

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Розрахунок системи електропостачання цеху з металообробки
ФОП Єрмаков»**

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент групи ЕТм-11

С.О. Ходун

Керівник

С.М. Лебедка

Консультант

з економічної частини к.е.н, доцент

О.М. Маценко

Нормоконтроль

М.А. Никифоров

Суми 2022

Сумський державний університет

Факультет ЕлІТ Кафедра електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри електроенергетики
І.Л. Лебединський
“ ” 20 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську роботу**

Ходуна Сергія Олександровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розрахунок системи електропостачання цеху з металообробки
ФОП Єрмаков»

затверджена наказом по університету № від

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 10.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Розміри проектованого цеху. 2. Електричне облад-
нання зварювального цеху. 3. Номінальна потужність обладнання. 4. Режим роботи
обладнання

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

Вступ

1. Електротехнічний розрахунок

2. Розділ охорони праці

3. Розділ економічної частини

Висновки

Список використаної літератури

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень:
план підприємства, схема з'єднання електроприймачів

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання ви- дав	Завдання прийн- яв
Економічна частина	Маценко О. М.		

7. Дата видачі завдання 15.09.2022 р.

Керівник роботи _____ С.М. Лебедка

Завдання прийняв до виконання _____ С.О. Ходун

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Вибір схеми цехової силової електричної мережі	20.09 – 25.09
2.	Розрахунок електричних навантажень	26.09 – 01.10
3.	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП	02.10 – 07.10
4.	Вибір перерізу провідників	08.10 – 20.10
5.	Розрахунок струмів короткого замикання	21.10 – 01.11
6.	Вибір електричних апаратів	02.11 – 10.11
7.	Розрахунок заземлення цехової ТП	11.11 – 15.11
8.	Розрахунок економічної частини	16.11 – 30.11
9.	Оформлення ПЗ, креслень, презентації	01.12 – 10.12

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 66 , рис. 6, табл. 22, додатків 1, джерел 23.

Бібліографічний опис: Ходун С.О. Розробка системи електропостачання цеху з металообробки ФОП Єрмаков [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.О. Ходун; наук. керівник С.М. Лебедка. – Суми: СумДУ, 2022. – 66 с.

Ключові слова:

електрична мережа, підстанція, силовий трансформатор, автоматичні вимикачі, заземлення;

электрическая сеть, подстанция, силовой трансформатор, автоматические выключатели, заземление;

electrical network, substation, power transformer, circuit breakers, grounding;

Короткий огляд:

В роботі виконано розрахунок система електропостачання промислового підприємства. Обрано цехову трансформаторну підстанцію та основну, вибрано провідники для розподілення електроенергії по цеху, вибрано автоматичні вимикачі для захисту ліній електропостачання та життя працівників, розраховано заземлюючий контур для цеху та цехової трансформаторної підстанції.

У економічному розділі, проведено техніко-економічне обґрунтування модернізації цеху з металообробки. Проведено економічний аналіз використання світильних різного типів, економічну вигоду та термін окупності

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД – асинхронний двигун

ДЖ – джерело живлення

ЕД – електродвигун

ЕО – електрообладнання

ЕП – електроприймач

ЛЛ – люмінесцентна лампа

НК – низьковольтні конденсатори

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПП – приймальний пункт

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПТЕ – правила технічної експлуатації

СЕС – система електропостачання

СН – середня напруга

СРШ – силова розподільна шафа

ТП – трансформаторна підстанція

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

ШРА – шинопровід магістральний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	9
Equation Chapter 1 Section 1Equation Section 1	9
1.1 Вихідні дані до проектування	9
1.2 Вибір схеми та конструктивного виконання цехової силової електричної мережі	10
1.2.1 Вибір місця розташування цехової ТП	10
1.2.2 Вибір схеми цехової силової електромережі	12
1.2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання	15
1.2.4 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання	17
1.2.5 Визначення розрахункового навантаження на третьому рівні електропостачання	19
1.2.6 Розрахунок навантаження загального освітлення	20
1.3 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції.....	21
1.3.1 Розрахунок пікових струмів.....	22
1.4 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової підстанції і компенсуючих пристроїв.....	22
1.4.1 Вибір кількості трансформаторів цехової підстанції.....	22
1.4.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кв	23

					MP 3.8.141.535 ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Да-</i>	<i>Розрахунок системи електропостачання цеху з металообробки ФОП Єрмаков</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Ходун</i>					6	71
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка</i>				СумДУ ЕТ.м-11		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

1.5	Вибір перерізу провідників	24
1.5.1	Вибір перерізу кабелів	24
1.5.2	Вибір шинопроводів	27
1.5.3	Вибір тролейних ліній	28
1.6	Вибір автоматичних вимикачів та роз'єднувачів	30
1.7	Розрахунок струмів короткого замикання.....	35
1.7.1	Розрахунок струмів трифазного короткого замикання	35
1.8	Електробезпека та заземлення	43
1.8.1	Заходи щодо забезпечення електробезпеки	43
2	РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ	48
2.1	Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки.....	49
2.1.1	Вихідні дані до розрахунку	50
2.1.2	Розрахунок освітлювальної системи.....	50
2.1.3	Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання	52
2.2	Розрахунок освітлення точковим методом:	54
2.3	Висновок по розділу	56
3	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	57
3.1	Розрахунок економічного ефекту	57
3.2	Висновок	62
	ВИСНОВОК.....	63
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64
	ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		7

ВСТУП

Даним проектом передбачено розробити систему внутрішньо цехового електропостачання цеху промислового підприємства, яка відповідає основним вимогам до СЕП промислових підприємств.

Для розроблення мережі необхідно виконати наступні завдання:

- накреслити план цеху та підприємства;
- визначити розташування цехової ТП;
- визначити схему ЕП цеху;
- вибрати струмоведучі елементи;
- вибрати апарати захисту;
- розрахувати компенсуючі пристрої (якщо, це потрібно);
- виконати розрахунок заземлення;
- розрахувати навантаження підприємства;
- визначити центр електричних навантажень та місце розташування головної ТП.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						8
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

1 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

1.1 Вихідні дані до проектування

Магістерською роботою передбачено розробити систему внутрішньо цехового електропостачання цеху промислового підприємства, яка відповідає основним вимогам до СЕП промислових підприємств. Для подальшого розрахунку обрано наступні параметри:

- Вид ґрунту на підприємстві – суглинок.
- Номінальна напруга всіх електричних двигунів $U_{\text{ном}}=380$ В.

Перелік силового обладнання показано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики ЕП цеху з металообробки

Найменування ЕП	№ на плані	Кількість	$P_{\text{н}}$, кВт	$\cos \varphi$	$K_{\text{в}}$
Токарно-гвинтонарізний верстат 1А62Г	1	1	7,5	0,6	0,16
Верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78Н	2	1	2,3	0,6	0,16
Верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78	3-4	2	2,3	0,6	0,16
Верстат хонінгувальний вертикальний одношпиндельний	5-7	3	8,12	0,6	0,16

					MP 3.8.141.535 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Да-	<i>Розрахунок системи електропостачання цеху з металообробки ФОП Єрмаков</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>		<i>Ходун</i>					9	71
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка</i>				СумДУ ЕТ.м-11		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

Координатно-розточувальний верстат 2E440A	8	1	4,5	0,5	0,14
Круглошліфувальний верстат 3A423	9	1	10,5	0,6	0,16
Круглошліфувальний верстат 3B423	10	1	15,5	0,6	0,16
Тельфер електричний пересувний	–	1	7,5	0,6	0,35

1.2 Вибір схеми та конструктивного виконання цехової силової електричної мережі

1.2.1 Вибір місця розташування цехової ТП

Місце для цехових трансформаторних та перетворювальних ПС вибирають з урахуванням таких факторів:

- для зниження розходу кольорового металу на електричну мережу НН і зменшення втрат електроенергії та напруги в цих мережах цехову ПС слід розміщувати в центрі електричних навантажень (ЦЕН) цеху, але при цьому зростає довжина мереж середньої напруги 10(6) кВ, які живлять ПС;
- на місці установлення цехової ПС не повинно бути технологічного устаткування та шляхів переміщення механізмів;
- характер середовища має відповідати вимогам, зазначеним заводом – виготовлювачем ПС;
- через те, що лише інколи ЦЕН збігається з вільним приміщенням (місцем), розміри й умови якого достатні для розміщення ПС, пошук придатного приміщення (місця) для цехової ПС здійснюють у напрямку від ЦЕН до ДЖ уздовж її живильної лінії СН, перевіряючи послідовно можливість виконання внутрішньої цехової, вбудованої, прибудованої, зовнішньої, окремо розташованої ПС, а також дахової, антресольної, або підземної цехової ПС.

					<i>MP 3.8.141.535 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Координати ЦЕН цеху визначаються в умовній системі координат, яка наноситься довільним чином з умовними одиницями виміру. Початок координат встановимо в нижньому лівому кутку площі цеху.

Координати ЦЕН цеху визначаються за такими формулою (1.1):

$$X_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}}; Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}};$$

Тег

$P_{\text{ном.}i}$ – установлена активна потужність i -го ЕП;

$x_i; y_i$ – координати i -го ЕП;

n – кількість діючих ЕП цеху.

План розташування обладнання показано на рис. 1.1.

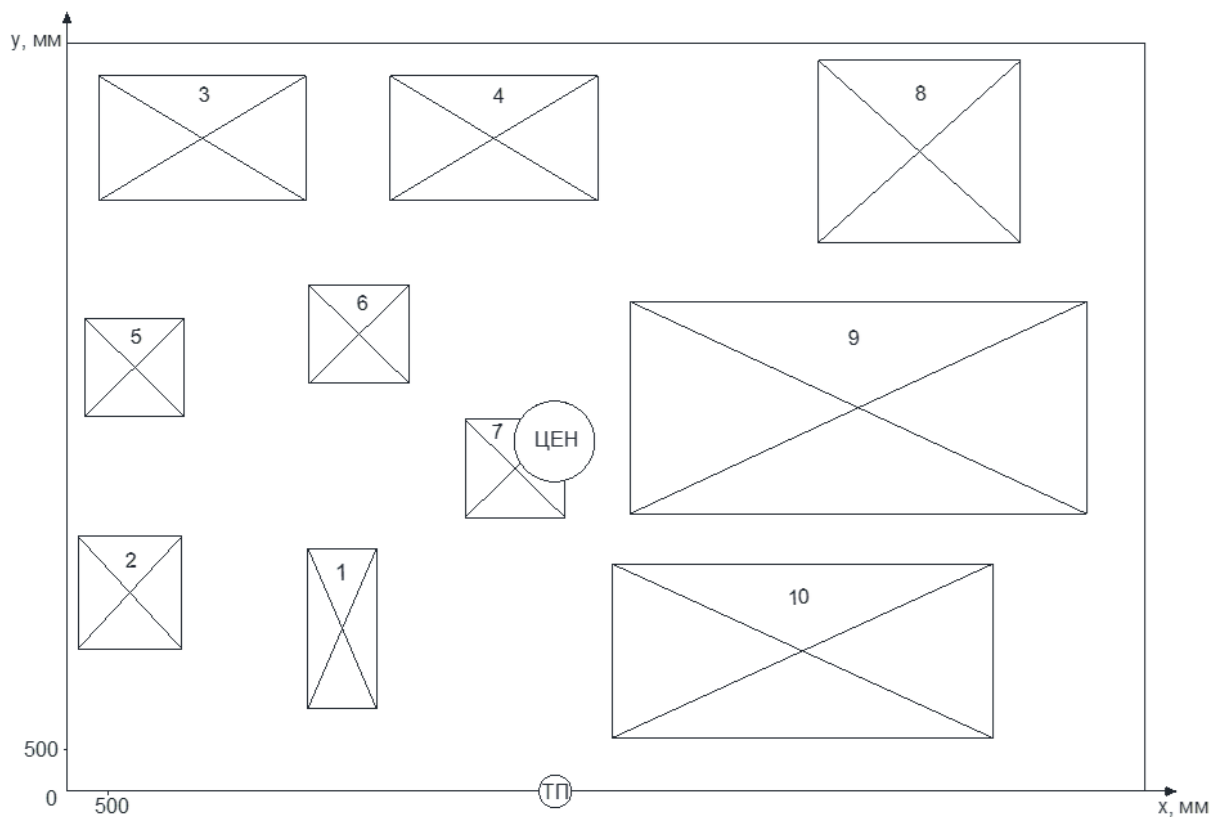


Рисунок 1.1 – План розташування ЕП в цеху

Координати розташування та електричні навантаження приведені в табл. 2.1.

Таблиця 1.2 – Координати центрів ЕП та їх потужності

№ на плані	$P_{\text{ном.}}, \text{кВт}$	X, мм	Y, мм
1	7,5	3319	1961
2	2,3	757	2392
3	2,3	1632	7862
4	2,3	5148	7862
5	8,12	815	5104
6	8,12	3523	5520
7	8,12	5405	3885
8	4,5	10281	7703
9	10,5	9543	4818
10	15,5	8869	1690

$$X_{\text{ЦЕН}} = \frac{7,5 \cdot 3319 + 2,3 \cdot (757 + 1632 + 5148) + 8,12 \cdot (815 + 3523 + 5405) + 4,5 \cdot 10281 + 10,5 \cdot 9543 + 15,5 \cdot 8869}{7,5 + 2,3 \cdot 3 + 8,12 \cdot 3 + 4,5 + 10,5 + 15,5} = 5852;$$

$$Y_{\text{ЦЕН}} = \frac{7,5 \cdot 1961 + 2,3 \cdot (2393 + 7862 + 7862) + 8,12 \cdot (5104 + 5520 + 3885)}{7,5 + 2,3 \cdot 3 + 8,12 \cdot 3 + 4,5 + 10,5 + 15,5} + \frac{4,5 \cdot 7703 + 10,5 \cdot 4818 + 15,5 \cdot 1690}{7,5 + 2,3 \cdot 3 + 8,12 \cdot 3 + 4,5 + 10,5 + 15,5} = 4125;$$

Так, як в ЦЕН неможливо встановити ТП, бо це буде заважати технологічним процесам. ТП буде прибудована зовні цеху (рис. 2.1) і матиме координати $X=5852$; $Y=0$.

1.2.2 Вибір схеми цехової силової електромережі

До цехових силових електричних мереж належать:

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						12
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- мережі силових ЕП;
- мережі пересувних ЕП.

При виборі схеми цехової силової мережі враховують такі фактори:

- потужність окремих ЕП;
- розміщення ЕП на території цеху;
- потрібна надійність живлення;
- умови середовища.

Цехова силова мережа повинна має відповідати таким вимогам:

- гарантувати необхідну електробезпеку, як для працюючих, так і для електротехнічного персоналу, що обслуговує мережу;
- забезпечувати необхідну надійність електропостачання;
- бути зручною та наочною в експлуатації;
- відповідати характеру навколишнього середовища;
- допускати застосування індустріальних і швидкісних методів монтажу;
- забезпечувати селективність роботи захисту.

Проектована СЕП (рис. 1.2) поєднує у собі принципи роботи магістральних та радіальних схем.

Магістральна схема – це така мережа, уздовж якої в кожній точці можуть бути приєднані споживачі електроенергії.

Радіальна схема – це схема з таким розподілом електроенергії, при якому окремий ЕП або зосереджена група ЕП живляться окремою лінією від того чи іншого ПРЄ.

					<i>МР 3.8.141.535 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		13

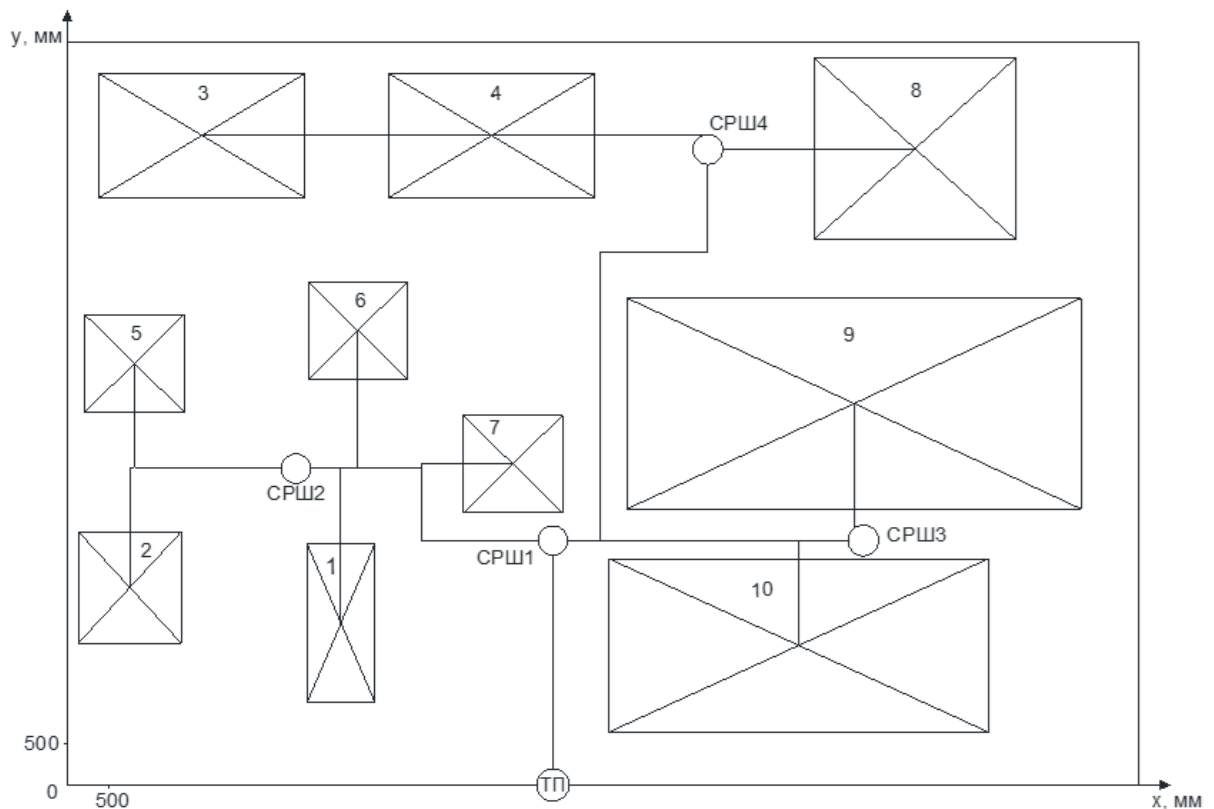


Рисунок 1.2 – Шляхи з'єднання ЦТП та ЕП

Таке з'єднання ЕП дає можливість зменшити відстань від ТП до ЕП, але не втрачаючи надійності електропостачання, а також при спрацюванні засобів захисту не всі ЕП будуть відключені в мережі. При розрахунках навантажень виділяють три рівні навантажень: перший, другий, третій.

Перший рівень – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують окремі ЕП до СРШ.

Другий рівень – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують СРШ, силові пункти та збірки до шин НН ЦТП.

Третій рівень – це збірні шини НН цехової ТП рис. 1.3.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		14

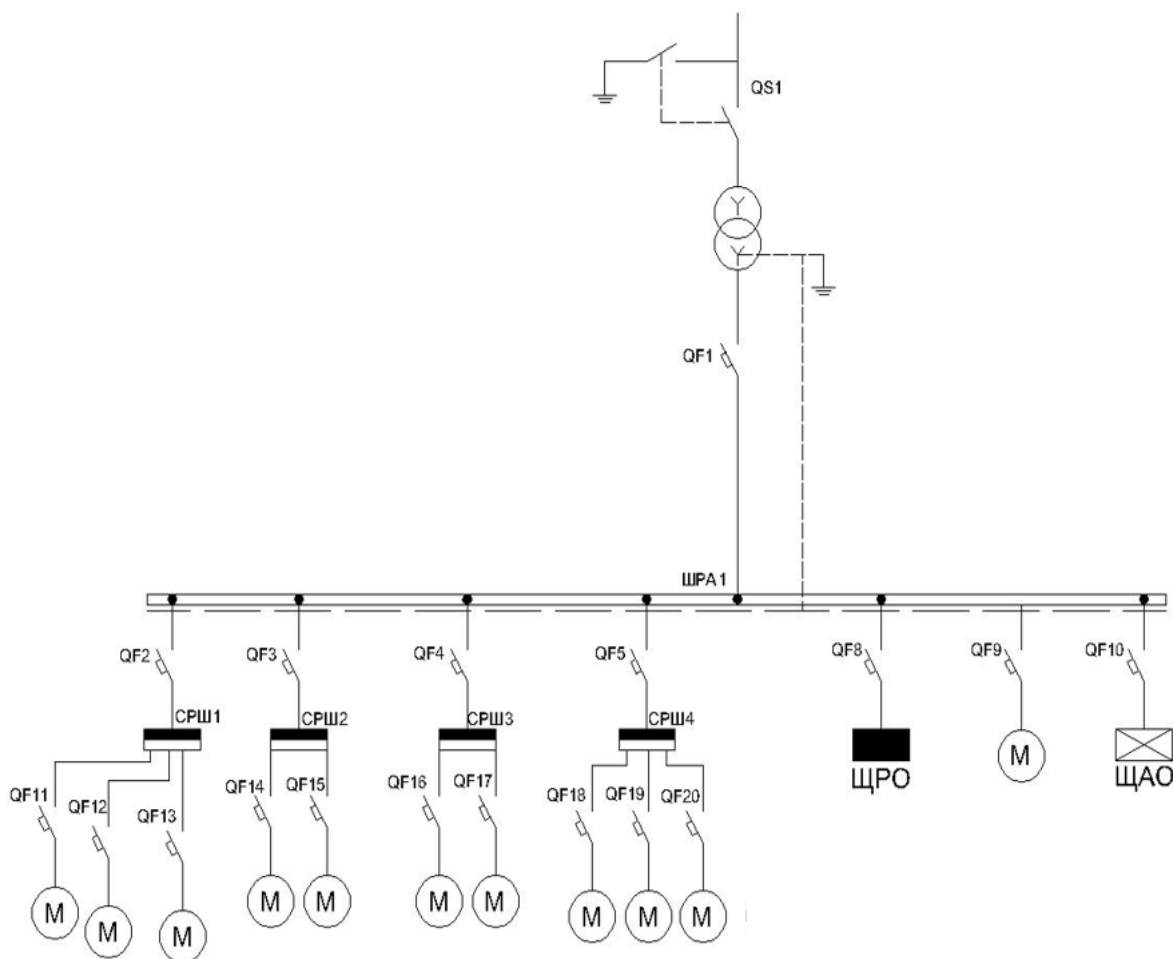


Рисунок 1.3 – Схема для вибору ЕА та струмоведучих частин

1.2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

На першому рівні електропостачання навантаження на лінію (провід, кабель) створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому коефіцієнті завантаження k_3 ЕП активні та реактивні навантаження першого рівня електропостачання визначаються за формулами :

$$P_{p.1} = k_3 \cdot P_{ном};$$

Текст

$$Q_{p.1} = P_{ном} \cdot tg\varphi;$$

Текст

$$S_{p.1} = \sqrt{P_{p.1}^2 + Q_{p.1}^2};$$

Текст

					МР 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		15

$$I_{ном.ЕД} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном} \cos \varphi}$$

Текст

$\operatorname{tg} \varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi$;

$U_{ном}$ – номінальна напруга ЕП.

Так, як фактичне значення коефіцієнта завантаження k_3 ЕП невідоме, то при проектуванні приймаємо $k_3=1$.

Також необхідно розрахувати пускові струми АД ($I_{пуск}$) (1.6):

$$I_{пуск} = k_{пуск} \cdot I_{ном.ЕД}$$

Текст

$k_{пуск}=5$ – для асинхронних двигунів.[5]

Результати розрахунків приведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

№ ЕП	Найменування ЕП	Рном, кВт	Розрахункові дані				
			Рр.1, кВт	Qр.1, кВАр	Sp.1, кВА	Ip.1, А	Iпуск, А
1	Токарно-гвинтонарізний верстат 1А62Г	7,5	7,5	10	12,5	18,99	94,96
2	Верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78Н	2,3	2,3	3,07	3,83	5,82	29,12
3-4	Верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78	2,3	2,3	3,07	3,83	5,82	29,12

5-7	Верстат хонінгувальний вертикальний одношпindelний	8,12	8,12	10,83	13,53	20,56	102,81
8	Координатно-розточувальний верстат 2E440A	4,5	4,5	7,79	9	13,67	68,37
9	Круглошліфувальний верстат 3A423	10,5	10,5	14	17,5	26,59	132,94
10	Круглошліфувальний верстат 3B423	15,5	15,5	20,67	25,83	39,25	196,25
11	Тельфер електричний пересувний	7,5	7,5	10	12,5	18,92	94,96

1.2.4 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЄ. Оскільки одночасно з максимальним навантаження усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей. Активне та реактивне навантаження на другому рівні визначається за формулами (1.7) – (1.8):

$$P_{p,2} = K_{p,a} \sum_{i=1}^n P_{cm,i}; \quad \text{Текст}$$

$$Q_{p,2} = K_{p,p} \sum_{i=1}^n Q_{cm,i}. \quad \text{Текст}$$

$Q_{cm,i}, P_{cm,i}$ – середні активна та реактивна потужності i -го ЕП;

$K_{p,p}$ – коефіцієнт реактивних навантажень, при числі ефективних ЕП $n_e \leq 10$ приймається $K_{p,p} = 1,1$, а при $n_e > 10$ $K_{p,p} = 1$. [5]

$K_{p,a} = 1,86$ – коефіцієнт активних навантажень. [5]

									Арк.
									17
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-					

$$P_{см.i} = k_{в.i} \cdot P_{ном.i};$$

Текст

$$Q_{см.i} = k_{в.i} \cdot Q_{ном.i}.$$

Текст

$k_{в.i}$ коефіцієнт використання і-го ЕП;

Якщо до вузла приєднано до 3-х ЕП включно, то їх рохрахункове навантаження на другому рівні електропостачання дорівнює сумі їх номінальних потужностей (1.11) – (1.12):

$$P_{р.2} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i};$$

Текст

$$Q_{р.2} = \sum_{i=1}^n Q_{ном.i}.$$

Текст

Розрахункове силове навантаження на другому рівні електропостачання визначається так (1.13):

$$S_{р.2} = \sqrt{P_{р.2}^2 + Q_{р.2}^2}. \quad (1.13)$$

При цьому розрахунковий струм (1.14):

$$I_{р.2} = \frac{S_{р.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (1.14)$$

Результати розрахунку приведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії на другому рівні електропостачання

№ ЕП за планом	$P_{р.2}$, кВт	$Q_{р.2}$, кВАр	$S_{р.2}$, кВА	$I_{р.2}$, А
1,6,7	23,74	31,65	39,57	60,12
2,5	10,42	13,89	17,37	26,39
9,10	26	34,67	43,33	65,84
3,4,8	9,1	13,93	16,64	25,28

1.2.5 Визначення розрахункового навантаження на третьому рівні електропостачання

На третьому рівні електропостачання кількість ЕП ще більша, ніж на другому рівні електропостачання. Результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей. На цьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункового активного навантаження $k_{p.a}'$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , приймають $k_{p.a}' = k_{p.p}'$. Числові значення коефіцієнта розрахункового навантаження наводяться у довідковій літературі [5] (1.15).

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^m P_{p.2.i}}{P_{p.2.макс}} = \frac{2(P_{p.2.1} + P_{p.2.2} + P_{p.2.3} + P_{p.2.4} + P_{p.мел.})}{P_{p.2.3}} = 5,91 \quad \text{Текст}$$

$P_{p.2.i}$ – розрахункова потужність i -групи електроприймачів на 2-му рівні електропостачання.

$P_{p.2.макс}$ – максимальна розрахункова потужність групи ЕП на 2-му рівні електропостачання.

Число ефективно працюючих ЕП округлюється до меншого цілого числа, приймаємо $n_e=5$. Приймаємо $k_{p.a}' = k_{p.p}' = 1$ [5] (1.16 – 1.19)

$$P_{p.3} = k'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^m P_{p.2.i} = 76,76 \text{ (кВт)} \quad (1.16)$$

$$Q_{p.3} = k'_{p.p} \cdot \sum_{i=1}^m Q_{p.2.i} = 104,14 \text{ (кВАр)}; \quad (1.17)$$

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2} = 129,37 \text{ (кВА)}; \quad (1.18)$$

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 196,56 \text{ (А)}. \quad (1.19)$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		19

1.2.6 Розрахунок навантаження загального освітлення

Електричне освітлення виробничих приміщень є загальним рівномірним освітленням і виконується світильниками, які розподіляються рівномірно між окремими фазами трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження. Для освітлення цехового приміщення будемо використовувати ЛЛ низького тиску. Установлене навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (1.20):

$$P_{p.уст} = k \cdot p_{n.o.} \cdot F \cdot 10^{-3} = 1,83 \text{ (кВт)}; \quad (1.20)$$

k – коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла (для ЛЛ низького тиску стартерних $k=1,2$);[5]

$p_{p.o.}$ – питома установлена потужність загального освітлення цеху ($p_{p.o.}=13 \text{ Вт/м}^2$);[5]

F – площа цеху, яка підлягає освітленню, м^2 .

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху визначається за виразами (1.21) – (1.22):

$$P_{p.o} = K_{n.o.} \cdot P_{p.уст} = 1,83 \text{ (кВт)}; \quad (1.21)$$

$$Q_{p.o} = \text{tg} \varphi_o \cdot P_{p.уст} = 0,6 \text{ (кВАр)}; \quad (1.22)$$

$K_{n.o.}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення (для невеликих виробничих будівель $K_{n.o.}=1$);[5]

$\text{tg} \varphi_o$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_o$ (для ЛЛ низького тиску $\cos \varphi_o=0,95$);

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (1.23):

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2} = 1,92 \text{ (кВА)}; \quad (1.23)$$

При цьому струм визначається як (1.24):

$$I_{p.o} = \frac{S_{p.o}}{\sqrt{3}U_{ном}} = 2,92 \text{ (А)}. \quad (1.24)$$

1.3 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою (1.25):

$$P_{p.ЦТП} = P_{p.з} + P_{p.a.o} + P_{p.o} = 78,77 \text{ (кВт)}; \quad (1.25)$$

$P_{p.a.o}$ – розрахункова активна потужність аварійного освітлення (складає 10% від $P_{p.o}$);[4]

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою (1.26):

$$Q_{p.ЦТП} = Q_{p.з} + Q_{p.a.o} + Q_{p.o} = 104,80 \text{ (кВА)}; \quad (1.26)$$

$Q_{p.a.o}$ – розрахункова реактивна потужність аварійного освітлення.

Загальне розрахункове навантаження ЦТП визначається за (1.27):

$$S_{p.ЦТП} = \sqrt{P_{p.ЦТП}^2 + Q_{p.ЦТП}^2} = 131,10 \text{ (кВА)} \quad (1.27)$$

Розрахунковий струм визначається за (1.28):

$$I_{p.ЦТП} = \frac{S_{p.ЦТП}}{\sqrt{3}U_{ном}} = 199,19 \text{ (А)}. \quad (1.28)$$

					МР 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		21

1.3.1 Розрахунок пікових струмів

Розрахунковий піковий струм для групи ЕП, яка складається з різних двигунів розрахунковий піковий струм визначається за формулою (1.29 – 1.32) [5]:

$$I_{\text{пik.1}} = I_{\text{пуск7}} + (I_{\text{р.2.1}} - kI_{\text{ном7}}) = 159,63 \text{ (A)}; \quad (1.29)$$

$$I_{\text{пik.2}} = I_{\text{пуск5}} + (I_{\text{р.2.2}} - kI_{\text{ном5}}) = 125,91 \text{ (A)}; \quad (1.30)$$

$$I_{\text{пik.3}} = I_{\text{пуск10}} + (I_{\text{р.2.3}} - kI_{\text{ном10}}) = 255,81 \text{ (A)}; \quad (1.31)$$

$$I_{\text{пik.4}} = I_{\text{пуск8}} + (I_{\text{р.2.4}} - kI_{\text{ном8}}) = 91,73 \text{ (A)}; \quad (1.32)$$

$I_{\text{пуск.i}}$ – пусковий струм найпотужнішого ЕП групи;

$I_{\text{р.2i}}$ – розрахунковий струм другого рівня для ЕД;

k – коефіцієнт використання найпотужнішого ЕП групи.

1.4 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової підстанції і компенсуючих пристроїв

1.4.1 Вибір кількості трансформаторів цехової підстанції

Кількість трансформаторів для ЦТП визначається:

- заданим рівнем надійності ЕП;
- потужністю ЕП;

Так, як всі ЕП 3-ї категорії надійності, то для нашого цеху вибираємо один трансформатор, а коефіцієнт завантаження має бути $\beta_{\text{T}}=0,9-0,95$ [5].

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження β_{T} емпіричною формулою (1.33):

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		22

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{P_{р.цтп}}{N \cdot \beta_m} = 87,52 \text{ (кВА)}; \quad (1.33)$$

N – кількість трансформаторів ТП;

Вибираємо блищу більшу потужність трансформатора $S_{ном.т}=100$ кВА.

Обираємо трансформатор – 100/10/0,4 Δ/Ун [10], технічні дані приведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні дані трансформатора ТМ–100/10/0,4

Тип тра-а	S _{ном} , кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані		
		U _{ном} , кВ		ик, %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _х , %	гт, Ом	хт, Ом	ΔQ, кВАр
		ВН	НН							
ТМ–100/10	100	10	0,4	4,5	1,97	0,31	2,6	22,70	40,8	2,6

1.4.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ

Оскільки $S_{ном.т} > S_{ном.т.р}$, то через вибраний трансформатор доцільно передавати реактивну потужність від її джерел 6-10 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта завантаження. Ця реактивна потужність визначається, як (1.34):

$$Q_m = \sqrt{(\beta_m S_{ном.т})^2 - P_{р.цтп}^2} = 53,11 \text{ (кВАр)}; \quad (1.34)$$

Потужність НК з номінальною напругою 0,4 кВ визначається так (1.35):

$$Q_{н.к} = Q_{р.цтп} - Q_m = 51,69 \text{ (кВАр)}; \quad (1.35)$$

					МР 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		23

Так, як $Q_{н.к} > 0$, встановлювати конденсатори для компенсації реактивної потужності потрібно. Вибираємо КУ найближчу по потужності УКРП-0,4-50-10УЗ

1.5 Вибір перерізу провідників

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом у нормальному, форсованому та аварійному режимах. Якщо температура нагрівання перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення й тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що спричинить порушення нормальної роботи системи, а в гіршому випадку може призвести до пожежі.

1.5.1 Вибір перерізу кабелів

Підключення ЕП до енергосистеми буде здійснюватися кабельними лініями, що будуть прокладені в лотках у підлозі цеху.

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового (1.36):

$$I'_{дон} \geq I_{p,2}; \quad (1.36)$$

$I_{p,2}$ – розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

Допустимий тривалий струм для кабелів з урахування умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{попр}$ так (1.37):

$$I'_{дон} = K_{сер} \cdot K_{пр} \cdot K_{попр} \cdot I_{дон}; \quad (1.37)$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						24
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$K_{\text{попр}}=0,92$ – поправковий коефіцієнт для чотирижильних провідників;[5]

$K_{\text{пр}}=1$ – поправковий коефіцієнт для кабелів прокладених в середині або поза цехом;[5]

$K_{\text{сер}}$ – поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища [5] (1.38):

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.}}}{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}} = \sqrt{\frac{70 - 30}{70 - 25}} = 0,94; \quad (1.38)$$

$T_{\text{ж.н}}=70$ °С – нормована температура жили для кабелю марки АВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією;[5]

$T_{\text{сер}}=30$ °С – температура середовища;

$T_{\text{сер.н}}=25$ °С – нормована температура середовища;

Вибір перерізу кабелю лише за умовою допустимого нагрівання приводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Тому для остаточного вибору необхідно ще перевірити провідники за вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарату. Втрати напруги не повинні перевищувати 5%.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як (1.39):

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_{\text{р.2}} \cdot R_{\text{кб}} + Q_{\text{р.2}} \cdot X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}; \quad (1.39)$$

$R_{\text{кб}}$ та $X_{\text{кб}}$ – активний та реактивний опори кабелю;

Активний та реактивний опори кабелю обчислюються за формулами (1.40) – (1.41):

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		25

$$R_{кб} = r_n l_{кб}; \quad (1.40)$$

$$X_{кб} = x_n l_{кб}; \quad (1.41)$$

r_n і x_n – активний та реактивний опори кабелю;

$l_{кб}$ – довжина кабелю.

Результати розрахунку вибору перерізу провідників від шин НН до СРШ приведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Вибір перерізу провідників від шин НН до СРШ

Кабель до ПРЕ	$S_{ст}$, мм ²	$I'_{доп}$, А	$I_{р,2}$, А	$\Delta U_{кб}$, %	$R_{кб}$, Ом	$X_{кб}$, Ом	Тип кабелю
До СРШ1	10	60,717	60,12	0,159	9,354 $\cdot 10^{-3}$	2,161 $\cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×10+1×6
До СРШ2	10	60,717	26,39	0,165	0,022	$5,11 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×10+1×6
До СРШ3	16	78,065	65,84	0,25	0,013	$4,52 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×16+1×10
До СРШ4	10	60,717	25,28	0,196	0,03	$6,94 \cdot 10^{-4}$	АВВГ 3×10+1×6

Результати розрахунку вибору перерізу провідників від СРШ до ЕП приведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Вибір перерізу провідників від СРШ до ЕП

Кабель до ЕП	$S_{ст}$, мм ²	$I'_{доп}$, А	I_p , А	$\Delta U_{кб}$, %	$R_{кб}$, Ом	$X_{кб}$, Ом	Тип кабелю
1	2,5	25,154	18,99	0,351	0,067	6,148 $\cdot 10^{-4}$	АВВГ 4×2,5
2	2,5	25,154	5,82	0,067	0,042	3,828 $\cdot 10^{-4}$	АВВГ 4×2,5

3	2,5	25,154	5,82	0,124	0,077	7,076 ·10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
4	2,5	25,154	5,82	0,053	0,033	3,016 ·10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
5	2,5	25,154	20,56	0,237	0,042	3,828 ·10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
6	2,5	25,154	20,56	0,351	0,062	5,684 ·10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
7	2,5	25,154	20,56	0,258	0,045	4,176 ·10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
8	2,5	25,154	13,67	0,1	0,032	2,9·10 ⁻⁴	АВВГ 4×2,5
9	6	39,9	26,59	0,067	8,94·10 ⁻³	1,53·10 ⁻⁴	АВВГ 3×6+1×4
10	6	39,9	39,25	0,121	0,011	1,89·10 ⁻⁴	АВВГ 3×6+1×4

1.5.2 Вибір шинопроводів

Шинопровід вибирається за таких умов:

Номінальний струм шинопроводів типу ШРА $I_{\text{ном.ШРА}}$ вибирається за розрахунковим струмом (1.42):

$$I_{\text{ном.ШРА}} \geq I_{p3}; \quad (1.42)$$

Для ШРА з рівномірним навантаження і розташуванням секції вводу всередині шинопроводу втрата напруги у відсотках (1.43):

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

$$\Delta U_{ШРА} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot I_{p.3} \cdot l \cdot 100}{U_{ном}} (r_n \cdot \cos \varphi + x_n \cdot \sin \varphi); \quad (1.43)$$

l – довжина ШРА, км;

r_n, x_n – питомий активний та реактивний опори ШРА;

Перевірка комплектних шинопроводів на електродинамічну стійкість виконується за умови (1.44):

$$i_{y.дон} \geq i_{y.p}; \quad (1.44)$$

Перевірку на електродинамічну стійкість всіх струмоведучих частин, та пристроїв захисту буде проведено після розрахунку струмів КЗ.

Вибираємо комплектний розподільний шинопровід типу ШРА73-250-32-1У3, технічні дані приведені в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Технічні та розрахункові дані для ШРА73-250-32-1У3

Тип шинопровода	l , м	I_{p3} , А	Іном.ШРА, А	r_n , Ом	x_n , Ом	ΔU , %
ШРА73-250-32-1У3	1	196,56	250	0,21 ·10 ⁻³	0,21 ·10 ⁻³	0.013

1.5.3 Вибір тролейних ліній

Розрахунок тролейних ліній з кутової сталі або шинопроводів типу ШТМ полягає у виборі розмірів кутової сталі або серії ШТМ за нагріванням тривалим струмом навантаження й перевіряється на втрату напруги.

При виборі за нагріванням розрахунковий струм приймається рівним струму тридцяти хвилинного навантаження (1.45):

$$I_{30} = \frac{\sqrt{(P_{ном} K_{30})^2 + (P_{30} \operatorname{tg} \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{\sqrt{4,5 + 6}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 11,395 \text{ (A)};$$

$P_{ном}$ – споживана активна потужність, кВт;

$K_{30}=0,6$ – коефіцієнт попиту активної потужності, який визначається з спеціальних кривих залежно від режиму роботи та кількості ефективного числа ЕП [5];

P_{30} – розрахункова активна потужність, кВт;

$$I_{ном.тел} = \frac{P_{тел}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{тел}} = 18,992 \text{ (A)};$$

$I_{ном.тел}$ – номінальний струм тельфера;

$$I_{пуск.тел} = 5 \cdot I_{ном.тел} = 94,959 \text{ (A)};$$

$I_{пуск.тел}$ – пусковий струм тельфера;

Виходячи з розрахункових даних вибираємо для виконання тролейної лінії кутову сталь з розмірами $40 \times 40 \times 5$, для якої $I_{доп}=120$ А [5], що більше $I_{30}=11,395$ А.

Втрата напруги у тролєях визначається за формулою (1.46):

$$\Delta U_{трол} = \frac{\Delta e \cdot I_{пуск} \cdot l}{10000} = 1,102 \text{ (В)}; \quad (1.46)$$

$\Delta e=8,7$ В/(А·м) – втрата напруги на 100 А пікового струму та 100 м довжини тролєю, В/(А·м) [5]

$I_{пуск}$ – пусковий (піковий) струм ЕП тролейної лінії, А;

l – відстань від точки приєднання живильної лінії до найбільш віддаленого кінця тролейної лінії, м.

Втрата напруги у відсотках буде рівна (1.47):

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		29

$$\Delta U'_{трол} = \frac{\Delta U_{трол} \cdot 100}{U_{ном}} = 0,29 \% ; \quad (1.47)$$

1.6 Вибір автоматичних вимикачів та роз'єднувачів

Критерії вибору автоматичних вимикачів

Автоматичний вимикач (автомат) – це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантаженнях) та нечастих вмиканнях і розмиканнях у нормальних режимах роботи.

Для виконання захисних функцій в автоматах застосовуються такі види розчеплювачів: тільки теплові або тільки електромагнітні, комбіновані (тепловий та електромагнітний), напівпровідникові, мікропроцесорні. Для виконання захисту розподільних мереж в даній роботі будемо застосовувати автоматичні вимикачі з комбінованими розчеплювачами.

Вибір автоматичних вимикачів полягає в дотриманні таких умов (1.48):

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} ; \quad (1.48)$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму (1.49):

$$I_{ном.а} \geq I_{\phi} ; \quad I_{ном.р} \geq I_{\phi} ; \quad (1.49)$$

Де струм форсованого режиму визначається за формулою (1.50):

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_{р} ; \quad (1.50)$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		30

$K_{рез}$ – коефіцієнт резервування ($K_{рез}=1$, для однострансформаторної ПС без резервування на стороні НН і за відсутності даних систематичного перевантаження) [5];

Уставка для спрацювання від перевантаження $I_{с.п}$. (уставка струму теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$) (1.51):

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq KI_p; \quad (1.51)$$

K – коефіцієнт, який приймається 1,1 для автомата вводу QF1, для всіх інших автоматів $K=1$, окрім QF8 та QF10.

Для ЛЛ низького тиску уставка струму спрацювання від перевантаження визначається як (1.52):

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq I_{р.о}; \quad (1.52)$$

Автоматичні вимикачі не повинні вимикати ділянки, які захищають, при коротких перевантаженнях (пускові струми, пікові струми та ін.). для автомата вводу QF1 спрацювання відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{с.в}$ визначається за формулою (1.53):

$$I_{с.в} \geq (6-10)I_{ном.т} = (6-10) \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad (1.53)$$

У формулі (5.6) приймаємо більшу кратність (10), так як трансформатор має малу потужність ($S_{ном.т} \leq 360$ кВА).[5]

Умова перевірки від пікових струмів для груп ЕП та пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі струму спрацювання відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{с.в}$ (уставки струму електромагнітного розчеплювача) більше цих струмів відповідно не менш ніж на 25%, тому що похибка від розкиду

					МР 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		31

характеристик може досягати до 15%. [5] (1.54) – (1.55):

$$I_{c.в} = I_{y.e.p} \geq 1,25 \cdot I_{нік}; \quad (1.54)$$

$$I_{c.в} = I_{y.e.p} \geq 1,25 \cdot I_{пуск}; \quad (1.55)$$

Для перевірки чутливості та здатності вимикання автоматів, необхідно розрахувати струмі КЗ. Зараз робимо попередній вибір автоматичних вимикачів для подальшого розрахунку струмів КЗ табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Вибір ввідного автоматичного вимикача QF1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.л}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.л} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_p$	$I_{ном.а} = 160 \text{ А}$	$I_\phi = K_{рез} \cdot I_{ном.т} =$ $= 1 \cdot 151,934 = 151,934 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_\phi$	$I_{ном.р} = 160 \text{ А}$	$I_\phi = K_{рез} \cdot I_{ном.т} =$ $= 1 \cdot 151,934 = 151,934 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{c.л} \geq 1,1 \cdot I_\phi$	$I_{c.л} = 1,25 \cdot I_{ном.р} =$ $= 1,25 \cdot 160 = 200 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_\phi = 1,1 \cdot 151,934 =$ $= 167,127 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{c.в} \geq 10 \cdot I_\phi$	$I_{c.в} = 12 \cdot I_{ном.р} =$ $= 12 \cdot 160 = 1920 \text{ А}$	$I_{c.в} = 10 \cdot I_{ном.т} =$ $= 10 \cdot 151,934 = 1519,34 \text{ А}$

Обираємо ввідний QF1 автомат вибираємо ВА44-33 табл.1.10.

Таблиця 1.10 – Вибір автомата QF2 для захисту лінії до СРШ1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.л}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.л} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{ном.а} \geq I_p$	$I_{ном.а} = 63 \text{ А}$	$I_{p.2} = 60,12 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{ном.р} \geq I_\phi$	$I_{ном.р} = 63 \text{ А}$	$I_{p.2} = 60,12 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.п} \geq 1,1 \cdot I_\phi$	$I_{с.п} = 1,25 \cdot I_{ном.р} =$ $= 1,25 \cdot 63 = 78,75 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_\phi = 1,1 \cdot 60,12 =$ $= 66,132 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.в} \geq 10 \cdot I_\phi$	$I_{с.в} = 12 \cdot I_{ном.р} =$ $= 12 \cdot 63 = 765 \text{ А}$	$I_{с.в} = I_{пуск.1} = 159,634 \text{ А}$

Для захисту лінії до СРШ1 вибираємо автоматичний вимикач АЕ2046 табл. 1.11.

Таблиця 1.11 – Результати вибору автоматів QF2–QF9 [7]

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}, \text{ В}$	$I_{ном.а}, \text{ А}$	$I_{ном.р}, \text{ А}$	$I_{с.п}, \text{ А}$	$I_{с.в}, \text{ А}$
До СРШ1	АЕ2046	660	63	63	78,75	765
До СРШ2	ВА47-63	660	32	32	40	384
До СРШ3	ВА-2004N/125	380	80	80	100	960

Продовження табл. 1.11

До СРШ4	ВА47-63	380	32	32	40	384
До ЩРО	ВА 47-60	380	6	6	7,5	60
До тельфера	ВА 47-29	380	20	20	25	200

Результати вибору вимикачів QF11–QF30 приведені в табл. 1.12.

Таблиця 1.12 – Результати вибору автоматів QF11–QF30

Живильна лінія до ЕП №	Тип авто- мата	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.р}, А$	$I_{с.п}, А$	$I_{с.в}, А$
1	ВА47-29	380	20	20	25	200
2-4	ВА 47-60	380	6	6	7,5	60
5-7	ВА47-29	380	25	25	31,25	250
8	ВА-47-29	380	16	16	20	192
9	ВА 63	380	32	32	40	320
10	ВА 47-63	380	40	40	50	480

Вибір роз'єднувача Q1

Роз'єднувач – електричний апарат, призначений для комутації під напругою, але без навантаження.

Роз'єднувачі призначені для:

для створення видимого зазору під час обслуговування електротехнічного обладнання;

комутації під напругою і без навантаження мереж;

заземлення відключених ділянок;

Попередньо вибираємо високовольтний роз'єднувач РЛНДз–10/400 У1 з такими технічними характеристиками в табл. 1.13:

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						34
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 1.13 – Основні технічні характеристики роз'єднувача РЛНДз–10/400 У1

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна напруга, кВ	10
Номінальна робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	400
Номінальний струм електродинамічної стійкості, кА	51
Струм термічної стійкості протягом 1с, кА	20

1.7 Розрахунок струмів короткого замикання

1.7.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Розрахунок струмів КЗ розглянемо на частині схеми, розрахунок буде аналогічним для всієї схеми рис. 1.4 а, б.

Базисна напруга в мережі до 1 кВ визначається:

$$U_{\delta} = 1,05 \cdot U_{\text{ном.НН}} = 1,05 \cdot 380 = 400 \text{ В}$$

Індуктивний опір системи, який приведений до НН, визначається за формулою:

$$X_C = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном.QS1}} \cdot U_{\text{ном.сер.ВН}}} = \frac{0,4^2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10,5} = 0,022 \text{ Ом}$$

Базисна напруга в мережі до 1 кВ визначається:

$$U_{\delta} = 1,05 \cdot U_{\text{ном.НН}} = 1,05 \cdot 380 = 400 \text{ В}$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		35

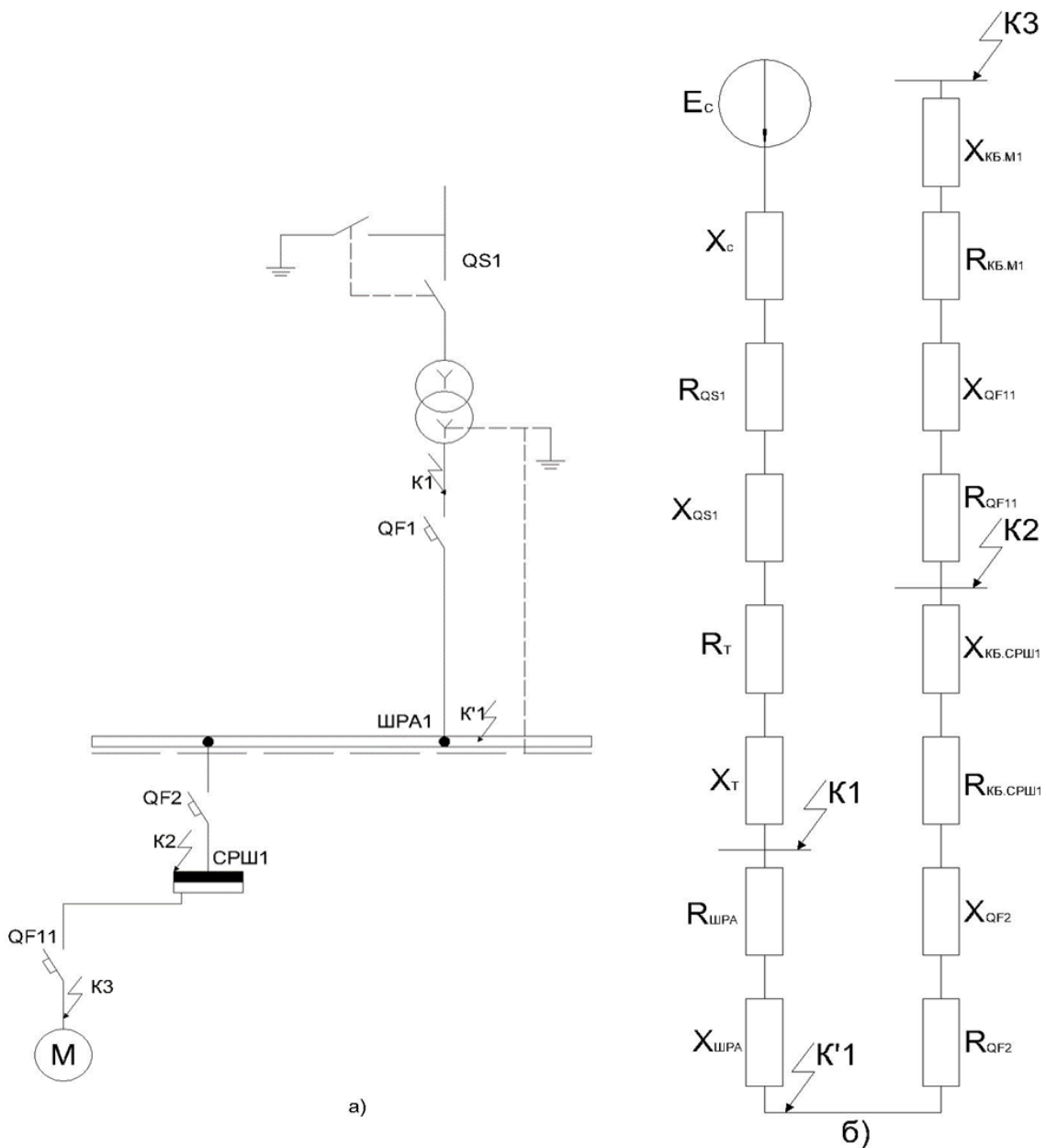


Рисунок 1.4 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку трифазного КЗ

Індуктивний опір системи, який приведений до НН, визначається за формулою:

$$X_C = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном. QS1}} \cdot U_{\text{ном.сер.ВН}}} = \frac{0,4^2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 10,5} = 0,022 \text{ Ом}$$

Розрахунок приведення активного та реактивного опору кабельних ліній до ступеня НН, значення опорів зазначені в таблицях 1.14 та 1.15.

$$R_{кб} = r_n \cdot l_{кб} \cdot \frac{U_{ном.сер.НН}}{U_{ном.сер.ВН}};$$

$$X_{кб} = x_n \cdot l_{кб} \cdot \frac{U_{ном.сер.НН}}{U_{ном.сер.ВН}};$$

Таблица 1.14 – Опір кабельних ліній приведеній до ступеня напруги НН

Кабель до ПРЕ	Ркб, Ом	Хкб, Ом
До СРШ1	3,563·10-4	8,232·10-6
До СРШ2	8,427·10-4	1,947·10-5
До СРШ3	5,054·10-4	1,723·10-5
До СРШ4	1,144·10-3	2,642·10-5

Таблица 1.15 – Опір кабельних ліній приведеній до ступеня напруги НН

Кабель до ЕП	Ркб, Ом	Хкб, Ом
1	2,544·10-3	2,342·10-5
2	1,584·10-3	1,458·10-5
3	2,928·10-3	2,696·10-5
4	1,248·10-3	1,149·10-5
5	1,584·10-3	1,458·10-5
6	2,352·10-3	2,165·10-5
7	1,728·10-3	1,591·10-5
8	1,2·10-3	1,105·10-5
9	3,406·10-4	5,829·10-6
10	4,208·10-4	7,2·10-6

Активний та реактивний опори прямої послідовності трансформатора приведені до ступеня напруги НН, визначаються за формулами (технічні дані

трансформатора наведені в табл. 1.5):

$$R_m = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_{\text{ном.НН}}^2 \cdot 10^3}{S_{\text{ном.т}}^2} = \frac{1,97 \cdot 0,38^2 \cdot 10^3}{100^2} = 0,028 \text{ Ом};$$

$$X_m = \sqrt{u_{\kappa}^2 - \left(\frac{100 \cdot \Delta P_{\kappa}}{S_{\text{ном.т}}} \right) \cdot \frac{U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.т}}}} \cdot 10 = 0,062 \text{ Ом};$$

4) Активний та реактивний опір ШРА

$$R_{\text{ШРА}} = r_{\text{н.ШРА}} \cdot \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{U_{\text{ном.сер.ВН}}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}; \quad X_{\text{ШРА}} = x_{\text{н.ШРА}} \cdot \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}}{U_{\text{ном.сер.ВН}}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом};$$

Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент.

1) Визначення струму трифазного КЗ в точці К1. Сумарні опори для точки К1 визначаються так:

$$R_{K1} = R_{QS1} + R_m = 0,175 \cdot 10^{-3} + 0,028 = 0,028 \text{ Ом};$$

$$X_{K1} = X_C + X_m = 0,022 + 0,062 = 0,084 \text{ Ом};$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,015^2 + 0,084^2} = 0,089 \text{ Ом};$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при КЗ точці К1 визначається за формулою:

$$I_{K1(0)}^{(3)} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,063} = 2595 \text{ А};$$

2) Визначення трифазного струму КЗ в точці К1':

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		38

$$R_{K1'} = R_{K1} + R_{ШПА} = 0,028 + 8 \cdot 10^{-3} = 0,036 \text{ Ом};$$

$$X_{K1'} = X_{K1} + X_{ШПА} = 0,084 + 8 \cdot 10^{-3} = 0,092 \text{ Ом};$$

$$Z_{K1'} = \sqrt{R_{K1'}^2 + X_{K1'}^2} = \sqrt{0,036^2 + 0,092^2} = 0,099 \text{ Ом};$$

$$I_{K1'(0)}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}Z_{K1'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,099} = 2333 \text{ А};$$

3) Визначення трифазного струму КЗ в точці К2:

$$R_{K2} = R_{K1'} + R_{QF2} + R_{кб.СРШ1} = 0,036 + 3,5 \cdot 10^{-3} + 3,563 \cdot 10^{-4} = 0,04 \text{ Ом};$$

$$X_{K2} = X_{K1'} + X_{QF2} + X_{кб.СРШ1} = 0,092 + 2 \cdot 10^{-3} + 8,232 \cdot 10^{-6} = 0,094 \text{ Ом};$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,028^2 + 0,071^2} = 0,102 \text{ Ом};$$

$$I_{K2(0)}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,102} = 2264 \text{ А};$$

4) Визначення трифазного струму КЗ в точці К3:

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{QF11} + R_{кб.М1} = 0,04 + 7 \cdot 10^{-3} + 2,544 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ Ом};$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{QF11} + X_{кб.М1} = 0,094 + 4,5 \cdot 10^{-3} + 2,342 \cdot 10^{-5} = 0,099 \text{ Ом};$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,05^2 + 0,099^2} = 0,111 \text{ Ом};$$

$$I_{K3(0)}^{(3)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3}Z_{K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,084} = 2081 \text{ А};$$

Аналогічно пораховані всі струми КЗ в системі електропостачання. Точки КЗ були проставлені перед СРШ та ЕД.

Визначення ударних струмів

Значення ударного струму КЗ визначається за формулою (1.56):

$$i_y = k_y \sqrt{2} I_{K(0)}; \quad (1.56)$$

k_y – ударний коефіцієнт ($k_y=1,3$ – для трансформаторів з номінальною потужністю 160-25 кВА та їх розподільчих пристроїв, $k_y=1$ для всіх інших випадків)[5]

$I_{K(0)}$ – струм трифазного КЗ;

Струми КЗ від АД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ короткими

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		39

відгалуженнями (3-5 м), ураховують лише при визначенні ударного струму КЗ і визначають як (1.57):

$$i_{y.\partial} = \sqrt{2}k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном.д.}\Sigma} ; \quad (1.57)$$

$I_{\text{ном.д.}\Sigma}$ – сума номінальних струмів АД, безпосередньо приєднаних до місця КЗ;

$k_{\text{пуск}}$ – коефіцієнт пуску;

Результуюче значення ударного струму визначають як суму ударного струму від енергосистеми і від ЕД за формулою (1.58):

$$i_y = i_{y.c.} + i_{y.\partial} ; \quad (1.58)$$

1)Визначення ударного струму в точці К1.

$$i_{y.K1} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2595 = 5505 \text{ A};$$

2)Визначення ударного струму в точці К1'.

$$i_{y.K1'} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2333 = 4949 \text{ A};$$

3)Визначення ударного струму в точці К2.

$$i_{y1} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2264 = 3202 \text{ A};$$

4)Визначення ударного струму в точці К3.

$$i_{y.c.K3} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 2081 = 2943 \text{ A};$$

$$i_{y.\partial.K3} = \sqrt{2} \cdot 5 \cdot (18,99 + 20,56 + 20,56) = 425 \text{ A};$$

$$i_{y.K3} = i_{y.c.K3} + i_{y.\partial.K3} = 2943 + 425 = 3368 \text{ A};$$

1.7.2 Розрахунок струмів однофазного КЗ

Розрахунок струмів однофазного КЗ виконується для перевірки надійності вимикання лінії в разі пробую ізоляції і появи на корпусі ЕП потенціала

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		40

лу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому найважливішим є розрахунок однофазного КЗ, яке буде наприкінці ділянки, що захищається, тому що, цей струм має бути достатнім для спрацювання захисту.

Струм однофазного КЗ можна визначити за формулою (1.59):

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{ПТ}}; \quad (1.59)$$

U_ϕ – фазна напруга мережі ($U_\phi=220\text{В}$);

$Z_{ПТ}$ – повний опір петлі «фаза-нуль» від трансформатора до точки КЗ (1.60):

$$Z_{ПТ} = z_{н.ПТ} \cdot l_{ПТ}; \quad (1.60)$$

$z_{н.ПТ}$ – питомий опір петлі «фаза-нуль» [2];

$l_{ПТ}$ – довжина петлі «фаза-нуль» ;

$$\begin{aligned} Z_m^{(1)} &= \sqrt{(R_{1m} + R_{2m} + R_{0m})^2 + (X_{1m} + X_{2m} + X_{0m})^2} = \\ &= \sqrt{(3 \cdot 16,6 \cdot 10^{-3})^2 + (3 \cdot 41,7 \cdot 10^{-3})^2} = 0,135 \text{ Ом}; \end{aligned}$$

$R_{1т}$, $R_{2т}$, $R_{0т}$ та $X_{1т}$, $X_{2т}$, $X_{0т}$ – активний та реактивний опори трансформатора прямої, зворотної та нульової послідовностей.

Так, як опори шинопроводів та автоматичних вимикачів можна не враховувати, тому струми однофазного КЗ будемо розраховувати для точок К1', К2 та К3.

Струм однофазного КЗ для точки К1' (1.61):

					МР 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		41

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{220}{\frac{0,135}{3}} = 4889 \text{ A} \quad (1.61)$$

Струм однофазного КЗ для точки К2:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{0,135}{3} + 4,9 \cdot 12,34 \cdot 10^{-3}} = 2086 \text{ A};$$

Струм однофазного КЗ для точки К3:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{0,135}{3} + 4,9 \cdot 12,34 \cdot 10^{-3} + 3,7 \cdot 29,64 \cdot 10^{-3}} = 877,536 \text{ A};$$

Остаточна перевірка правильності вибору автоматичних вимикачів та рубильника [7],[10] табл. 1.16 – 1.17.

Таблиця 1.16 – Перевірка правильності вибору автоматичного вимикач QF1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_K^{(3)}$	18000 А	2333 А
За умовою чутливості $I_K^{(1)} \geq 1,25I_{с.в}$	$1,25 \cdot 3000 = 3750$ А	4889 А

Таблиця 1.17 – Перевірка правильності вибору автоматичного вимикач QF2

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_K^{(3)}$	6000 А	2264 А
За умовою чутливості $I_K^{(1)} \geq 1,25I_{с.в}$	$1,4 \cdot 765 = 1071$ А	2086 А

Таблиця 1.18 – Перевірка правильності вибору роз'єднувача QS1

Умови вибору	Каталожні дані	Розрахункові дані
За номінальним струмом електродинамічної стійкості $i_{дин} \geq i_y$	51000 А	5505 А
За струмом термічної стійкості протягом 1 с $I_T^2 t_T \geq I_K^{(3)2} t$	20000 А	12960А

Аналогічну перевірку пройшли всі автоматичні вимикачі. Попередній вибір був зроблений вірно, всі електричні апарати відповідають вимогам і їх не потрібно замінити.

1.8 Електробезпека та заземлення

1.8.1 Заходи щодо забезпечення електробезпеки

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенціально небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Тому всі потенціально небезпечні частини мають бути заземлені або занулені. В даному проекті використовується чотирипровідна система електропостачання цеху. Тому доцільно використовувати занулення для захисту працівників від ураження електричним струмом. Робота такої системи заключається в тому, що при попаданні струмоведучих частин на корпус ЕП виника однофазне КЗ, що спричиняє миттєве відключення. Для безпечного обслуговування ЦТП буде використовуватися заземлення. Заземлювати слід усі частини ЕО, які в звичайному стані не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею в разі пошкодження ізоляції.

Електропостачання цеху використаємо мережу за системою TN–С

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		43

рис. 1.5.

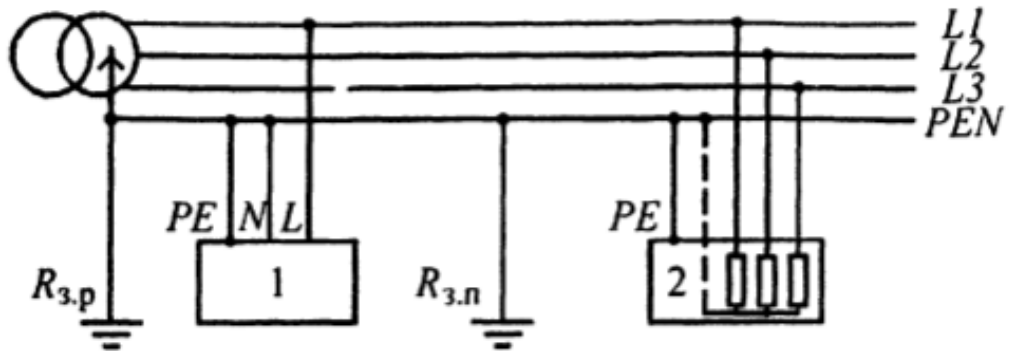


Рисунок 1.5 – Схема мережі за системою TN–С

1 – однофазний ЕП; 2 – трифазний ЕП; $R_{з.р}$ – опір пристрою робочого заземлення;

$R_{з.п}$ – опір повторних заземлювачів.

Нагляд і перевірка мережі заземлення

У більшості випадках причиною ураження людей електричним струмом буває порушення мережі заземлення: обриви проводів, ослаблення болтових з'єднань, порушення контактів та ін. такі порушення пристроїв заземлення та занулення можуть стати джерелом підвищеної небезпеки. При порушення ізоляції небезпечна напруга дотику виникне не лише на пошкодженому обладнанні, але й на всіх елементах конструкцій, які з'єднані з цим обладнанням, і на віддалених від заземлювача або зануленої нейтралі джерела місцях обриву магістралі занулення або нульового провідника. Щоб не уможливити таку небезпеку, слід здійснювати ретельний нагляд за станом елементів ПЗ і їх періодичну перевірку.

Таким чином, надійна робота пристроїв заземлення та занулення забезпечується не лише правильним виконання їх відповідно до вимог ПУЕ, але й правильною експлуатацією з дотриманням усіх норм правил технічної експлуатації (ПТЕ).

Крім того, в установках захисного занулення при прийманні їх в експлуатацію періодично під час експлуатації та після капітальних ремонтів

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		44

або реконструкції мережі проводиться вимір повного опору петлі «фаза-нуль». Цей вимір виконується для визначення струму однофазного КЗ, який має бути достатнім для спрацювання захисту.

Вимір опору петлі «фаза-нуль» здійснюють за допомогою схем на змінному струмі. Існують схеми, які дозволяють виміряти повний опір петлі «фаза-нуль» без вимикання обладнання. Однак цей вимір, як правило, виконують у вихідні дні, коли можливе відключення всієї мережі, яка живиться від одного трансформатора.

Розрахунок цехової трансформаторної підстанції

- 1) мережа 10 кВ працює з ізолюваною нейтраллю;
- 2) на стороні напругою 0,38/0,22 кВ нейтраль є глухо заземленою;

На рис. 1.6 показано конструкцію пристрою заземлення.

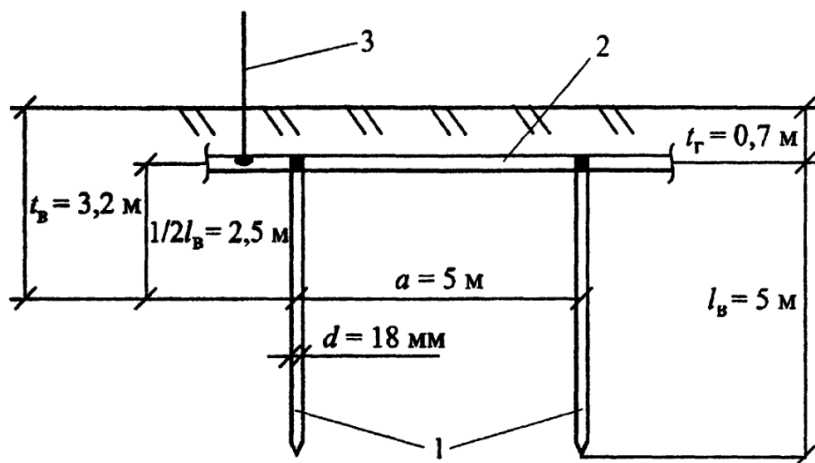


Рисунок 1.6 – Конструкція пристрою заземлення:

1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач; 3 – заземлюючий провідник.

3) При виконанні ПЗ одночасно для заземлення ЕО до і понад 1 кВ приймається опір ПЗ тієї установки, де він є мінімальним. Зі сторони 0,38/0,22 кВ $R_z \leq 4$ Ом. Остаточо приймаємо $R_z.\text{норм} \leq 4$ Ом. [1]

4) Величина питомого опору ґрунту у місці спорудження ПЗ для суглинку $\rho = 100$ Ом·м [2]. Коефіцієнти вертикальної прокладки КВ і горизонта-

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		45

льної прокладки КГ приймаються рівними (КВ=1,3; КГ=2,5; для 3-го кліматичного району) [5].

Питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних електродів визначаються за формулами:

$$\rho_{p.B} = K_B \cdot \rho = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{p.Г} = K_G \cdot \rho = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Визначаємо опір розтікання одного вертикального електрода діаметром $d=18$ мм і довжиною $l_B=5$ м при зануренні на глибину $t_B=0,7$ м визначаємо за формулою:

$$R_{з.В} = \frac{0,366 \rho_{p.B}}{l_B} \left(\lg \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_B + l_B}{4t_B - l_B} \right) =$$

$$= \frac{0,366 \cdot 130}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 27,82 \text{ Ом};$$

6) Наближена кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_{з.В}}{K_{В.В.Е} \cdot R_{з.норм}} = \frac{27,82}{0,47 \cdot 4} = 14,8 \text{ шт};$$

$K_{В.В.Е}=0,47$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування [5].

Приймаємо найбільшу цілу кількість вертикальних заземлювачів $n=15$ шт.

7) Опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталеві смуги шириною $b=40$ мм і висотою $h=4$ мм визначаємо за формулою:

$$R_{з.Г} = \frac{0,366 \rho_{p.Г}}{l_G} \left(\lg \frac{2 \cdot l_G^2}{b t_G} \right) = \frac{0,366 \cdot 250}{5 \cdot 15} \left(\lg \frac{2 \cdot (5 \cdot 15)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} \right) = 6,84 \text{ Ом};$$

8) Згідно з таблиці (Р.5 [5]) при кількості вертикальних заземлювачів у контурі $n=15$ шт і при визначеному відношенні $a/l_B=1$ вибирається коефіцієнт вертикальної смуги $K_{В.Г.Е}=0,3$.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		46

$$R_{з.Г.Е} = \frac{R_{з.Г}}{K_{Б.Г.Е}} = \frac{6,84}{0,3} = 22,8 \text{ Ом};$$

9) Визначемо уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтальної смуги:

$$R_{з.Б.Е} = \frac{R_{з.Г.Е} \cdot R_{з.норм}}{R_{з.Г.Е} - R_{з.норм}} = \frac{22,8 \cdot 4}{22,8 - 4} = 4,85 \text{ Ом};$$

10) Визначемо уточнену кількість вертикальних електродів:

$$n_y = \frac{R_{з.Б}}{K_{Б.Б.Е} R_{з.Б.Е}} = \frac{27,82}{0,5 \cdot 4,85} = 11,5 \text{ шт};$$

Остаточню приймаємо 12 вертикальних електродів.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		47

2 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

В умовах виробництва застосовують природне, штучне або комбіноване освітлення. Природне освітлення зумовлюють прямі сонячні промені й дифузне світло небосхилу. Природне освітлення поділяється на: бокове (одно – або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє – через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення).

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах з високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний в процесі роботи напрямок світла. Для місцевого освітлення робочих місць слід використовувати світильники з непросвічуючими відбивачами [19].

Світильники повинні розташовуватися так, щоб їх елементи, які свіяться, не влучали в поле зору працюючих на освітленому робочому місці і на інших робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Норми освітлення залежать від параметрів, які передбачено роботою. Відстань від очей до предмета праці повинна бути визначена в кожному окремому випадку. Що менше відношення діаметра деталі до відстані від очей, то інтенсивнішим повинно бути освітлення

					MP 3.8.141.535 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Да-	<i>Розрахунок системи електропостачання цеху з металообробки ФОП Єрмаков</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>		<i>Ходун</i>					48	71
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка</i>				СумДУ ЕТ.м-11		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

Варто пам'ятати, що значна частина робочого часу на виробничих підприємствах припадає на темний час доби, коли робота повинна проводитися при штучному освітленні, а також будівель, які позбавлені повністю природного освітлення, або його наявність виявляється недостатньою для роботи впродовж світлового дня без додатково увімкненого електричного освітлення [20].

Нормативні величини освітленості робочих місць для різних видів робіт та відповідних зорових навантажень визначаються за [21,22]. Для роз'яснення зазначимо, що робоча поверхня – головний об'єкт при встановленні регламентованих норм освітлення. Під робочою поверхнею, як об'єкта для нормування рівнів освітленості, розуміють поверхню робочого столу, верстака, частини обладнання, або інструмента, на якій проводиться робота та для якої нормується або на якій вимірюється освітленість.

Із загального обсягу інформації, через зоровий канал людина одержує 80%. Якість інформації, що надходить, залежить від освітлення. Незадовільна кількість або якість не тільки втомлює зір, але й викликає втому організму в цілому. Часте пристосування очей, різкі тіні, освітлення надто яскравим світлом втомлює очі, знижують його захисну реакцію, око втрачає контрастну чутливість і гостроту зору. Збереження зору людини, стан її центральної нервової системи і безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення. Природне і штучне освітлення, в основу нормування виробничого освітлення покладена характеристика здорової роботи, що дозволить забезпечити високу продуктивність праці.

2.1 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

У виробничому приміщенні з розмірами $A \times B = 13 \times 9$ (м) і висотою $H = 4$ (м) робоча поверхня перебуває на висоті $h_p = 0,8$ (м) стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить $h_c = 0,2$ (м). Розрахувати освітлення цеху методом коефіцієнта використання та точковим

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		49

методом, що створює на робочій поверхні нормовану освітленість E . Порівняти отримані результати.

2.1.1 Вихідні дані до розрахунку

1. Тип використовуваних світильників ГСП17В із метало галогеною лампою [20];
2. Коефіцієнт запасу $k = 1,5$;
3. Інші параметри зазначені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для проведення розрахунку

$A \times B, м^2$	$H, м$	$E_{min}, лк$	$\rho_{ст}, \rho_c, \rho_p, \%$
13×9	4	400	70,50,30

2.1.2 Розрахунок освітлювальної системи

Для визначення розміщення світильників необхідно визначити наступні параметри:

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота розрахункової поверхні над підлогою, м (якщо невідомо, приймається висота умовної робочої поверхні 0,8 м);

h_c – відстань від світильника до перекриття, м (приймається в діапазоні 0 – 1,5 м);

h – розрахункова висота від умовної робочої поверхні до світильника, м визначається за формулою (2.1):

$$h = H - h_c - h_p \quad (2.1)$$

де, L – відстань між сусідніми світильниками в ряді або рядами світильників, м;

l – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни, м (приймається (0,3–0,5) L залежно від наявності поблизу стін робочих місць);

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 0,8 - 0,2 = 3 \text{ м}$$

Визначаємо відстань між світильниками в елементарному полі за формулою (2.2):

$$L = \lambda_c \cdot h \quad (2.2)$$

$$L = 2,2 \cdot 3 = 6,6 \text{ м}$$

Задаємо значенням λ , обчислюємо відстань L .

Оскільки, за умовою використаний світильник ГСП17В, тому за технічними параметрами тип світильника М як показано в додатку, тому $\lambda_c = 2,2$.

Знаючи розмір елементарного світлового поля, визначається розміщення світильників у приміщенні з урахуванням «правила третин». Кількість світильників N_A уздовж сторони А:

$$N_A = \frac{A-2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3} = \frac{13}{6,6} + \frac{1}{3} \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість світильників N_B уздовж сторони В:

$$N_B = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3} = \frac{9}{6,6} + \frac{1}{3} \approx 3 \text{ шт.}$$

Загальна кількість світильників у приміщенні:

$$N = N_A \cdot N_B = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.}$$

1.3 Розраховуємо відстань між світильниками

Вздовж сторони А:

$$L_A = \frac{A - 2l_A}{N_A - 1} = \frac{A}{N_A - \frac{1}{3}} = \frac{13}{3 - \frac{1}{3}} = 4,87 \text{ м}$$

$$l_A = \frac{L_A}{3} = \frac{4,87}{3} = 1,63 \text{ м}$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		51

Вздовж сторони В:

$$L_B = \frac{B - 2l_B}{N_B - 1} = \frac{B}{N_B - \frac{1}{3}} = \frac{9}{3 - \frac{1}{3}} = 3,38 \text{ м}$$

$$l_B = \frac{L_B}{3} = \frac{3,38}{3} = 1,13 \text{ м}$$

2.1.3 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання

Цей метод використовується тільки при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь у закритих приміщеннях і враховує освітленість, створену на робочій поверхні прямим і відбитим світловими потоками.

Мета розрахунку: визначення потужності лампи за розрахунковим світловим потоком.

Розраховуємо коефіцієнт використання світлового потоку η за формулою:

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_n$$

де η_c – ККД світильника – 70 % (беремо з технічної характеристики світильника РСП17 з МГЛ);

η_n – ККД приміщення. Він залежить від типу світильника (кривої сили світла), коефіцієнту відбиття стелі ρ_{cm} , стін ρ_c , робочій поверхні приміщення ρ_p і від індексу приміщення i , що враховує співвідношення площі приміщення, його робочої висоти і форми.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{AxB}{h(A+B)} = \frac{13 \cdot 9}{3 \cdot (13+9)} = 1,77$$

Визначаємо з таблиці значення ККД приміщення при $\rho_{cm} = 70$ $\rho_c = 50$, $\rho_p = 10$, $\eta_n = 0,693$ Тоді:

$$\eta = 0,7 \cdot 0,693 = 0,485$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		52

1.5 Визначаємо світловий потік лампи, необхідний для забезпечення заданої освітленості:

$$\Phi_{\text{розр}} = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta} = \frac{400 \cdot 117 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{9 \cdot 0,485} = 18495 \text{ (Лм)}$$

Де $E = E_{\text{min}} \cdot z$ – нормоване значення освітленості;

$$S = A \times B = 13 \times 9 = 117 \text{ м}^2$$

z – коефіцієнт мінімальної освітленості. Значення z для освітлювальних установок, у яких можна не враховувати затемнення устаткуванням робочих місць, залежить від відношення L/h .

k – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітленості в процесі експлуатації в результаті зменшення світлового потоку джерела світла в процесі горіння, зниження ККД світильників у результаті забруднення стін і стелі приміщення.

Розраховавши світловий потік лампи, знаючи її тип, за табл. А.2 вибираємо потужність $P_{\text{л}}$ стандартної лампи так, щоб світловий потік обраної лампи дорівнював або відрізнявся від розрахункового не більше ніж на (-10 - +20 %.)

Обрано лампу типу ДРІ 250.

Відхилення світлового потоку обраної лампи:

$$\delta = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \cdot 100 \% = \frac{19000 - 18495}{19000} = 2,7 \%$$

Загальна встановлену потужність освітлювальної установки:

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_{\text{л}} = 9 \cdot 250 = 2250 \text{ (Вт)}$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		53

2.2 Розрахунок освітлення точковим методом:

Точковий метод заснований на визначенні сумарної дії «найближчих» світильників, що створюють у контрольній точці умовну освітленість Σe . Як і в попередньому випадку визначення кількості та розміщення світильників розраховуємо виходячи з теорії найвигіднішого розміщення світильників і правила «третин».

$$d_{A1} = d_{A2} = d_{A3} = d_{A4} = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4,88}{2}\right)^2 + \left(\frac{3,38}{2}\right)^2} = 2,97 \text{ (м)}$$

$$d_{A5} = d_{A6} = \sqrt{\left(\frac{3 * L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{3 * 4,88}{2}\right)^2 + \left(\frac{3,38}{2}\right)^2} = 7,51 \text{ (м)}$$

Для точки В:

$$d_{B1} = d_{B3} = \frac{L_B}{2} = \frac{3,38}{2} = 1,69 \text{ (м)}$$

$$d_{B2} = d_{B4} = \sqrt{\left(\frac{L_B}{2}\right)^2 + L_A^2} = \sqrt{\left(\frac{3,38}{2}\right)^2 + 4,88^2} = 5,16 \text{ (м)}$$

$$d_{B5} = \sqrt{(2 * L_A)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2} = \sqrt{(2 * 4,88)^2 + \left(\frac{3,38}{2}\right)^2} = 5,07 \text{ (м)}$$

Освітленість в точці B5 становить 3,5 %, що менше 5 %, тому значення точки B5 і наступні не враховуємо.

За допомогою графіка для заданого типу світильника визначаємо значення умовної освітленості $e = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$ у вибраній точці від кожного світильника групи та від всієї групи табл. 2.2.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		54

Таблиця 2.2 – Розрахунок умовної освітленості

Контрольна точка	№ світильника	d , м	α , град	I_{α} , кд	Умовна освітленість e , Лк	
					Від одного світильника	Від групи світильників
А	1, 2, 3,4	4,74	57,67	138,2	5,51	22,04
	5,6	12,01	75,97	109,6	0,62	1,24
	7,8	8,99	71,55	106,6	1,23	2,46
	9	14,23	78,1	110,0	0,40	0,40
						$\sum e_A = 26,15$
В	1,2	1,69	29,39	126,54	9,30	18,60
	3,4	5,16	59,83	105,31	1,49	2,97
	7	5,07	59,39	106,10	1,56	1,56
	-	-	-	-	-	-
						$\sum e_b = 23,13$

З табл. 2.2 показано, що точка з гіршою освітленістю – це точка А. Подальші розрахунки проводимо для неї.

2.3. Дію більш далеких світильників і відбиту складову приблизно врахуємо коефіцієнтом додаткової освітленості μ :

$$\mu = \frac{\eta_p}{\eta_{\text{ч}}}$$

Де, η_p – коефіцієнт використання світлового потоку при фактичних значеннях коефіцієнтів відбиття $\rho_{\text{ст}} \rho_c, \rho_p$.

$\eta_{\text{ч}}$ – коефіцієнт використання світлового потоку при невідбиваючих поверхнях приміщення («чорне приміщення», $\rho_{\text{ст}} = \rho_c = \rho_p = 0$).

За табл. А.1 знаходимо, що $\eta_{\text{ч}} = 0,483$ [1]. Тоді:

$$\mu = \frac{\eta_p}{\eta_{\text{ч}}} = \frac{0,693}{0,429} = 1,615$$

2.4. Розраховуємо необхідний світловий потік лампи:

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{1000 \cdot E \cdot k}{\mu \cdot \sum e_b} = \frac{1000 \cdot 400 \cdot 1,5}{1,615 \cdot 23,13} = 160664 \text{ (Лм)}$$

Розраховавши світловий потік лампи, вибираємо потужність $P_{\text{л}}$ стандартної лампи так, щоб світловий потік обраної лампи дорівнював або відрізнятися від розрахункового не більше, ніж на -10 до +20 % ДРІ 250 ($\Phi_{\text{л}} = 19\,000 \text{ Лм}, P_{\text{л}} = 250 \text{ Вт}$)

$$\delta = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi_{\text{лр}}}{\Phi_{\text{лр}}} \cdot 100 \% = \frac{19\,000 - 16064}{16064} \cdot 100 \% = 18,27\%$$

$$P = N \cdot P_{\text{л}} = 9 \cdot 250 = 2250 \text{ (Вт)}$$

При мінімальній освітленості 400 Лк, $\delta = 20 \%$, що являється допустимим.

2.3 Висновок по розділу

В даному розділі проведено розрахунок кількості світильників для головного промислового приміщення цеху металообробки. Відповідно розрахунку необхідно встановити 9 світильників із лампами типу ДРІ потужністю 250 Вт. При цьому загальна потужність становитиме 2,25 кВт.

Проведено аналіз майбутньої роботи цеху та вимоги до охорони праці. Дані вимоги розповсюджуються на освітлення робочого приміщення, вентиляції та опалення простору. Важливим питання залишається електро технологічна безпека приміщення та вимоги до правильних та безпечних дій працівників під-час нормального та аварійного режимів.

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що обраний найбільш оптимальний і раціональний варіант електропостачання ділянки виробничого цеху.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		56

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок економічного ефекту

Розрахунок економічного ефекту проводиться з використанням світильників різного типу. Для розрахунку даного ефекту необхідно знайти обсяг витрат при впровадженні даних заходів. В даному дослідженні обрано світильники наступних типів: ГСП17В метало галогенною лампою ДРІ700 та LED із світлодіодною лампою потужністю 100-200 Вт. У табл. 3.1 приведені технічні характеристики світильників.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика світильників ГСП17В і LED

Найменування	Тип світильника	
	ГСП17В	LED
Тип лампи	ДРІ 250	LED 110
Потужність, Вт	250	110
Світловий потік, лм	16064	16704
Термін служби, год	15000	100000

Джерела, що перетворюють енергію електричного розряду в газах, парах металу або їхніх сумішах в оптичне випромінювання, називають газорозрядними джерелами. Як газ використовують аргон, пари металів (ртуть, натрій). Газорозрядні джерела класифікують за тиском, за принципом генерування ОВ, за видом розряду. Залежно від тиску суміші аргону із ртуттю в трубці лампи джерела поділяють на:

- лампи низького тиску;
- лампи високого тиску;

					MP 3.8.141.535 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Да-	<i>Розрахунок системи електростачання цеху з металообробки ФОП Єрмаков</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>	<i>Ходун</i>						57	73
<i>Перевір.</i>	<i>Маценко</i>					СумДУ ЕТ.м-11		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Никифоров</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Лебединсь-</i>							

- лампи надвисокого тиску.

Тиск впливає на спектр випромінювання ртуті. При низьких тисках спектр наближається до монохроматичного (80 % випромінювання припадає на довжину хвилі 254 нм). У ламп високого тиску спектр випромінювання лінійчатий, у ламп СВД – наближається до суцільного [20].

За принципом генерування оптичного випромінювання джерела ділять на: електролюмінісцентні; фотолюмінісцентні. Електролюмінесценція – випромінювання, що випускається атомами, молекулами, іонами речовини в результаті збудження їх електричною енергією.

Фотолюмінесценція – випромінювання речовини під впливом енергії оптичного випромінювання, що поглинається ним (при цьому довжина хвилі випромінювання завжди більша довжини оптичного випромінювання, що поглинається). За видом електричного розряду джерела бувають [20]:

- дугового розряду;
- тліючого розряду;
- імпульсного розряду.

Метало галогенні лампи стали випускатися приблизно 40 років тому, будучи спосіб піти від застосування звичайних ламп з вольфрамової ниткою, які були вкрай недовговічні. Почасти, виробникам це вдалося, адже метало галогенні прилади зараз застосовуються в багатьох сферах життя і для освітлення безлічі об'єктів і споруд.

Основні сфери застосування:

1. Для освітлення великих промислових об'єктів, автозаправних станцій тощо;
2. В освітленні вуличних проспектів і скверів;
3. В точкової підсвічуванні різних адміністративних, культурних і архітектурних споруд;
4. В освітленні акваріумів, парників тощо;
5. В освітленні великих спортивних об'єктів, футбольних і хокейних стадіонів тощо;

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		58

6. В освітленні торгових центрів і залів, різних вітрин і рекламних вивісок;

7. У висвітленні різних земельних робіт, котлованів і геологічних розкопок;

8. В кінематографічному середовищі і на телевізійній роботі.

У складі метало галогенних ламп присутні пари ртуті і газу. Між парами ртуті і елементами галогенів відбувається електричний розряд, і лампочка світиться. Світло утворюється і контролюється палаючої дугою, утвореної між парами електродів. В результаті роботи, з'єднання цих елементів розпадаються під дією електричної дуги, утворюючи якусь світлову емісію. [20,23].

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники в якості джерела світла використовують світлодіоди. Світлодіод або світловипромінювальних діод – напівпровідниковий прилад з електронно-дірковий переходом або контактом метал-напівпровідник, що створює оптичне випромінювання при пропущенні через нього електричного струму. При пропущенні електричного струму через р-п перехід в прямому напрямку, носії заряду - електрони і дірки - рекомбінують з випромінюванням фотонів (через перехід електронів з одного енергетичного рівня на інший). Випромінюване світло лежить у вузькому діапазоні спектра, його спектральні характеристики залежать у тому числі від хімічного складу використаних в ньому напівпровідників [20,23].

Вартість всіх світильників, які необхідно встановити, визначається за формулою (3.1):

$$C_{св} = (C_c + C_l \cdot N) \cdot n, грн \quad (3.1)$$

де C_c – ціна одного світильника, грн.;

C_l – ціна однієї лампи, грн.;

N – кількість ламп в світильнику, штук;

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		59

n – кількість світильників, штук.

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників ГСП17В з металгалогеною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 9 штук ціна яких 500 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 100 грн., складає:

$$Ц_{св1} = (500 + 100) \cdot 9 = 5400 \text{ (грн)}$$

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників LED з світлодіодною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 9 штуки ціна яких 3000 грн. складає:

$$Ц_{св2} = (3000) \cdot 9 = 27000 \text{ (грн)}$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік (3.2):

$$K = k \cdot N_{л} \cdot n \cdot N, \text{кВт} / \text{год} \quad (3.2)$$

де k – час напрацювання лампи, год.;

$N_{л}$ – потужність лампи, кВт.

Для ламп час роботи складає 2200 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні світильників НЛ складає:

$$K_1 = 2200 \cdot 0,7 \cdot 9 \cdot 1 = 13860 \text{ (кВт} / \text{год)}$$

При використанні світильників LED:

$$K_2 = 2200 \cdot 0,1 \cdot 22 \cdot 1 = 1980 \text{ (кВт} / \text{год)}$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Вартість споживаної електричної енергії за рік (3.4):

$$C_{EL} = K \cdot C_{el}, \text{грн} \quad (3.3)$$

де $C_{el} = 4,8$ грн/кВт – ціна на електричну енергію.

Для світильників ГСП17В вона складає:

$$C_{EL1} = 13860 \cdot 4,8 = 66528 \text{ (грн)}$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників LED:

$$C_{EL2} = 1980 \cdot 4,8 = 9504 \text{ (грн)}$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників LED (3.5):

$$E_{el} = C_{EL2} - C_{EL1} = 66528 - 9504 = 57024 \text{ (грн)} \quad (3.4)$$

Річні витрати по експлуатації світильників (3.6):

$$C_{експл} = G \cdot C_{л} + C_{EL}, \text{грн} \quad (3.5)$$

де G – витрата ламп, штук.

Для ГСП17В – 9 штук, для LED – 9 штук. Витрати згідно формули (3.6):

- для ламп ГСП17В:

$$C_{експл1} = 5400 + 66528 = 71928 \text{ (грн)}$$

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
						61
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

- для світильників LED:

$$C_{експл2} = 9504 + 27000 = 36504 \text{ (грн)}$$

Річна економія по експлуатації світильників LED ніж при використанні ГСП17В (3.7):

$$E_{експл} = C_{експл2} - C_{експл1} = 71928 - 36504 = 35424 \text{ (грн)} \quad (3.6)$$

Економія при установці освітлювальних приладів (3.8):

$$E_{уст} = C_{уст2} \cdot n_2 - C_{уст1} \cdot n_1 = 122 \cdot 9 - 122 \cdot 9 = 1098 - 1098 = 0 \text{ (грн)} \quad (3.7)$$

де $C_{уст}$ – ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу ГСП17В становить 122 гривні, а LED – 122 гривні.

Загальна економія підприємства (3.9):

$$E = E_{експл} + E_{уст} = 35424 + (-0) = 35424 \text{ (грн)} \quad (3.8)$$

3.2 Висновок

Питання ефективності освітленості приміщень, а також мінімізація витрат на обслуговування та терміну окупності є актуальною темою на сьогоднішній день. Згідно розрахунків економія підприємства від використання світильників LED в порівнянні зі світильниками ГСП17В становить 61674 гривні. Для точності розрахунків, необхідно врахувати значну економію, пов'язану зі терміном роботи світлодіодної лампи. Для повноти оцінки витрат, необхідно враховувати затрати пов'язані з більшою частою заміною як ламп ДРЛ, що перегоріли, так і дроселів або ПРА, що вийшли з ладу.

					MP 3.8.141.535 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		62

ВИСНОВОК

Отже, у даній магістерській роботі було виконано розрахунок цехової електричної мережі, вибрано трансформатор для живлення цеху промислового підприємства. Розраховано та вибрано пристрої для захисту електричної мережі та працівників підприємства.

Для визначення енергетичного центру цеху було визначено розрахункові потужності споживачів. Це дало можливість визначити потужність та місце встановлення ТП.

Розрахунок струмів короткого замикання був виконаний для вибору провідників цехової електричної мережі та вибору пристроїв захисту (автоматів). Також даний розрахунок показав, що використані автоматичні вимикачі забезпечують безпечне використання верстатів працівниками.

В розділі охорона праці було розраховано мінімальну кількість світильників для комфортної роботи працівників.

В економічній частині було розраховано вартість освітлювальної мережі та підтверджено економічну доцільність вибору світильників.

					<i>MP 3.8.141.535 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Да-</i>		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування зварювальних цехів» для студентів спеціальності 7.05050401 - «Технології та устаткування зварювання» / Укладачі В.В. Перемітько, Б.О. Усенко – Дніпродзержинськ: ДДТУ 2013. – 163 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2006. – 163 с.
3. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2007. – 280 с.
4. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грінчаненко та ін. - К.: Аграрна освіта, 2014. -506 с.
5. Трансформаторы силовые типа ТМ, описание, характеристики, купить, продажа, заказать (Киев, Украина) [Electronic resource]. URL: [//cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html](http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html) (accessed: 28.11.2021).
6. Трансформатори силові масляні типу ТМ [Electronic resource] // Трансформатор сервис. URL: <http://transf.com.ua/ua/russkij-produktsiya/russkij-transformatory-silovye-maslyanye/transformatori-silovi-maslyani-tipu-tm/> (accessed: 28.11.2021).
7. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с. – Бібліогр. : с. 450-452.
8. Комплектна конденсаторна установка АКУ, КРМ, УКМ 58 0.4 (0.38) кВ. Виробництво і продаж з цінами в Харкові і Україні [Electronic resource]. URL: <https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoe-oborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04> (accessed: 28.11.2021).

					<i>MP 3.8.141.535 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		64

9. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
10. Конспект лекцій з дисципліни “Електропостачання промислових підприємств” для студентів напряму 6.050701 – електротехніка і електро-технології, 6.050702 - електромеханіка / Укладачі Є.Д.Хмельницький, О.О.Крупник — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2015, 125 с.(Частина 1).
11. Електротехніка та світлотехніка, електротехніка | E.NEXT [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/> (accessed: 02.12.2021).
12. Шкафные автоматические выключатели UKM серии S INDUSTRIAL. Купить в Украине | www.enext.ua [Electronic resource]. URL: <https://enext.ua/uk/catalog/vyklyuchateli-serii-e-industrial-ukm-s/> (accessed: 02.12.2021).
13. Василега, П.О. Электропостачання [Текст]: підручник / П.О. Василега. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
14. Гуменюк О.Л. Методичні вказівки до проведення розрахунків з розділу ОП в ДП для студентів ОКР бакалавр спеціаліст магістр галузей знань інформатика та обчислювальна техніка менеджмент і адміністрування - Розрахунок захисного заземлення [Electronic resource]. URL: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/rozrah_rozd_OP_DP_bak_spec_mag/90.html (accessed: 23.11.2021).
15. Практична робота №4. Розрахунок захисного заземлення [Electronic resource]. URL: http://ohorona-praci.ucoz.ua/OPVG/Prakt/praktichna_robota-4.pdf (accessed: 25.11.2021).
16. Система заземления TN-C: схема, описание, недостатки [Electronic resource]. URL: <https://samelectrik.ru/sistema-zazemleniya-tn-c.html> (accessed: 02.12.2021).
17. Вимірювання опору петлі фаза нуль - Електролабораторія [Electronic resource]. URL: <https://lab.uis.zp.ua/product/vimiryuvannya-petli-faza-nul/> (accessed: 02.12.2021).

					<i>MP 3.8.141.535 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		65

18. ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ПЕТЛІ «ФАЗА-НУЛЬ» [Electronic resource]. URL: <https://eko.if.ua/uk/content/12-vimiryuvannya-oporu-petli-faza-nul> (accessed: 02.12.2021).

19. Про освітлення виробничих приміщень [Electronic resource] // Охорона праці і пожежна безпека. 2016. URL: <https://oppb.com.ua/news/pro-osvitlennya-vyrobnychyh-prymishchen> (accessed: 20.12.2021).

20. Василега, П.О. Електротехнологічні установки [Текст] : навч. посіб. / П.О. Василега. - Суми : СумДУ, 2010. - 548 с. + Гриф МОН.

21. Методичні вказівки до виконання практичних занять з кусу «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 30 с.

22. Салтиков В. О. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок: конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В. О. Салтиков, В. М. Поліщук, О. Ю. Коляда ; Харків. нац. унів. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 95 с.

23. Петровський М.В. Електроосвітлення: конспект лекцій для студ. спец. 7.050701 “Електротехнічні системи електроспоживання” всіх форм навчання / М.В. Петровський. - Суми: СумДУ, 2012. - 227 с.

					<i>MP 3.8.141.535 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		66

