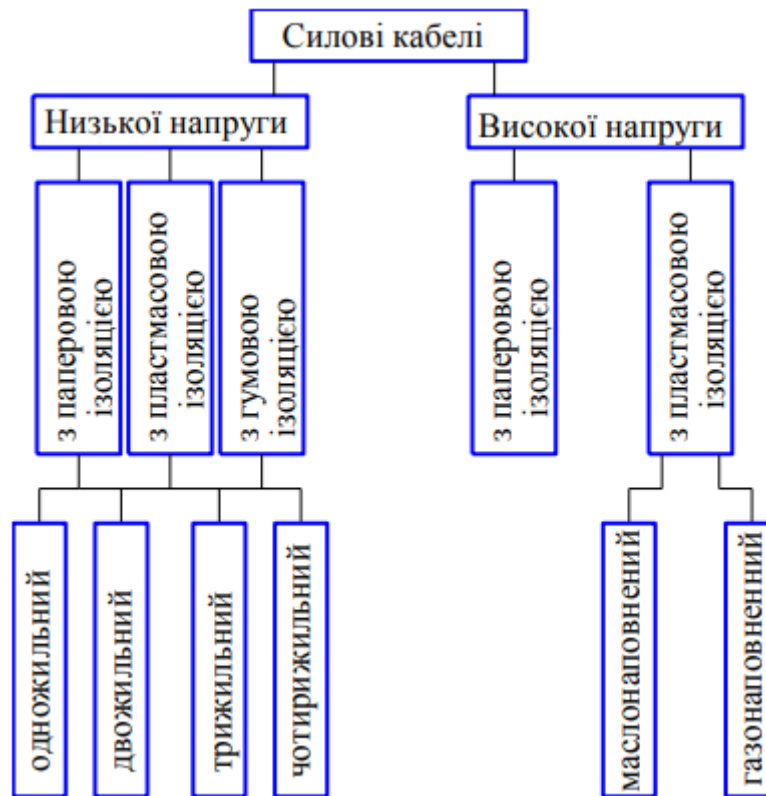
Малюнок 1.2 – складові частини силового кабелю

Класифікують силові кабелі за такими параметрами

- За номінальною напругою;
- За матеріалом ізоляції;
- За кількістю жил(провідників);
- Матеріалом струмопровідної жили.

Наочно яким чином розрізняють кабелі, показано на малюнку 1.3

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



Малюнок 1.3 – класифікація силових кабелів

Внутрішня(фазна) ізоляція (під номером 8 згідно малюнку 3.1.2) силового кабелю може бути:

- ✓ поліетиленова («П»);
- ✓ полівінілхлоридна («В»);
- ✓ гумова («Р»);
- ✓ паперова, просякнута мастилом (не позначається).

Захисне покриття(під номером 4 згідно малюнку 3.1.2) може бути:

- ✓ гумова («Р»);
- ✓ полівінілхлоридна («В»);
- ✓ поліетиленова («П»);
- ✓ свинцева («З»);
- ✓ алюмінієва («А»).

Окремо розглянемо маркування силових кабелів:

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

ВВГ – означає що в нас є мідна серцевина(жили), які захищаються ПВХ(полівінілхлоридною) фазною ізоляцією. Захисне покриття також зроблене з ПВХ;

NYM – теж саме що і ВВГ але зроблений за європейськими стандартами.

ВВГнг – кабель не підтримує горіння;

АВВГ – має алюмінієві жили.

На малюнку 1.4 зображений кабель ВВГнг.



малюнок 1.4 – кабель ВВГнг

На малюнку 1.5 зображений кабель АВВГ.



						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Малюнок 1.5 – Кабель АВВГ

1.3.2 Вибір проводів

Вибір проводів проводиться за умовою:

$$I_p \leq I_{дон} \quad (1.14)$$

Розрахую 1 кабель для всієї вентиляції: приливної та зтяжної:

Сумарний розрахунковий струм: $I_p = 51,278$ А. Обираю кабель АВВГ–4х16 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 67$ А.

Обираю кабель для насосної (пожежних насосів). Тоді розрахункове значення струму $I_p = 4,826$ А. Обираю кабель АВВГ 4х2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Обираю 2 кабелі для живлення дахової котельні: для ШР–1 як і для ШР–2 розрахункове значення струму $I_p = 6,936$ А. обираю кабель – АВВГнг 4х6 мм²; а для ШР–2 кабель – АВВГнг 4х6 мм². для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 37$ А.

Обираю кабель для 1-го підйомника: його розрахунковий струм беру як 25% від струму 2 підйомників та 2 ліфтів, тобто $I_p = \frac{34,641}{4} = 8,66$ А. Візьму кабель АВВГ 4х2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Обираю кабель для вантажного ліфта: його розрахунковий струм беру як 25% від струму 2 підйомників та 2 ліфтів, тобто $I_p = \frac{34,641}{4} = 8,66$ А. Візьму кабель АВВГ 4х2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Обираю кабель для пасажирського ліфта: його розрахунковий струм беру як 25% від струму 2 підйомників та 2 ліфтів, тобто $I_p = \frac{34,641}{4} = 8,66$ А. Візьму кабель АВВГ 4х2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Обираю кабель для 2-го підйомника: його розрахунковий струм беру як 25% від струму 2 підйомників та 2 ліфтів, тобто $I_p = \frac{34,641}{4} = 8,66$ А. Візьму кабель АВВГ 4х2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Обираю кабель для серверного приміщення: для розрахункового значення струму $I_p = 27,988$ А. Так як в цьому приміщенні є АВР обираю 2 кабелі АВВГ 4х4 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 29$ А.

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

Для живлення пожежно-охоронної сигналізації обираю 2 кабелі: так як до щитка, який відповідає за сигналізацію, приєднаний АВР. Робочий струм становить $I_p = 8,257$ А. тому я вибрав кабелі АВВГ 4x2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Для живлення шаф комп'ютерного обладнання з розрахунковим струмом $I_p = \frac{40,178}{2} = 20,089$ А. Обираю 2 кабелі АВВГ 4x4 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 29$ А.

Обираю кабель для господарчих насосів. Тоді розрахункове значення струму $I_p = 4,826$ А. Обираю кабель АВВГ 4x2,5 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 22$ А.

Для живлення споживачів, які під'єднуються до ШР–1. Так як сумарний робочий струм електроприймачів становить $I_p = 65,328$ А. Тому обираю кабель АПВ 4x25 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 70$ А.

Для живлення споживачів, які під'єднуються до ШР–2. Так як сумарний робочий струм електроприймачів становить $I_p = 114,193$ А. Тому обираю кабель АПВ 4x50 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 120$ А.

Далі проводжу розрахунки для ВРП–2:

Для живлення кабелю поверхових ЩО та ЩОА використаю середнє значення струму для одного елемента, тоді робочий розрахунковий струм буде дорівнювати $I_p = 9,523$ А.

Виберемо кабелі, які відходять від 1-ї секції шин ВРП–2.

Для живлення кабелю 1Н3 для ЩС–10 з розрахунковим струмом $I_p = \frac{I_{p\text{ шко}}}{2} = \frac{40,178}{2} = 20,089$ А. Обираю кабель АВВГ 4x4 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 29$ А.

Для живлення кабелю 1Н1 для ЩО–1, ЩО–3 та ЩО–6 з розрахунковим струмом $I_p = 3 \cdot 9,523 = 28,570$ А. Обираю кабель АВВГ 4x6 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 37$ А.

Для живлення кабелю 1Н2 для ЩО–2, ЩО–4 та ЩО–7 з розрахунковим струмом $I_p = 3 \cdot 9,523 = 28,570$ А. Обираю кабель АВВГ 4x6 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 37$ А.

Для живлення кабелю 1Н5 для ЩО–5, ЩО–8 та ЩО–9 з розрахунковим струмом $I_p = 3 \cdot 9,523 = 28,570$ А. Обираю кабель АВВГ 4x6 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 37$ А.

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для живлення всієї 1-ї секції шин ВРП-2 з розрахунковим струмом $I_p = 171,326$ А. Обираю кабель ВВГ 4x50 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 177$ А.

Виберемо кабелі, які відходять від 2-ї секції шин ВРП-2.

Для живлення кабелю 2Н3а для ЩС-11 з розрахунковим струмом $I_p = \frac{I_{p\text{ шкв}}}{2} = \frac{40,178}{2} = 20,089$ А. Обираю кабель АВВГ 4x4 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 29$ А.

Для живлення кабелю 2Н1а для ЩОА-1, ЩОА-3 та ЩОА-6 з розрахунковим струмом $I_p = 3 \cdot 9,523 = 28,570$ А. Обираю кабель АВВГ 4x6 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 37$ А.

Для живлення кабелю 2Н2а для ЩОА-2, ЩОА-4 та ЩОА-7 з розрахунковим струмом $I_p = 3 \cdot 9,523 = 28,570$ А. Обираю кабель АВВГ 4x6 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 37$ А.

Для живлення кабелю 2Н5а для ЩОА-5, ЩОА-8 з розрахунковим струмом $I_p = 2 \cdot 9,523 = 19,046$ А. Обираю кабель АВВГ 4x4 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 29$ А.

Для живлення всієї 2-ї секції шин ВРП-2 з розрахунковим струмом $I_p = 210,467$ А. Обираю кабель ВВГ 4x70 мм², для якого допустиме навантаження по струму на 1 жилу – $I_{дон} = 226$ А.

1.3.3 Розрахунок втрат напруги у кабелях

Є формула для визначення втрати напруги у кабелі:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} \quad (1.15)$$

Де M – момент навантаження [кВт·м]

Він знаходиться за наступною формулою:

$$M = P_p \cdot L \quad (1.16)$$

Де P_p – розрахункова потужність навантаження, S – площа перерізу жили,

L – довжина кабелю C – коефіцієнт, що залежить від кількості фаз лінії. Для мідних жил і трифазної лінії – $C=72$, коли однофазна лінія – $C=12$. Для алюмінієвих жил і трифазної лінії – $C=44$, коли однофазна лінія – $C=7,4$.

Розрахую втрати напруги на кабелях, які відходять від ЩР-1:

Для ліфта 1:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{11,4 \cdot 10}{44 \cdot 2,5} = 0,26 \% \quad (1.17)$$

Для ліфта 2:

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{11,4}{4} \cdot \frac{10}{44 \cdot 2,5} = 0,26 \% \quad (1.18)$$

Для господарчих насосів :

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{2,7 \cdot 45}{44 \cdot 2,5} = 1,11 \% \quad (1.19)$$

Для пожежних насосів 1 кабель:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{2,7 \cdot 40}{44 \cdot 2,5} = 0,98 \% \quad (1.20)$$

Для пожежно–охоронної сигналізації:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{5 \cdot 15}{44 \cdot 2,5} = 0,682 \% \quad (1.21)$$

Для дахової котельні:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{4,2 \cdot 45}{44 \cdot 6} = 0,72 \% \quad (1.22)$$

Для серверного приміщення:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{14 \cdot 15}{44 \cdot 2,5} = 1,91 \% \quad (1.23)$$

Розрахую втрати напруги на кабелі, який живить ШР–1:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{34,3 \cdot 75}{44 \cdot 25} = 2,34 \% \quad (1.24)$$

Розрахую втрати напруги на кабелях, які відходять від ШР–2:

Для ліфта 3:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{11,4}{4} \cdot \frac{10}{44 \cdot 2,5} = 0,26 \% \quad (1.25)$$

Для вентиляції:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{27 \cdot 15}{72 \cdot 10} = 0,56 \% \quad (1.26)$$

Для пожежних насосів:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{2,7 \cdot 40}{44 \cdot 2,5} = 1,09 \% \quad (1.27)$$

Для пожежно–охоронної сигналізації:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{5 \cdot 15}{44 \cdot 2,5} = 0,68 \% \quad (1.28)$$

Для дахової котельні:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{4,2 \cdot 5}{44 \cdot 6} = 0,08 \% \quad (1.29)$$

Для серверного приміщення:

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{14 \cdot 3}{44 \cdot 2,5} = 0,38 \% \quad (1.30)$$

Для ліфта 4:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{11,4 \cdot 10}{44 \cdot 2,5} = 0,26 \% \quad (1.31)$$

Розрахую втрати напруги на кабелі, який живить ЩР-2:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{58,6 \cdot 75}{44 \cdot 50} = 2 \% \quad (1.32)$$

Розрахую втрати напруги на кабелях, які відходять від I секції шин ВРП-2:

Для ЩС-10:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{11,9 \cdot 3}{44 \cdot 10} = 0,2 \% \quad (1.33)$$

Для ЩО-1, ЩО-3 та ЩО-6:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{24,177 \cdot 6}{44 \cdot 4} = 0,18 \% \quad (1.34)$$

Для ЩО-2, ЩО-4 та ЩО-7:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{24,177 \cdot 6}{44 \cdot 25} = 0,18 \% \quad (1.35)$$

Для ЩО-5, ЩО-8 та ЩО-9:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{24,177 \cdot 6}{44 \cdot 6} = 0,18 \% \quad (1.36)$$

Розрахую втрати напруги на кабелі, який живить I секцію ВРП-2:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{119,329 \cdot 55}{72 \cdot 50} = 1,82 \% \quad (1.37)$$

Розрахую втрати напруги на кабелях, які відходять від II секції шин ВРП-2:

Для ЩОА-1, ЩОА-3 та ЩОА-6:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{24,177 \cdot 6}{44 \cdot 4} = 0,18 \% \quad (1.38)$$

Для ЩОА-2, ЩОА-4 та ЩОА-7:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{24,177 \cdot 6}{44 \cdot 6} = 0,18 \% \quad (1.39)$$

Для ЩОА-5, ЩОА-8:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{16,118 \cdot 4}{44 \cdot 6} = 0,25 \% \quad (1.40)$$

Для ЩС-11:

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{11,9 \cdot 5}{44 \cdot 4} = 0,34 \% \quad (1.41)$$

Розрахую втрати напруги на кабелі, який живить II секцію ВРП-2:

$$\Delta U = \frac{M}{C \cdot S} = \frac{P_p \cdot L}{C \cdot S} = \frac{144,171 \cdot 60}{72 \cdot 70} = 1,72 \% \quad (1.42)$$

Результати розрахунку 3 етапу подам у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 – Таблиця розрахунку струмів КЗ:

Приймачі	Позначення кабелю	Марка проводу	Кі-сть жил	I_p , А.	Перетин дроту мм ² .	L, м.	ΔU , %.
ШР-1	Н1	АВВГ	4	65,328	25	75	2,34
ЩЛ – 1	3Н1	АВВГ	4	8,66	2,5	10	0,26
ЩЛ – 2	3Н2	АВВГ	4	8,66	2,5	10	0,26
ЩС – 4	3Н4	АВВГ	4	4,826	2,5	45	1,11
ЩС – 3	3Н3	АВВГ	4	4,826	2,5	40	0,98
ЩСП	3Н5	АВВГ	4	8,257	2,5	15	0,682
ЩУ	3Н6	АВВГ	4	6,936	6	45	0,72
ЩС – 1	3Н7	АВВГ	4	27,988	2,5	15	1,91
ШР-2	Н2	АВВГ	4	114,193	50	75	2
ЩЛ – 3	4Н7	АВВГ	4	8,66	2,5	10	0,26
ЩС – 2/П, ЩС – 2/В	4Н2	АВВГ	4	51,278	10	15	0,58
ЩС – 3	4Н3	АВВГ	4	4,826	2,5	40	1,09
ЩСП	4Н5	АВВГ	4	8,257	2,5	15	0,68
ЩУ	4Н6	АВВГ	4	6,936	6	5	0,08
ЩС – 1	4Н1	АВВГ	4	27,988	2,5	3	0,38
ЩЛ – 4	4Н4	АВВГ	4	8,66	2,5	10	0,26
ЩС – 10	1Н3	АВВГ	4	20,089	4	3	0,2

Продовження таблиці 1.6 – Розрахунок струмів КЗ

Приймачі	Позначення кабелю	Марка проводу	Кі-сть жил	I_p , А.	Перетин дроту мм ² .	L, м.	ΔU , %.
ЩО-1, ЩО-3 та ЩО-6	1Н1	АВВГ	4	28,570	4	6	0,18
ЩО-2, ЩО-4 та ЩО-7	1Н2	АВВГ	4	28,570	6	6	0,18
ЩО-5, ЩО-8 та ЩО-9	1Н5	АВВГ	4	28,570	6	6	0,18
I секція ВРП -2	3Н/2	ВВГ	4	171,326	50	55	1,82
ЩС-11	2Н3а	АВВГ	4	20,089	4	5	0,34
ЩОА-1, ЩОА-3 та ЩОА-6	2Н1а	АВВГ	4	28,570	6	6	0,18
ЩОА-2, ЩОА-4 та ЩОА-7	2Н2а	АВВГ	4	28,570	6	6	0,18
ЩОА-5, ЩОА-8	2Н5а	АВВГ	4	19,046	4	4	0,25
II секція ВРП -2	3Н/2	ВВГ	4	210,467	70	60	1,72

4 Розрахунок струмів короткого замикання

Коротке замикання – це непередбачуване нормальним режимом роботи електричне з'єднання фаз струмоведучих кіл електроустановки між собою або

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

між землею, при якому значення струму в рази перевищують допустимі значення в усталеному режимі.

Нормальний режим роботи – це режим, при якому електричне обладнання здатне працювати тривалий час, і при цьому забезпечується надійність електропостачання.

Основні причини виникнення КЗ:

- пошкодження ізоляції механічним чином;
- застаріле обладнання;
- несправність захисту і автоматики;
- помилки обслуговуючого персоналу в електроустановці;
- електричний пробій струмоведучих частин.

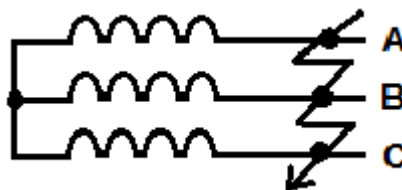
Види КЗ бувають:

В електроустановках залежно від класифікаційних ознак електричних мереж (напруга, вид струму, кількість фаз чи полюсів, стан нейтралі або середньої точки тощо) розрізняють такі види коротких замикань, які наведені у таблиці 1.7:

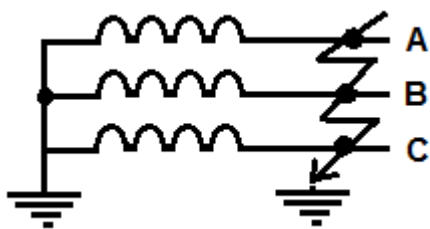
Таблиця 1.7 – види КЗ

Стан нейтралі (середньої точки)	
Глухо (ефективно) заземлена	Ізольована (резонансно) заземлена
назва	назва
Трифазне КЗ	Трифазне КЗ
Трифазне КЗ на землю	Трифазне КЗ на землю
Двофазне КЗ	Двофазне КЗ
Двофазне КЗ на землю	Двофазне КЗ на землю
Однофазне КЗ	Однофазне КЗ
Однофазне КЗ на землю	Однофазне КЗ на землю

Нижче представлені вищезгадані види КЗ:



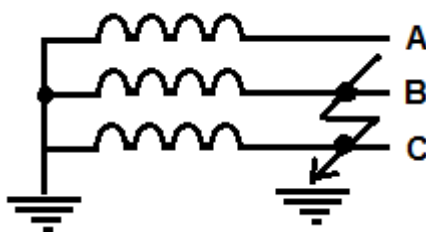
Малюнок 1.6 – Схема трифазного КЗ



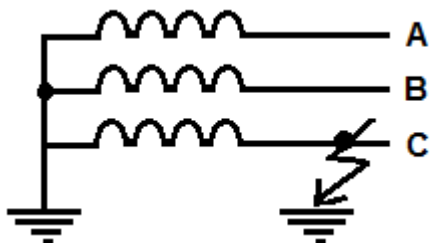
Малюнок 1.7 – Схема трифазного КЗ на землю



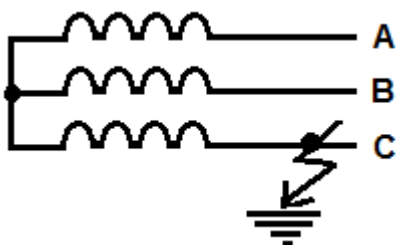
Малюнок 1.8 – Схема двофазного КЗ



Малюнок 1.9 – Схема двофазного КЗ на землю



Малюнок 1.10 – Схема однофазного КЗ на землю



Малюнок 1.10 – Схема однофазного КЗ на землю
(коли нейтраль ізольована)

Розрахунок струму КЗ конгрес-центру. Для цього використаємо формулу (1.43):

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} \quad (1.43)$$

Де $Z_C = 0,3$ Ом.

Z_C – питомий опір системи електропостачання конгрес-центру.

r_0 – питомий опір кабелю. Для алюмінієвих жил він становить –

$$r_0 = 0,028 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}. \text{ Для мідних жил – } r_0 = 0,0172 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

L – довжина кабелю, м.

S_K – перетин кабелю, мм².

Я беру для розрахунків, що $U_H = 400$ В.

Розрахунок КЗ ШР-1:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 75}{25} \right)} = 1,042 \text{ кА}. \quad (1.44)$$

Розрахунок КЗ ШР-2:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 75}{50} \right)} = 1,17 \text{ кА}. \quad (1.45)$$

Розрахунок КЗ кабелів, які відходять від ШР-1:

Розрахунок КЗ ЩЛ – 1:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 10}{2,5} \right)} = 0,971 \text{ кА}. \quad (1.46)$$

Розрахунок КЗ ЩЛ – 2:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 10}{2,5} \right)} = 0,971 \text{ кА}. \quad (1.47)$$

Розрахунок КЗ ЩС – 4:

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

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 45}{2,5} \right)} = 0,498 \text{ кА.} \quad (1.48)$$

Розрахунок КЗ ЩС – 3:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 40}{2,5} \right)} = 0,535 \text{ кА.} \quad (1.49)$$

Розрахунок КЗ ЩСП :

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 15}{2,5} \right)} = 0,855 \text{ кА.} \quad (1.50)$$

Розрахунок КЗ ЩУ:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 45}{6} \right)} = 0,784 \text{ кА.} \quad (1.51)$$

Розрахунок КЗ ЩС – 1:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 15}{2,5} \right)} = 0,855 \text{ кА.} \quad (1.52)$$

Розрахунок КЗ кабелів, які відходять від ШР–2:

Розрахунок КЗ ЩЛ – 3:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 10}{2,5} \right)} = 0,971 \text{ кА.} \quad (1.53)$$

Розрахунок КЗ ЩС – 2/П, ЩС – 2/В:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 15}{16} \right)} = 1,056 \text{ кА.} \quad (1.54)$$

Розрахунок КЗ ЩС – 3:

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 40}{2,5} \right)} = 0,535 \text{ кА.} \quad (1.55)$$

Розрахунок КЗ ЩСП :

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 15}{2,5} \right)} = 0,855 \text{ кА.} \quad (1.56)$$

Розрахунок КЗ ЩУ:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 5}{6} \right)} = 1,237 \text{ кА.} \quad (1.57)$$

Розрахунок КЗ ЩС – 1:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 3}{2,5} \right)} = 1,199 \text{ кА.} \quad (1.58)$$

Розрахунок КЗ ЩЛ – 4:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 10}{2,5} \right)} = 0,971 \text{ кА.} \quad (1.59)$$

Розрахунок КЗ кабелів, які відходять від I секції ВРП – 2:

Для ЩС–10:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 3}{4} \right)} = 1,246 \text{ кА.} \quad (1.60)$$

Для ЩО–1, ЩО–3 та ЩО–6:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 6}{4} \right)} = 1,17 \text{ кА.} \quad (1.61)$$

Для ЩО–2, ЩО–4 та ЩО–7:

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 6}{4} \right)} = 1,17 \text{ кА.} \quad (1.62)$$

Для ЩО–5, ЩО–8 та ЩО–9:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 6}{6} \right)} = 1,22 \text{ кА.} \quad (1.63)$$

Розрахунок КЗ кабелів, які відходять від II секції ВРП – 2:

Для ЩС–11:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 5}{4} \right)} = 1,194 \text{ кА.} \quad (1.64)$$

Для ЩОА–1, ЩОА–3 та ЩОА–6:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 6}{4} \right)} = 1,17 \text{ кА.} \quad (1.65)$$

Для ЩОА–2, ЩОА–4 та ЩОА–7:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 6}{6} \right)} = 1,22 \text{ кА.} \quad (1.66)$$

Для ЩОА–5, ЩОА–8:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,028 \cdot 4}{6} \right)} = 1,255 \text{ кА.} \quad (1.67)$$

Розрахунок КЗ II секції ВРП – 2:

$$I_{K3} = \frac{U_H}{\left(Z_C + \frac{r_0 \cdot L}{S_K} \right)} = \frac{400}{\left(0,3 + \frac{0,0172 \cdot 60}{70} \right)} = 1,271 \text{ кА.} \quad (1.68)$$

Результати зведемо у таблицю 1.8:

Таблиця 1.8 – Таблиця розрахунку струмів КЗ:

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймачі	$U_H, \text{В.}$	$Z_C, \text{Ом.}$	$r_0, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$S_K, \text{мм}^2.$	$L, \text{м.}$	$I_{K3}, \text{кА.}$
ШР-1	400	0,3	0,028	25	75	1,042
ЩЛ - 1	400	0,3	0,028	2,5	10	0,971
ЩЛ - 2	400	0,3	0,028	2,5	10	0,971
ЩС - 4	400	0,3	0,028	2,5	45	0,498
ЩС - 3	400	0,3	0,028	2,5	40	0,535
ЩСП	400	0,3	0,028	2,5	15	0,855
ЩУ	400	0,3	0,028	6	45	0,784
ЩС - 1	400	0,3	0,028	2,5	15	0,855
ШР-2	400	0,3	0,028	50	75	1,17
ЩЛ - 3	400	0,3	0,028	2,5	10	0,971
ЩС - 2/П, ЩС - 2/В	400	0,3	0,028	10	15	0,932
ЩС - 3	400	0,3	0,028	2,5	40	0,535
ЩСП	400	0,3	0,028	2,5	15	0,855
ЩУ	400	0,3	0,028	6	5	1,237
ЩС - 1	400	0,3	0,028	2,5	3	1,199
ЩЛ - 4	400	0,3	0,028	2,5	10	0,971
ЩС - 10	400	0,3	0,028	4	3	1,246
ЩО-1, ЩО-3 та ЩО-6	400	0,3	0,028	4	6	1,17
ЩО-2, ЩО-4 та ЩО-7	400	0,3	0,028	6	6	1,17
ЩО-5, ЩО-8 та ЩО-9	400	0,3	0,028	6	6	1,22
I секція ВРП -2	400	0,3	0,0172	50	55	1,254
ЩС-11	400	0,3	0,028	4	5	1,194

Продовження таблиці 1.8 – Розрахунок струмів КЗ

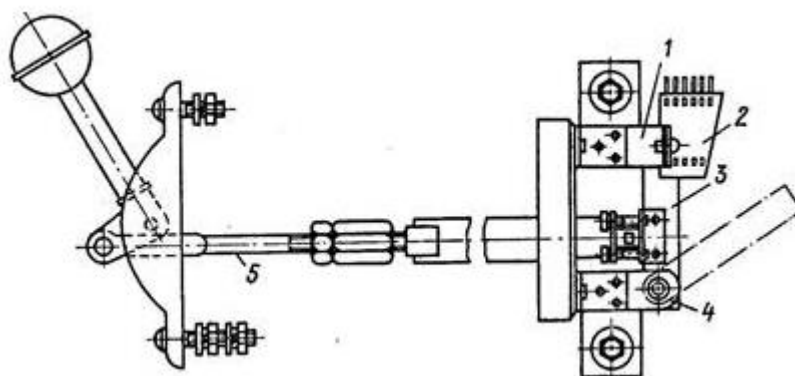
ЩОА–1, ЩОА–3 та ЩОА–6	400	0,3	0,028	4	6	1,17
ЩОА–2, ЩОА–4 та ЩОА–7	400	0,3	0,028	6	6	1,22
ЩОА–5, ЩОА–8	400	0,3	0,028	6	4	1,255
II секція ВРП –2	400	0,3	0,0172	70	60	1,271

1.5 Вибір електрообладнання та електричних апаратів

1.5.1 загальна характеристика електричних апаратів

Рубильник (ножовий вимикач) – електричний апарат, призначений для комутації електричних кіл без навантаження. Він відноситься до вимикачів ножового типу з ручним керуванням.

Зовнішній вигляд рубильника подано на малюнку 1.11



Мал.. 1.11 – Рубильник з важільним приводом

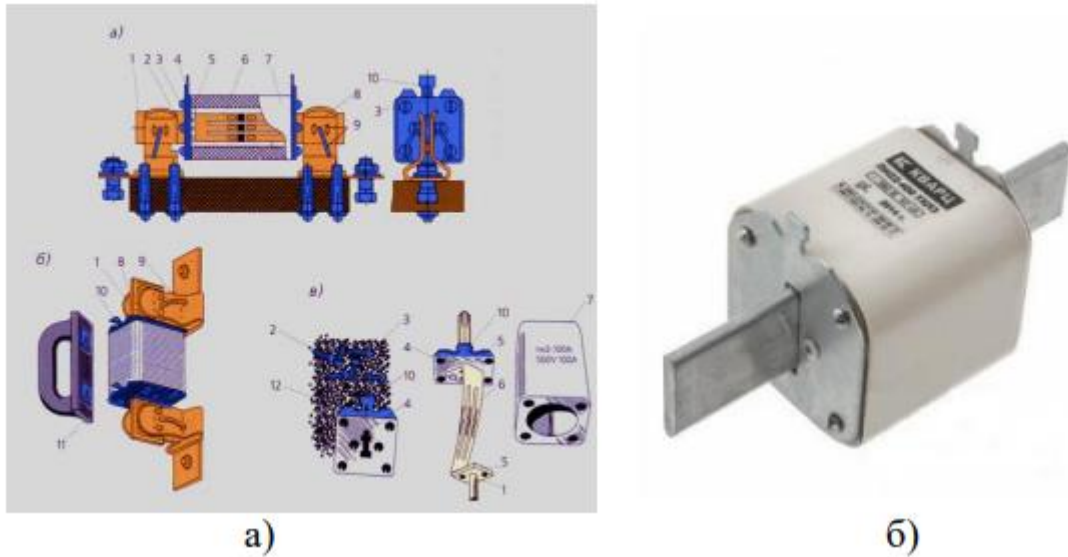
Він складається з:

1. нерухомого контакту;
2. дугогасної камери;
3. рухомого контакту-ножа;
4. шарнірної стійки;
5. тяги.

Запобіжник – електричний апарат, який призначений для захисту ліній і електрообладнання (наприклад трансформатора) від надструмів.

Його основний елемент це плавка вставка, яка перегорає (спрацьовує) при проходженні струмів, які у декілька і більше разів більші за номінальні.

На малюнку 1.12 зображений запобіжник плавкий типу ПН–2 а) будова; б) загальний вигляд



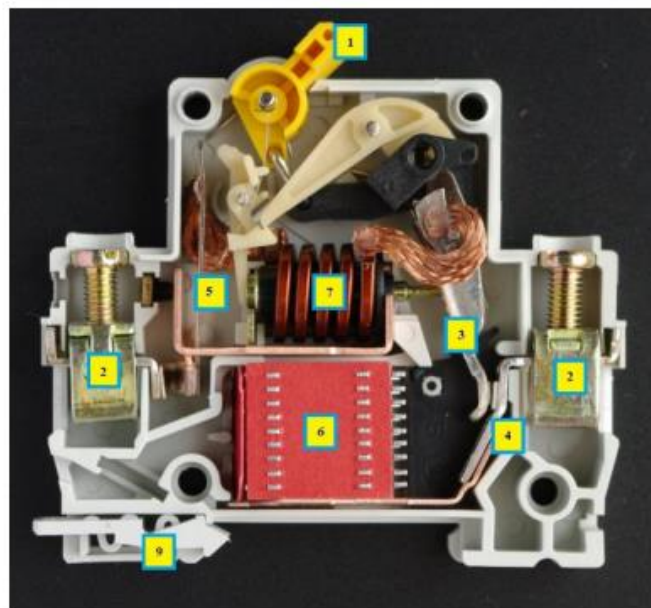
Малюнок 1.12 – запобіжник

1 – ніж; 2, 3 – гвинти; 4 – пластина; 5 – диск кріплення; 6 – плавка вставка; 7 – фарфорова трубка; 8 – контактна рейка; 9 – пружина; 10 – Т-подібний виступ для рукоятки; 11 – рукоятка для зняття запобіжника; 12 – кварцевий пісок.

Автоматичний вимикач – електричний апарат, який призначений для захисту від довготривалих перевантажень по струму і КЗ. Його особливістю є автоматичне спрацювання у разі ненормальних значень струму.

На малюнку 1.13 показана будова автоматичного вимикача:

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Малюнок 1.13 – Автоматичний вимикач

він має такі складові: 1 – важіль; 2 – гвинтові клеми; 3 і 4 – рухомі і нерухомі контакти; 5 – тепловий розчіплювач; 6 – дугогасильна камера 7 – магнітний розчіплювач; 9 – защіпка (малюнок 1.13).

Завдяки тому, що у автоматичного вимикача є магнітний (миттєвий) розчеплювач, ми маємо змогу завдяки зміні його чутливості регулювати часо–струмові характеристики. Вони мають іншу назву захисні характеристики автоматичного вимикача. Вони представлені таблицею 1.9

Таблиця 1.9 – Типи часо–струмових характеристик автоматичних вимикачів

Тип захисної характеристики	Кратність струму спрацювання за температури +30 ⁰ С	Сфера застосування вимикача
Z	(2,4–3,6)I _n	Захист напівпровідникових виробів і протяжна електропроводка

Продовження таблиці 1.9 – Типи часо–струмових характеристик
автоматичних вимикачів

C	$(5-10)I_H$	Електроустановки з «ударним» навантаженням (наприклад багатополюсні асинхронні двигуни)
D	$(10-20)I_H$	Електроустановки зі значними пусковими струмами (наприклад трансформатори)

Умови вибору автоматичних вимикачів:

Є 2 умови:

1. За струмом, якщо номінальний струм вимикача був не меншим від тривалого робочого струму ділянки мережі, яку вони захищають.

$$I_{a \text{ ном}} \geq I_{\text{тр роб}} \quad (1.69)$$

2. За напругою: напруга на автоматичному вимикачі повинна бути не менша ніж у мережі, яку вони захищають.

$$U_{a \text{ ном}} \geq U_{\text{мер}} \quad (1.70)$$

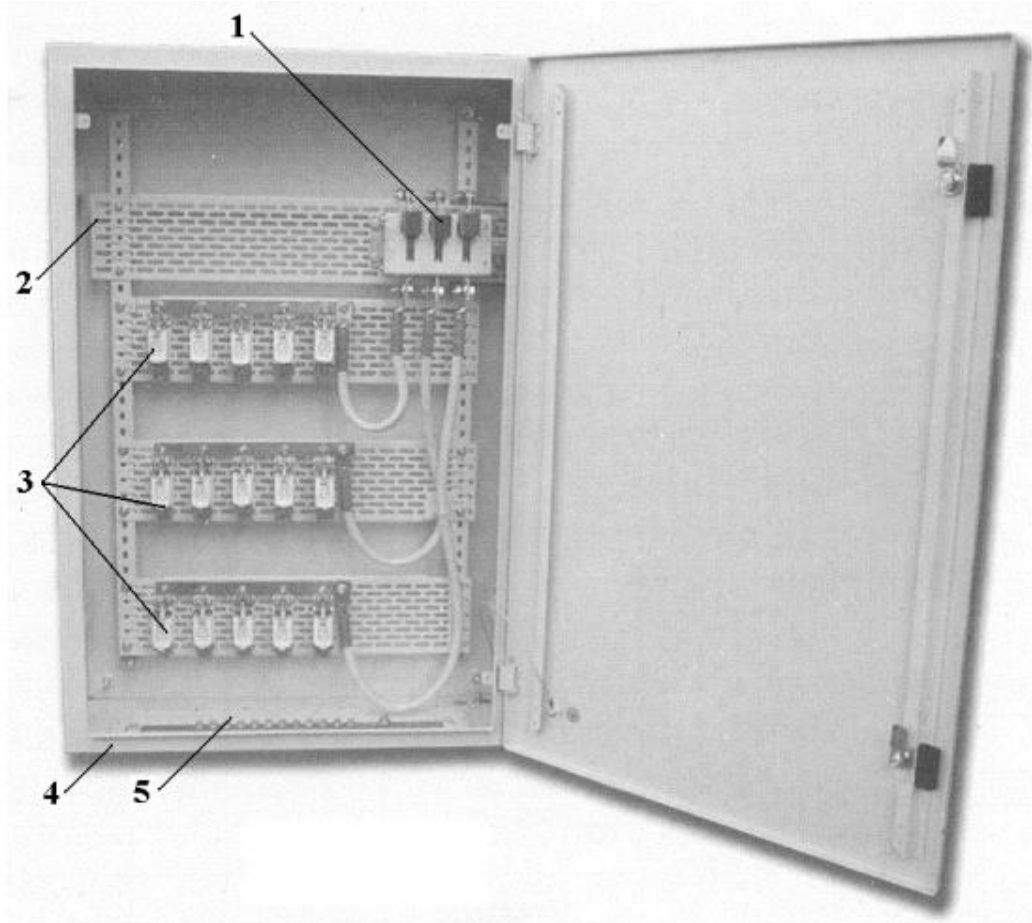
3. За граничним струмом спрацювання автоматичного вимикача:

$$I_{\text{гр.}} > I_{\text{кз}} \quad (1.71)$$

Шафа розподільча – електричний пристрій, який призначений для приймання та розподілу електричної енергії трифазного змінного струму в розподільних мережах із глухозаземленою нейтраллю, а також для захисту ліній, що відходять, від перевантажень і струмів коротких замикань.

На малюнку 1.14 зображена шафа розподільча:

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Шафа силова розподільна
серії СПМ-99: 1 – ввідний рубильник;
2 – DIN-рейка; 3 – запобіжники;
4 – металева шафа; 5 – нейтральна шина**

Малюнок 1.14 – Будова і зовнішній вигляд шафи розподільчої

1.5.2 Вибір електрообладнання

Вибір рубильників:

Для ШР-1: при $I_p = 65,328$ А. обираю рубильник ВР 32-31 В31250 для якого $I_{ном} = 100$ А.

Для ШР-2: при $I_p = 114,193$ А. обираю рубильник ВР 32-35, для якого $I_{ном} = 250$ А.

обираємо автоматичні вимикачі:

Візьму серію автоматичних вимикачів ВА 5135 з діапазоном номінальних струмів 16-400 А. А також уставками: уставка миттєвого спрацювання на 400-750

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

А.; уставка через номінальний струм, яка дорівнює $12 \cdot I_n$. Ще цей вимикач має граничну величину вимикання – 18 кА.

Перелік вимикачів, які обираються згідно формули (1.69), наведено у таблиці 1.10

Таблиця 1.10 – Таблиця струмів

Приймачі	I_p , А.	$I_{кз}$, кА.	$I_{ном}$, А.	$I_{ном}$, А.	вимикач
ШР-1	65,328	1,042	80	18	ВА 5135 80
ЩЛ – 1	8,66	0,971	16	18	ВА 5135 16
ЩЛ – 2	8,66	0,971	16	18	ВА 5135 16
ЩС – 4	4,826	0,498	16	18	ВА 5135 16
ЩС – 3	4,826	0,535	16	18	ВА 5135 16
ЩСП	8,257	0,855	16	18	ВА 5135 16
ЩУ	6,936	0,784	16	18	ВА 5135 16
ЩС – 1	27,988	0,855	40	18	ВА 5135 40
ШР-2	114,193	1,17	125	18	ВА 5135 125
ЩЛ – 3	8,66	0,971	16	18	ВА 5135 16
ЩС – 2/П, ЩС – 2/В	51,278	0,932	63	18	ВА 5135 63
ЩС – 3	4,826	0,535	16	18	ВА 5135 16
ЩСП	8,257	0,855	16	18	ВА 5135 16
ЩУ	6,936	1,237	16	18	ВА 5135 16
ЩС – 1	27,988	1,042	40	18	ВА 5135 40
ЩЛ – 4	8,66	0,971	16	18	ВА 5135 16
ЩС – 10	20,089	0,971	25	18	ВА 5135 25

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.10 – Таблиця струмів

ЩО–1, ЩО–3 та ЩО–6	28,57	0,498	40	18	ВА 5135 40
ЩО–2, ЩО–4 та ЩО–7	28,57	0,535	40	18	ВА 5135 40
ЩО–5, ЩО–8 та ЩО–9	28,57	0,855	40	18	ВА 5135 40
I секція ВРП –2	171,326	0,784	250	18	ВА 5135 250
ЩС–11	20,089	0,855	25	18	ВА 5135 25
ЩОА–1, ЩОА–3 та ЩОА–6	28,57	1,17	40	18	ВА 5135 40
ЩОА–2, ЩОА–4 та ЩОА–7	28,57	0,971	40	18	ВА 5135 40
ЩОА–5, ЩОА–8	19,046	0,932	25	18	ВА 5135 25
II секція ВРП –2	210,467	0,535	250	18	ВА 5135 250

Вибираємо запобіжник ПН –2 за формулою (1.69) :

Результати вибору запобіжника до кожного кабелю приведені у таблиці 1.11

Таблиця 1.11 – Вибір запобіжників

Приймачі	$I_p, A.$	$I_{ном}, A.$	запобіжник
ШР–1	65,328	80	ПН –2 80
ЩЛ – 1	8,66	16	ПН –2 16
ЩЛ – 2	8,66	16	ПН –2 16
ЩС – 4	4,826	16	ПН –2 16
ЩС – 3	4,826	16	ПН –2 16
ЩСП	8,257	16	ПН –2 16
ЩУ	6,936	16	ПН –2 16
ЩС – 1	27,988	40	ПН –2 40
ШР–2	114,193	125	ПН –2 125
ЩЛ – 3	8,66	16	ПН –2 16
ЩС – 2/П, ЩС – 2/В	51,278	63	ПН –2 63

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 1.11 – вибір запобіжників

ЩС – 3	4,826	16	ПН –2 16
ЩСП	8,257	16	ПН –2 16
ЩУ	6,936	16	ПН –2 16
ЩС – 1	27,988	40	ПН –2 40
ЩЛ – 4	8,66	16	ПН –2 16
ЩС – 10	20,089	25	ПН –2 25
ЩО–1, ЩО–3 та ЩО–6	28,57	40	ПН –2 40
ЩО–2, ЩО–4 та ЩО–7	28,57	40	ПН –2 40
ЩО–5, ЩО–8 та ЩО–9	28,57	40	ПН –2 40
І секція ВРП –2	171,326	250	ПН –2 250
ЩС–11	20,089	25	ПН –2 25
ЩОА–1, ЩОА–3 та ЩОА–6	28,57	40	ПН –2 40
ЩОА–2, ЩОА–4 та ЩОА–7	28,57	40	ПН –2 40
ЩОА–5, ЩОА–8	19,046	25	ПН –2 25
II секція ВРП –2	210,467	250	ПН –2 250

Розділ 2 ОХОРОНА ПРАЦІ

2.1 Загальні положення

Охорона праці потрібна у зв'язку із тим, що більшість людей не володіє спеціальними електротехнічними знаннями, які здатні допомогти людині зберегти своє життя та здоров'я під час експлуатації електрообладнання. Найчастіше йде ураження електричним струмом під час дотику, контакту до неізольованої струмопровідної частини електроустановки або під час контакту до металевої непровідної частини корпусу, який знаходиться під напругою. Ще однією причиною створення небезпеки під час експлуатації різних електроустановок є порушення правил безпеки. Це може викликати крім прямого ураження струмом людиною, ще й пожежу.

2.2 Захисні заходи електробезпеки

Можливі 2 сценарії, при яких людина контактує з електричним струмом: це може бути прямий або непрямий дотик до струмопровідних частин електроустановки.

Прямий дотик – це така ситуація, коли особа безпосередньо контактує зі струмопровідними частинами під напругою або коли вона підходить до них на небезпечну відстань.

Засобами, які допомагають уникнути прямого дотику є:

- Ізоляція струмопровідних частин;
- Використання швидкодіючих захисних пристроїв, які вимикають живлячу лінію;
- Розміщення частин, які знаходяться під напругою, поза зоною досяжності. Це досягається у тому числі завдяки замкам, огорожам. Позначкам. А також самостійному виконанню розподільних пристроїв в окреме приміщення;

Непрямий дотик – це коли є контакт з відкритою струмопровідною частиною, яке викликане через пошкодження ізоляції.

Згідно ПУЕ, у випадку непрямого дотику має сенс використовувати один або декілька наступних захисних заходів: занулення, заземлення, захисне вимкнення, подвійну ізоляцію, мала напруга, роздільний трансформатор та вирівнювання потенціалів.

Заземленням – виконання електричного з'єднання між визначеною точкою системи, установки або обладнання й заземлювальним пристроєм. При пошкодженні ізоляції металеві частини електроустановки, що можуть перебувати під напругою, з'єднуються за допомогою заземлюючих привідників із самим заземлювачем. Є штучні та природні заземлювачі. Прикладами природних заземлювачів є: арматура фундаментів, трубопроводи, свинцеві оболонки кабелів та ін.).

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Окремо можна виділити захисне заземлення. Це створення між металевими частинами електроустановки й землею електричного з'єднання з малим опором. Це потрібно для того, щоб струм який може пройти скрізь людину через пошкоджену ізоляцію, не перевищував гранично допустимих значень.

Зануленням в електроустановках напругою до 1 кВ це навмисне з'єднання частин електроустановки, що в нормальних умовах не перебувають під напругою, із глухозаземленою нейтраллю джерела живлення. Дозволяє відключити електрообладнання або ділянку мережі завдяки створеному однофазному КЗ.

Захисним відключенням в електроустановках напругою до 1 кВ називають автоматичне відключення всіх фаз ділянки мережі з безпечним для людини співвідношенням струму й часу. Цей захисний пристрій має широке застосування завдяки швидкодії та чутливості.

Наступний захід це мала напруга. Взагалі малою напругою вважається така, яка не перевищує 24 В між фазами та землею. Під час роботи в особливо небезпечних умовах (наприклад усередині котлів, металевих резервуарів) згідно з ПУЕ напруга не повинна перевищувати 12 В.

Розділовим трансформатором називають трансформатор, призначений для відділення мережі, що живить електроприймач, від первинної електромережі, а також від мережі заземлення або занулення. Ці трансформатори можуть виконувати як лише функцію розділення (наприклад, 220/220 В), так і функції зниження напруги та розділення (наприклад, 220/24 В).

Подвійною ізоляцією електроприймача називають сукупність робочої та захисної (додаткової) ізоляцій, за яких частини електроприймача, доступні для дотику, не набувають небезпечних значень напруги під час пошкодження лише робочої або захисної ізоляції.

2.3 ураження електричним струмом

Найпоширенішою електротравмою є електричний опік. Він є прямим наслідком впливу електричної дуги на шкіру і організм людини в цілому або він виникає завдяки струмовому опіку (проходження електричного струму крізь тіло людини. Опіком можна вважати перетворенням електричної енергії у теплову енергію, яка вражає шкіру. В ЕУ до 6 кВ опік найчастіше є наслідком КЗ.

Електричні опіки діляться на 4 ступені:

- Опіки 1-го ступеня – тобто легке почервоніння шкіри;
- Опіки 2-го ступеня – тобто з'являються на шкірі сильніші опіки;
- Опіки 3-го ступеня – при цьому відбувається омертвіння шкіри;
- Опіки 4-го ступеня – відбувається обуглення шкіри, тканин кісток.

Перша допомога при ураженні електричним струмом:

- Перш за все треба знеструмити того, кого уразило струмом;
- Вимкнути електрику та джерело струму;
- У разі виникнення пожежі гасити полум'я піском, не варто використовувати воду;
- Якщо є електричні дроти в руках потерпілого – то треба їх перерізати;

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Результатом моєї роботи став розрахунок системи електропостачання реального навчального об'єкту, будівлі.

На першому етапі я дав загальну характеристику об'єкту. Можна виділити те що система заземлення по існуючим схемам відноситься до вже застарілої TN–C схеми. Була наведена експлікація приміщень горища.

На другому етапі моїм завданням було розраховувати і визначити розрахункові навантаження. Це стосувалося розрахункових значень потужності і струму. Для цього підійшов метод установленної потужності й коефіцієнт попиту.

На третьому етапі я обирав кабелі і визначав втрати напруги в них. Для цього потрібно мати значення розрахункових струмів.

На четвертому етапі моїм завданням було розрахувати струми КЗ. Цей параметр повністю залежить від параметрів і характеристик обраних мною кабелів.

На п'ятому етапі я обирав електрообладнання. Серед них можна виділити Автоматичні вимикачі, рубильники (ножові вимикачі) та запобіжники.

На останньому, шостому етапі йшлося про охорону праці. Питання безпеки дуже важливе, не треба нехтувати правилами безпеки, а також потрібно уміти надавати першу домедичну допомогу постраждалому від електричного струму.

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://elektrovoz.com.ua/ua/blog/chto-takoe-silovoj-kabel.html>.
2. <https://etech.sumdu.edu.ua/index.php>.
3. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/72467>.
4. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82333/1/Marenok_mag_rob.pdf.
5. Василега П.О. Електропостачання : підручник/ П.О. Василега. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
6. <https://corelamps.com/zahalne/korotke-zamykannia/>.
7. І.І.Борзенков. Електричні апарати: Конспект лекцій, 2020.
8. Електричні системи та мережі : конспект лекцій / укладачі: І. Л. Лебединський, В. І. Романовський, Т. М. Загородня. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 214 с.
9. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – офіційне видання. – Київ: 2017. – 617 с.
10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Згідно з наказом Міністерства палива та енергетики України від 25 липня 2006 року № 258. – Київ, 2006. – 181 с.
11. ДСТУ 2791-94. Системи електропостачальні номінальною напругою до 1 000 В: джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДОДАТКИ

										Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДОДАТОК А

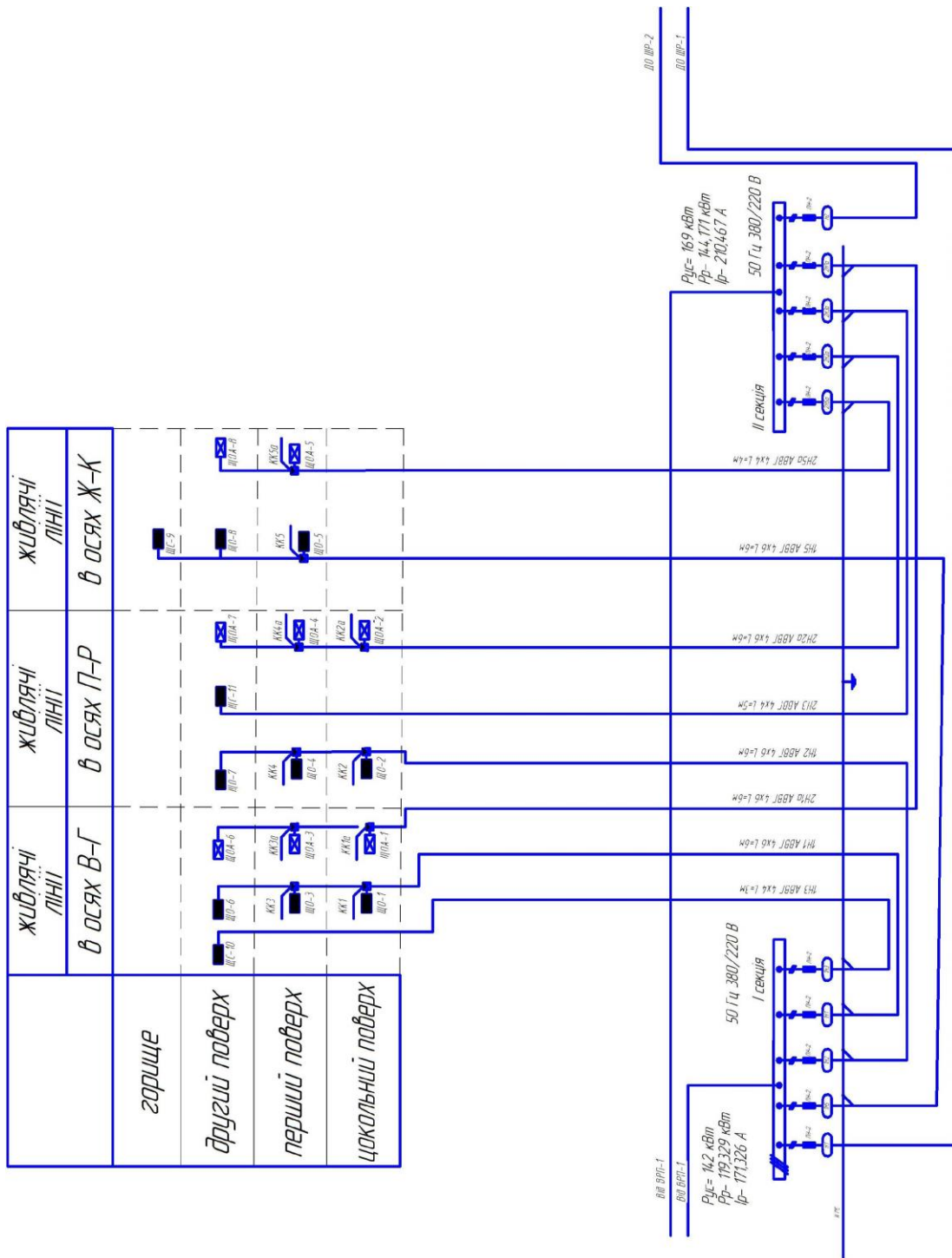


Схема принципова освітлюваної мережі

ДОДАТОК В

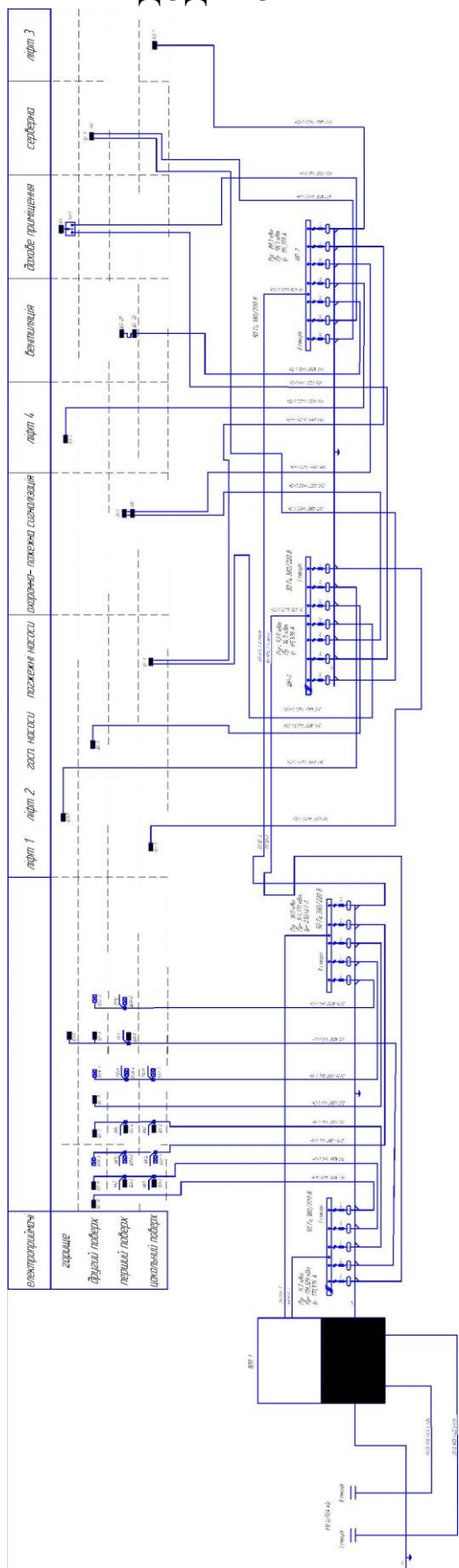


Схема принципова силової мережі

										Арк.
										49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						