

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

Робота допущена до захисту  
Зав. кафедрою електроенергетики  
\_\_\_\_\_ І.Л. Лебединський  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
МАГІСТРА**

**тема «Розробка системи електропостачання цеху обробки корпус-  
них деталей»**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав студент гр. ЕТм-91	_____ Захарченко В. В.
Керівник, к.т.н.	_____ Лебедка С. М.
Консультант	
з економічної частини к.е.н., доц.	_____ Маценко О. М.
Нормоконтроль	_____ Никифоров М.А.

## Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

І.Л. Лебединський

“ ” 2020 р.

### ЗАВДАННЯ

#### на кваліфікаційну роботу магістра

1. Тема кваліфікаційної роботи «Розробка системи електропостачання цеху обробки корпусних деталей»

затверджено наказом по університету № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_ .2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для проектування системи електропостачання є генеральний план приміщень з вказанням місць розташування основних електроприймачів; перелік електроприймачів з вказанням їхньої потужності та кількості.

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

– Вступ;

– Аналіз об'єкту проектування;

– Розрахунок електричних навантажень, вибір силової, компенсуючої, комутаційної та захисної апаратури;

– Розрахунок освітлення приміщень цеху;

– Розрахунок короткого замикання, засобів грозозахисту та заземлення;

– Охорона праці та електробезпека;

– Економічна частина;

– Висновки;

– Використана література.

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

– План цеху обробки корпусних деталей;

– План електричного освітлення;

– План силової мережі цеху обробки корпусних деталей;

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	Маценко О.М.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник проекту \_\_\_\_\_  
(підпис)

Задання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз об'єкту проектування	01.10.2020
2	Розрахункова частина	01.10.2020
3	Охорона праці на підприємстві	15.10.2020
4	Розрахунок економічної частини	30.10.2020
5	Оформлення пояснювальної записки	15.11.2020

Студент-дипломник \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник проекту \_\_\_\_\_  
(підпис)

## Реферат

90 сторінки, 10 рисунків, 23 таблиць, 16 джерел.

**Бібліографічний опис:** Захарченко В.В. Розробка системи електропостачання цеху обробки корпусних деталей [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістр; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.В. Захарченко; керівник Лебедка С.М. – Суми: СумДУ, 2020 – 90 с.

**Ключові слова:** електропостачання цеху обробки корпусних деталей, трансформатори, компенсуючий пристрій, кабельна лінія, освітлення.

**Короткий огляд** - У кваліфікаційній роботі на тему: «Розробка системи електропостачання цеху обробки корпусних деталей» розраховані параметри електрообладнання, на основі яких і вимог до технологічного процесу обрані компенсуючі, комутаційні та захисні пристрої та апарати, кабельні лінії, силові та вимірювальні трансформатори.

Особливу увагу при дипломному проектуванні було приділено питанням охорони праці та техніки безпеки. Для службового персоналу даного цеху пред'являються високі вимоги щодо дотримання правил техніки безпеки під час виконання будь-яких робіт з електроустановками цеху.

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

ВН – висока напруга;

НН – низька напруга;

ЛЕП – лінія електропередачі;

РПНН – розподільчий пункт низької напруги;

АВР – автоматичний ввід резерву;

СП – силовий пункт;

КП – компенсуючий пристрій;

ТП – трансформаторна підстанція;

КЗ – коротке замикання;

ГПП – головна понижуюча підстанція;

ТС – трансформатор струму;

ТН – трансформатор напруги;

ЗП – заземлюючий пристрій;

ПВ – тривалість ввімкнення;

АД – асинхронний двигун;

ППР – планово попереджувальний ремонт;

ФОП – фонд оплати праці.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						6
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

## Зміст

Вступ.....	8
1. Аналіз об'єкту проектування.....	10
1.1 Аналіз електричних навантажень. Вибір схеми силової мережі і місця установки силових розподільних пунктів .....	11
1.2 Розрахунок електричних навантажень.....	13
2. Розрахункова частина .....	21
2.1 Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності.....	21
2.2 Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції.....	24
2.3 Розрахунок розподільчої електричної мережі.....	28
2.4 Розрахунок освітлювальної мережі.....	31
2.5 Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури.....	37
2.6 Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми..	46
2.7 Перевірка елементів цехової мережі за струмами короткого замикання..	53
3. Охорона праці та електробезпека.....	56
3.1 Законодавча база з охорони праці на проектній ділянці.....	56
3.2 Заходи та технічні засоби електробезпеки в цеху.....	57
3.3 Вимоги безпеки, яких повинні дотримуватись працівники.....	58
3.4. Протипожежна безпека.....	63
3.5 Розрахунок заземлення та грозозахисту.....	66
4. Економічна частина.....	73
Висновок .....	87
Список літератури.....	89

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>					<b>Зміст</b>		
<i>Перевір.</i>							
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	Лебединський						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
					7	90	
					<i>СумДУ</i>		

## Вступ

Питання, пов'язані з електропостачанням, завжди залишатимуться актуальними. Лише за умови надійного забезпечення якісною електроенергією можливе стабільне функціонування промисловості, сільського господарства, транспорту, комунального господарства та й усіх інших сфер життєдіяльності суспільства.

Однією з ознак сьогодення є не лише зростанням попиту на електроенергію, але й підвищення вимог до її якості, надійності електропостачання, забезпечення більш дієвих заходів безпеки та ін. відповідно до цього змінюються і нормативні документи, що встановлюють правила обладнання і технічної експлуатації окремих електричних апаратів, електроустановок, мереж та систем у цілому. Удосконалюються методики розрахунку вибору як окремих електричних апаратів, так і електронних комплексів. На протязі останніх років розроблена та успішно впроваджена велика кількість принципово нових електротехнічних пристроїв та схемних рішень.

Системою електропостачання називають сукупність електроустановок, призначених для забезпечення споживачів електричною енергією.

У свою чергу під електроустановками розуміють сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного обладнання (разом із спорудами та приміщеннями в яких вони встановлені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії та перетворення її в інші види енергії.

Збільшення енергоємності промислових підприємств, різноманітність вимог до електропостачання залежно від характеру технологічного процесу та розвитку нової техніки в галузі електропостачання значно ускладнили розрахунки, пов'язані з проектуванням і експлуатацією систем електропостачання. Так як у сучасному світі відомо багато різнотипних джерел електроенергії виникає необхідність обрання найбільш оптимального для чітко окресленого напряму розвитку підприємств та міст.

Сукупність електричних станцій, ліній електропередачі, підстанцій теплових мереж і приймачів, об'єданих загальним і безперервним процесом виробітку, перетворення, розподілу теплової і електричної енергії називається енергетичною

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						8
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

системою. Електричні мережі поділяються по наступних ознаках:

1 Напруга мережі. Мережі можуть бути напругою до 1 кВ (низковольтними або низької напруги (НН)), і вище за 1 кВ (високовольтними або високої напруги).

2 Рід струму. Мережі можуть бути постійного і змінного струму. Електричні мережі виконуються в основному за системою трифазного змінного струму, що є найбільш доцільним, оскільки при цьому може проводитися трансформація електроенергії.

3 Призначення. По характеру споживачів і від призначення території, на якій вони знаходяться, розрізняють: мережі в містах, мережі промислових підприємств, мережі електричного транспорту, мережі в сільській місцевості.

Крім того, є районні мережі, мережі міжсистемних зв'язків і інше.

У сучасних умовах головними задачами фахівців що здійснюють проектування і експлуатацію сучасних систем енергопостачання промислових підприємств, є правильне визначення електричних навантажень, раціональна передача і розподіл електроенергії, забезпечення певної міри надійності електропостачання, економія електроенергії і інших матеріальних ресурсів..

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						9
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		



## 1. Аналіз об'єкту проектування

Цех механічної і антикорозійної обробки деталей призначений для механічної і антикорозійної обробки виробів. Він містить верстатне відділення, гальванічний і зварювальний дільниці. Крім того, є допоміжні, побутові і службові приміщення.

Цех отримує ЕП від ГПП. Відстань від ГПП до ТП - 0,8 км, а від енергосистеми до ГПП - 16 км.

Низька напруга на ГПП - 6 і 10 кВ. Кількість робочих змін - 2. Споживачі цеху відносяться до 2 і 3 категорії надійності.

Ґрунт в районі цеху - суглинок при температурі +50С. Каркас будівлі цеху змонтований з блоків-секцій довжиною 8 м кожний.

Розміри цеху

$$A \times B \times H = 48 \times 30 \times 8 \text{ м}$$

Всі приміщення, крім верстатного відділення, двоповерхові висотою 3,6 м. Перелік основного обладнання показаний в таблиці 1.

Потужність електроспоживання ( $P_{en}$ ) вказана для одного електроприймача.

По вибухонебезпеці – ділянка гальванічна і зварювальна класифікується як вибухонебезпечна зона класу 21, згідно ПУЕ, це приміщення, у якому під час роботи ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Таблиця 1 – Перелік основного обладнання цеху

№ на плані	Назва ЕО	$P_{en}$ , кВт	Примітка
1...4	Зварювальні апарати	48	ПВ= 60%

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<b>Аналіз об'єкту проектування</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>							10	90
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	Лебединський							

Продовження таблиці 1

№ на плані	Назва ЕО	$P_{ен}$ , кВт	Примітка
5...9	Гальванічні ванни	30	
10,11	Вентилятори	12	
12,13	Повздовжньо-фрезерні верстати	28	
14,15	Горизонтально-розточні верстати	12,5	
16,24,25	Агрегатно-розточні верстати	12	
17,18	Плоскошліфувальні верстати	14	
19...23	Крани консольні поворотні	9,5	ПВ= 25%
26	Токарно-шліфувальний верстат	8,2	
27...30	Радіально-свердлильні верстати	4,8	
31,32	Алмазно-розточні верстати	7	

**1.1 Аналіз електричних навантажень. Вибір схеми силової мережі і місця установки силових розподільних пунктів**

Схеми електропостачання промислових підприємств повинні розроблятися з урахуванням наступних основних принципів:

- 1) джерела живлення повинні бути максимально наближені до споживачів електричної енергії;
- 2) число рівнів трансформації і розподіли електричної енергії на кожному напрузі повинне бути по можливості мінімальним;
- 3) схеми електропостачання і електричних з'єднань підстанцій повинні забезпечувати необхідні надійність електропостачання і рівень резервування;
- 4) розподіл електроенергії рекомендується здійснювати по магістральних схемах живлення.

Вимоги, що пред'являються до надійності електропостачання від джерел живлення, визначаються споживаною потужністю об'єкта і його видом. Приймачі електричної енергії щодо забезпечення надійності електропостачання поділяються на кілька категорій.

Споживачі цеху обробки корпусних деталей відносяться до 2 і 3 категорії надійності.

Електроприймачі II категорії - електроприймачі, перерва в електропостачанні яких призводить до масового недовідпуск продукції, масовим простоїв робочих, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів. Допустимий інтервал тривалості порушення електропостачання для електроприймачів другої категорії не більше 30 хв.

Допускається живлення електроприймачів II категорії по одній ПЛ, в тому числі з кабельної вставкою, якщо забезпечена можливість проведення аварійного ремонту цієї лінії за час не більше 1 доби. Кабельні вставки цієї лінії повинні виконуватися двома кабелями, кожен з яких вибирається по найбільшому тривалого струму ВЛ. Допускається живлення електроприймачів II категорії по одній кабельній лінії, що складається не менше ніж з двох кабелів, приєднаних до одного спільного апарату.

При наявності централізованого резерву трансформаторів та можливості заміни пошкодив трансформатора за час не більше однієї доби допускається живлення електроприймачів II категорії від одного трансформатора.

Для електроприймачів II категорії при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі перерви електропостачання на час, необхідний для включення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади.

Згідно ПУЕ, електроприймачі II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних, взаємно резервують джерел живлення.

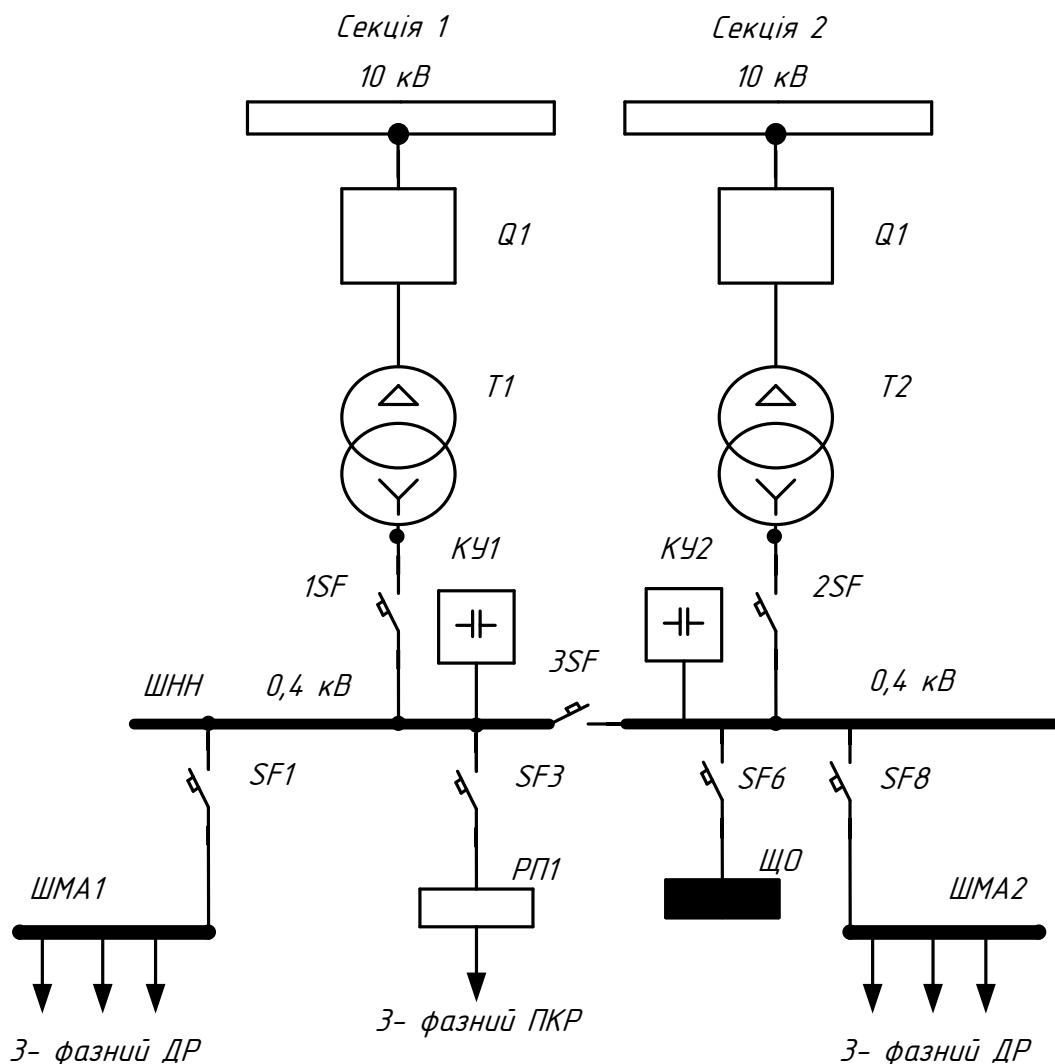
Електроприймачі III категорії - всі інші електроприймачі, що не підходять під визначення I і II категорій.

Для електроприймачів III категорії електропостачання може виконуватися від одного джерела живлення за умови, що перерви електропостачання, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання не перевищують 1 доби. Прикладом електроприймачів другої категорії в промислових

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						12
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

установках є приймачі прокатних цехів, основних цехів машинобудування, текстильної та целюлозно-паперовій промисловості. Школи, дитячі установи та житлові будинки до п'яти поверхів і т.п. зазвичай відносять до приймачів другої категорії.

Третя категорія - всі інші електроприймачі, що не підходять під визначення першої та другої категорій. До цієї категорії відносяться установки допоміжного виробництва, склади невідповідального призначення.



Малюнок 1 – Схема електропостачання цеху

## 1.2 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок електричних навантажень проводимо для всього обладнання яке знаходиться в цеху. Електроприймачі наведені в таблиці 1, а їх технічні характеристики в таблиці 1.2.

					MP 3.8.141.507 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики електроприймачів

№ Елек- троп- риймачів	Назва електроприймачів	$P_n$ , кВт	$n$	$K_n$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Трифазний ДР						
5...9	Гальванічні ванни	30	5	0,75	0,95	0,33
10,11	Вентилятори	12	2	0,6	0,8	0,75
12,13	Повздовжньо-фрезерні верстати	28	2	0,14	0,5	1,73
14,15	Горизонтально-розточні верстати	12,5	2	0,14	0,5	1,73
16,24,25	Агрегатно-розточні верстати	12	3	0,16	0,6	1,33
17,18	Плоскошліфувальні верстати	14	2	0,14	0,5	1,73
26	Токарно-шліфувальний верстат	8,2	1	0,14	0,5	1,73
27...30	Радіально-свердлильні верстати	4,8	4	0,14	0,5	1,73
31,32	Алмазно-розточні верстати	7	2	0,17	0,65	1,17
Трифазні ПКР						
1...4	Зварювальні апарати, ПВ=60%	48	4	0,2	0,6	1,33
19...23	Крани консольні поворотні, ПВ=25%	9,5	5	0,1	0,5	1,73

Навантаження 3-фазного ПКР наводяться до тривалого режиму, дані для розрахунку беремо з таблиці 1.2:

Визначимо номінальну потужність для приймачів повторно-короткочасного режиму (ПКР), останню визначають по паспортній потужності шляхом приведення її до тривалого режиму роботи (ПВ = 1) відповідно до формули:

$$P_{ном} = P \cdot \sqrt{ПВ}.$$

Визначаємо номінальну потужність для електроприймачів №1...4 Зварювальних апаратів (ПВ=60%)

$$P_n = S_{II} \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{ПВ} = 48 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{0,6} = 22,3(\text{кВт})$$

Визначаємо номінальну потужність для електроприймачів №19...23 Кранів

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						14
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

консольних поворотних (ПВ=25%)

$$P_{ном} = 9,5 \cdot \sqrt{0,25} = 4,75(\text{кВт})$$

Визначається методом питомої потужності навантаження ОУ:

$$P_{OY} = S \cdot P_{y0}$$

$$S = 30 \cdot 48 = 1440(\text{м}^2)$$

Тоді  $P_{OY} = S \cdot P_{y0} = 10 \cdot 1440 \cdot 10^{-3} = 14,4(\text{кВт})$

Розрахунок для РП1:

Для кожної групи однорідних електроприймачів визначаємо середнє активне навантаження за найбільш завантажену зміну  $P_{CM}$ , кВт за формулою:

$$P_{cm} = K_n \cdot P_n$$

де  $K_n$  – коефіцієнт використання;

$P_n$  – встановлена потужність, кВт.

та реактивне навантаження  $Q_{CM}$ , кВар за формулою:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \text{tg} \varphi$$

$$P_{cm} = K_n \cdot P_n = 0,2 \cdot 89,2 = 17,84(\text{кВт})$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \text{tg} \varphi = 17,84 \cdot 1,33 = 23,7(\text{кВАр})$$

Також за формулою визначаємо повне середнє активне навантаження :

$$S_{cm} = \sqrt{P_{cm}^2 + Q_{cm}^2}$$

$$S_{cm} = \sqrt{P_{cm}^2 + Q_{cm}^2} = \sqrt{17,84^2 + 23,7^2} = 29,7(\text{кВА})$$

Визначаємо максимальне розрахункове навантаження вузла  $P_M$ , кВт, за формулою:

$$P_M = P_{cm} \cdot K_M$$

та розрахункове реактивне навантаження  $Q_M$ , кВАр , за формулою:

$$Q_M = Q_{cm} \cdot K_M^1$$

Визначаємо повну потужність споживачів  $S_M$ , кВА, за формулою:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$$

де,  $P_M$  та  $Q_M$  – розрахункові потужності споживачів; кВт

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		15

Визначаємо струм на РП, за формулою, та заносимо дані до таблиці 1.3;

$$I_{M(РП1)} = \frac{S_{M(РП1)}}{\sqrt{3}U_{л}} = \frac{29,7}{1,73 \cdot 0,38} = 45,18A$$

Розрахунок для кранів консольних поворотних, ПВ=25%

$$P_{см} = K_n \cdot P_n = 0,1 \cdot 23,75 = 2,38(кВт)$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2,38 \cdot 1,73 = 4,12(кВАр)$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2} = \sqrt{2,38^2 + 4,12^2} = 4,76(кВА)$$

$$I_{M(РП1)} = \frac{S_{M(РП1)}}{\sqrt{3}U_{л}} = \frac{4,76}{1,73 \cdot 0,38} = 7,24A$$

Розрахунок для ШМА1, проводимо аналогічно.

Розраховуємо ефективне число споживачів цеху. Розраховуємо коефіцієнт  $m$ , за формулою:

$$m = \frac{P_{НБ}}{P_{НМ}} = \frac{90}{7} = 12,86$$

де  $P_{НБ}$  – номінальна потужність найпотужнішого споживача, кВт;

$P_{НМ}$  – номінальна потужність найменш потужного споживача, кВт

$$P_{см} = K_n \cdot P_n$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}$$

Результати заносимо до таблиці 1.3.

Визначаємо ефективне число споживачів цеху  $n_{еф}$ , шт. за формулою:

$$n_{еф} = 2 \cdot \sum P_H / P_{НБ} = 2 \cdot 185,1 / 90 = 4,11 \approx 4 \text{ шт}$$

де  $\sum P_H$  – сума номінальних потужностей всіх споживачів, кВт.

Виходячи зі значень  $K_{н.ср}$  та  $n_{еф}$ , визначаємо коефіцієнт максимуму –  $K_M = 1,75$ .

Визначаємо максимальне розрахункове навантаження вузла  $P_M$ , кВт, за формулою:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		16

$$P_M = P_{CM} \cdot K_M$$

та розрахункове реактивне навантаження  $Q_M$ , кВАр , за формулою:

$$Q_M = Q_{CM} \cdot K_M$$

Визначаємо повну потужність споживачів  $S_M$ , кВА, за формулою:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$$

де  $P_M$  та  $Q_M$  – розрахункові потужності споживачів

Визначаємо струм при максимальних навантаженнях для ШМА1:

$$I_{M(ШМА1)} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{л}} = \frac{160,48}{1,73 \cdot 0,38} = 244,1 \text{ л(А)}$$

Розрахунок для ШМА2:

Розраховуємо коефіцієнт  $m$ , за формулою:

$$m = \frac{P_{НБ}}{P_{НМ}} = \frac{60}{7} = 8,57$$

Також розраховуємо активну, реактивну та повну потужність за формулами:

$$P_{CM} = K_H \cdot P_H$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \text{tg} \varphi$$

$$S_{CM} = \sqrt{P_{CM}^2 + Q_{CM}^2}$$

Результати заносимо до таблиці 1.3

Визначаємо ефективне число споживачів цеху  $n_{\text{еф}}$ , шт. за формулою:

$$n_{\text{еф}} = 2 \cdot \sum P_H / P_{НБ} = 2 \cdot 175,3 / 60 \approx 5 \text{ шт}$$

Виходячи зі значень  $K_{H,CP}$  та  $n_{\text{еф}}$ , визначаємо коефіцієнт максимуму –  
 $K_M = 1,85$ .

Визначаємо максимальне розрахункове навантаження вузла  $P_M$ , кВт, за формулою:

$$P_M = P_{CM} \cdot K_M$$

та розрахункове реактивне навантаження  $Q_M$ , кВАр , за формулою:

$$Q_M = Q_{CM} \cdot K_M$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						17
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		



Визначаємо повну потужність споживачів  $S_M$ , кВА, за формулою:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}$$

де  $P_M$  та  $Q_M$  – розрахункові потужності споживачів

Визначаємо струм при максимальних навантаженнях для ШМА1:

$$I_{M(ШМА2)} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_n} = \frac{133,8}{1,73 \cdot 0,38} = 204(A)$$

Аналогічно проводимо розрахунок для ЩО та заносимо дані розрахунку в таблицю 1.3.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		18

Таблиця 1.3 – Розрахунок навантажень по цеху

Найменування РП і ЕП	Установлене навантаження						Навантаження середнє за зміну					Максимальне навантаження			
	$P_H$ , кВт	$n$	$P_{HV}$ , кВт	$K_H$	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{см}$ , кВт	$Q_{см}$ , кВар	$S_{см}$ , кВА	$\eta_e$	$P_M$ , кВт	$Q_M$ , кВар	$S_M$ , кВА	$I_M$ , А	
<b>РП 1</b>															
Зварювальні апарати, ПВ=60%	22,3	4	89,2	0,2	0,6	1,33	17,84	23,7	29,7		17,84	23,7	29,7	45,18	
Крани консольні поворотні, ПВ=25%	4,75	5	23,75	0,1	0,5	1,73	2,38	4,12	4,76		2,38	4,12	4,76	7,24	
Всього по РП1			112,95	0,18	0,59	1,38	20,22	27,82	34,39		20,22	27,82	34,39	52,42	
<b>ШМА1</b>															
Гальванічні ванни	30	3	90	0,75	0,95	0,33	67,5	22,28	71,1						
Вентилятори	12	1	12	0,6	0,8	0,75	7,2	5,4	9						
Повздовжньо-фрезерні верстати	28	1	28	0,14	0,5	1,73	3,92	6,78	7,83						
Горизонтально-розточні верстати	12,5	1	12,5	0,14	0,5	1,73	1,75	3,03	3,5						
Агрегатно-розточні верстати	12	1	12	0,16	0,6	1,33	1,92	2,55	3,19						
Плоскошліфувальні верстати	14	1	14	0,14	0,5	1,73	1,96	3,39	3,92						
Радіально-свердлильні верстати	4,8	2	9,6	0,14	0,5	1,73	1,34	2,33	2,69						
Алмазно-розточні верстати	7	1	7	0,17	0,65	1,17	1,19	1,39	1,83						
Всього по ШМА1		11	182,1	0,47	0,84	0,54	86,78	47,15	98,8	4	151,87	57,87	160,48	244,11	

$m > 3$ ,  $K_M = 1,75$

МР 3 8 141 507 ПЗ

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	Арк 19
-----	-----	-------------	--------	------	-----------

Продовження таблиці 1.3

Наименование РП и ЕП	Установлене навантаження						Навантаження середнє за зміну				Максимальне навантаження			
	$P_H$ , кВт	$n$	$P_{HV}$ , кВт	$K_H$	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{см}$ , кВт	$Q_{см}$ , кВар	$S_{см}$ , кВА	$\eta_e$	$P_M$ , кВт	$Q_M$ , кВар	$S_M$ , кВА	$I_M, A$
ШМА2														
Гальванічні ванни	30	2	60	0,75	0,95	0,33	45	14,85	47,39		17,84	23,7	29,7	45,18
Вентилятори	12	1	12	0,6	0,8	0,75	7,2	5,4	9		2,38	4,12	4,76	7,24
Повздовжньо-фрезерні верстати	28	1	28	0,14	0,5	1,73	3,92	6,78	7,83		20,22	27,82	34,39	52,42
Горизонтально-розточні верстати	12,5	1	12,5	0,14	0,5	1,73	1,75	3,03	3,5					
Агрегатно-розточні верстати	12	2	24	0,16	0,6	1,33	3,84	5,11	6,39					
Плоскошліфувальні верстати	14	1	14	0,14	0,5	1,73	1,86	3,39	3,92					
Токарно-шліфувальний верстат	8,2	1	8,2	0,14	0,5	1,73	1,14	1,99	2,3					
Радіально-свердлильні верстати	4,8	2	9,6	0,14	0,5	1,73	1,34	2,33	2,69					
Алмазно-розточні верстати	7	1	7	0,17	0,65	1,17	1,19	1,39	1,83					
Всього по ШМА2		12	175,3	0,38	0,79	0,66	67,35	44,27	80,6	5	124,6	48,7	133,8	204
ЩО ОУ с ГРЛ			14,4	0,85	0,95	0,33	12,24	4,04	12,89		12,24	4,04	12,89	19,6
Всього на ШНН							186,6	123,3	223,7		308,9	132,43	336	

MP 3 8 141 507 ПЗ

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	Арк 20
-----	-----	-------------	--------	------	-----------

## 2. Розрахункова частина

### 2.1 Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності

На електричних станціях генератори електричної енергії виробляють одночасно активну і реактивну потужності, що передаються по електричній мережі споживачам. Одна частина споживачів-електроприймачів для своєї роботи споживає з мережі чисто активну потужність (електричні лампи розжарювання, нагрівальні прилади, печі опору і т. д.). Інша їх частина, з наявністю в ланцюзі індуктивного опору, в процесі роботи споживає не тільки активну, а й реактивну потужність, необхідну для створення електромагнітних полів (електродвигуни, зварювальні та силові трансформатори і т. д.), У цих електроприймачів струм відстає від прикладеної напруги на деякий кут  $\varphi$ , званий кутом зсуву фаз. Косинус цього кута ( $\cos \varphi$ ) називають коефіцієнтом потужності ланцюга.

Заходи по зменшенню споживання реактивної потужності електроприймачами.

Найбільшими споживачами реактивної потужності є асинхронні електродвигуни, зварювальні та силові трансформатори, індукційні печі, газорозрядні лампи тощо. Приблизно близько 65% від загального балансу реактивної потужності, споживаної промисловими підприємствами від енергосистем, доводиться на асинхронні електродвигуни, 20% - на трансформатори.

Між значенням реактивної потужності, що виробляється генераторами електричних станцій, включених в систему, і значенням реактивної потужності, споживаної споживачами, повинен існувати баланс. Порушення цього балансу за рахунок збільшеного споживання реактивної потужності призводить до негативних наслідків. Тому дуже важливим завданням є різке зниження споживання реактивної потужності, особливо в години максимальних навантажень системи і споживача.

Зниження споживання реактивної потужності здійснюють двома способами - природним і штучним (за допомогою пристроїв, що компенсують КУ).

Для зниження споживання реактивної потужності електроприймачами при-

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		21

родним шляхом використовується група заходів, до числа яких відносяться наступні:

- впорядкування технологічного процесу, що веде до поліпшення енергетичного режиму обладнання;
- заміна малозавантажених двигунів двигунами меншої потужності;
- зниження напруги у двигунів, систематично працюють з малим завантаженням;
- обмеження тривалості холостого ходу двигунів;
- застосування синхронних двигунів замість асинхронних тієї ж потужності в випадках, коли це можливо за умовами технологічного процесу;
- підвищення якості ремонту двигунів;
- заміна і перестановка малозавантажених трансформаторів;
- відключення частини трансформаторів в періоди зниження їх навантаження (в нічний час).

Розрахункову реактивну потужність компенсуючого пристрою можна визначити з співвідношення:

$$Q_{k.p.} = \alpha P_M (tg\alpha - tg\varphi_k)$$

Де  $Q_{k.p.}$  розрахункова потужність КП, кВАр;

$P_M$  – максимальне активне навантаження, кВт;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує підвищення  $\cos \varphi$  природним способом, приймається  $\alpha = 0,9$ ;

$tg \alpha, tg \varphi_k$  — коефіцієнти реактивної потужності до і після компенсації;

Компенсацію реактивної потужності з досвіду експлуатації виробляють до отримання значення  $\cos \varphi_k = 0,92...0,95$ .

Таблиця 2.1 – Параметри обраного компенсуючого пристрою

Параметр	$\cos\varphi$	$tg\varphi$	$P_M$ , кВт	$Q_M$ , кВАр	$S_M$ , кВА
Всього на НН без КП	0,83	0,66	308,9	132,43	336

Приймаємо  $\cos\varphi=0,95$ , тоді  $tg \varphi_k=0,33$

$$Q_{к.р.} = \alpha P_M (tg \alpha - tg \varphi_k) = 0,9 \cdot 308,9(0,66 - 0,33) = 91,74 \text{квар}$$

За каталогом вибирається 2хУК2-0,38-50 зі ступінчастим регулюванням по 25кВАр, по одній на секцію.

Визначаються фактичні значення  $tg \varphi_\phi$  і  $cos \varphi_\phi$  після компенсації реактивної потужності та заносимо результати розрахунку до таблиці 2.2:

$$tg \varphi_\phi = tg \varphi - \frac{Q_{к.см.}}{\alpha P_M} = 0,63 - \frac{2 \cdot 50}{0,9 \cdot 308,9} = 0,27$$

де  $Q_{к.см.}$  – стандартне значення потужності вибраного КП, кВАр;

$$cos \varphi_\phi = cos(arctg \varphi_\phi) = 0,965$$

Таблиця 2.2 – Зведені дані навантажень на шинах трансформатора після компенсації

Параметри	$cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_M$ , кВт	$Q_M$ , кВАр	$S_M$ , кВА
Всього на НН без КП	0,83	0,66	308,9	132,43	336
КП				2х50	
Всього на НН с КП	0,965	0,27	308,9	32,43	310,6

## 2.2 Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції

Цехова трансформаторна підстанція (ЦТП) - це підстанція з первинною напругою 6 - 10 кВ, яка перетворює електроенергію на напругу до 1 кВ (наприклад 0,66 кВ або 0,38/0,22 кВ) і безпосередньо живить споживачів одного або декількох цехів або частину великого цеху. Кількість трансформаторів для однієї ЦТП визначається:

- заданим рівнем надійності електроприймачів (ЕП);
- потужністю електроприймачів.

Одинтрансформаторні цехові ПС застосовують за наявності ЕП 3-ої категорії надійності які допускають перерву електропостачання на час доставки трансформаторів із складського резерву. У разі, коли переважають ЕП 3-ої категорії, але є ЕП 2-ої категорії, здійснюється взаємне резервування на стороні низької напруги (НН) між сусідніми ТП, які отримують живлення від різних секцій джерела живлення або різних джерел живлення. При резервуванні кабельною перемичкою передбачається резерв в об'ємі 15-30% номінальної потужності трансформатора  $S_{ном.Т}$  і 35-40%  $S_{ном.Т}$  при резервуванні шинною перемичкою між кінцями двох магістралей НН у разі схеми блоку трансформатор-магістраль (БТМ).

Двотрансформаторні цехові ПС застосовують при більшості ЕП 1-ої категорії і наявності ЕП особливої групи, для цехів з великою питомою щільністю навантажень (більше ніж  $0,5 \text{ кВА/м}^2$ ), для зосереджених навантажень, для окремо розміщених об'єктів загальнозаводського призначення (компресорні і насосні станції), а також при нерівномірних добових графіках навантажень. Для цих ПС також потрібний складський резерв у разі ушкодження одного трансформатора. На час заміни пошкодженого трансформатора, той, який залишився в роботі, повинен забезпечити електропостачання усіх ЕП 1-ої категорії надійності. Цехові ПС з кількістю трансформаторів більше двох застосовують тільки при обґрунтуванні, а також при установці окремих трансформаторів для живлення силових і освітлювальних навантажень.

					<i>МР 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		24

Виконання трансформаторів. На напрузі 6 ... 10 кВ застосовуються масляні і сухі трансформатори. Але переважне застосування знаходять масляні трансформатори.

Трансформатори силові масляні ТМ.

Силові масляні трифазні двохобмоткові знижують загальнопромислового призначення трансформатори ТМ потужністю від 25 до 2500 кВА призначені для внутрішньої і зовнішньої установки. Для збільшення поверхні охолодження в трансформаторах ТМ-25...2500 з баком, застосовуються гофровані стінки, ТМ-1600-2500 - радіатори.

Напруга регулюється без збудження. Для цього трансформатори оснащені високовольтними перемикачами, які приєднуються до обмотки високої напруги і дозволяють регулювати напругу ступенями при відключеному від мережі трансформаторі з боку НН і ВН з діапазоном  $\pm 2 \times 2.5\%$ .

Умови експлуатації трансформаторів ТМ:

Висота над рівнем моря - до 1000 м.

Температура оточуючого повітря:

для помірного клімату: від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  (виконання «У»);

для холодного клімату: від  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  (виконання «ХЛ»).

Відносна вологість повітря - не більше 80% при  $t=25^{\circ}\text{C}$ .

Трансформатори не розраховані для роботи:

у вибухонебезпечному і агресивному середовищі (що містить газу, випарування, пил підвищеної концентрації і т.д.);

при вібрації і тряски;

при частих включеннях з боку живлення до 10 разів на добу.

конструкція трансформаторів

Баки трансформаторів ТМ 25-250 - овальної форми, а для потужностей 400 - 2500 кВА - прямокутної. Для збільшення поверхні охолодження в трансформаторах потужністю 100 - 2500 кВА застосовуються радіатори.

Трансформатори з гофрованими баками потужністю від 25 до 1600 кВА Для

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						25
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		



підйому бака і трансформатора в зборі використовуються гаки, розташовані під верхньою рамою бака. На кришці бака є кран (пробка) для затоки масла, внизу бака є пробка для спуску масла, кран (пробка) для узяття проби, болт заземлення. Активна частина складається з магнітопровода, виготовленого з холоднокатаної електротехнічної сталі, обмоток і високовольного перемикача. Обмотки трансформаторів алюмінієві або мідні.

Вводи ВН і НН зовнішньої установки, знімні, ізолятори прохідні фарфорові. При струмі введення 1000 А і вище у верхній частині струмоведучого стрижня кріпиться спеціальний контактний затискач з лопаткою, що забезпечує під'єднання плоскою шини.

Вводи ВН і НН розташовані на кришці. Бак забезпечує наявність масла при всіх режимах роботи трансформатора і коливаннях температури навколишнього середовища.

Визначається розрахункова потужність трансформатора з урахуванням втрат:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{M(НН)} = 0,02 \cdot 310,6 = 6,21(\text{кВт}) ;$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{M(НН)} = 0,1 \cdot 310,6 = 31,06(\text{кВАр}) ;$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{6,21^2 + 31,06^2} = 31,67(\text{кВА}) .$$

$$S_T \geq S_P = 0,7 \cdot S_M = 0,7 \cdot 321,44 = 225(\text{кВА}) .$$

Таблиця 2.3 – Зведені дані навантажень та втрат на шинах трансформатора після компенсації

Параметри	$\text{Cos}\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_m$ , кВт	$Q_m$ , кВАр	$S_m$ , кВА
Всього на НН без КП	0,83	0,66	308,9	132,43	336
КП				2x50	
Всього на НН с КП	0,965	0,27	308,9	32,43	310,6
Втрати			6,21	31,06	31,67
Всього ВН с КП			315,11	63,49	321,44

У КТП комутаційна і захисна апаратура має звичайне виконання. КТП напругою 250-10/0,4кВ найширше застосовують для безпосереднього електропостачання промислових об'єктів установок. Такі підстанції встановлюють в цехах і інших приміщеннях у безпосередній близькості від споживачів, що значно спрощує і здешевлює розподільну мережу, що йде до струмоприймачів, і дає можливість виконувати її досконаліми (у конструктивному відношенні) магістральними (ШМА) і розподільними (ШРА) шинопроводами. КТП внутрішньої установки складаються з трьох основних елементів: ввідного пристрою (6-10 кВ), силового трансформатора і розподільного пристрою (0,4 кВ).

З каталогу вибираємо 2хУК 2-0,38-50

КТП 2х250-10/0,4, з двома трансформаторами ТМ 250-10/0,4;

Дані трансформатора приведемо в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічних даних трансформатора ТМ 250-10/0,4

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВВ	НН	ХХ	КЗ		
ТМ 250-10/0,4	250	10	0,4	0,74	3,7	4,5	2,3

## 2.3 Розрахунок розподільчої електричної мережі

Розрахунок силової електричної мережі.

Розрахунок перерізу провідників силовий електричної мережі проводиться за умовою допустимого нагріву на підставі значень номінального струму для окремих споживачів і розрахункового струму для групи споживачів. Вибір провідників здійснюється з урахуванням категорії приміщень по пожежі, вибуху і навколишньому середовищу, типу електроприймачів і його потужності, умов прокладки.

Вибрані провідники повинні бути перевірені за умовою допустимої втрати напруги при нормальному і піковому навантаженні. Для перевірки вибирається характерна ділянка електричної мережі, найбільш віддалений від ТП з навантаженням максимальної потужності.

Згідно ПУЕ провідники будь-якого призначення повинні задовольняти вимогам щодо гранично допустимого нагріву з урахуванням не тільки нормальних, але і післяаварійних режимів, а також режимів в період ремонту і можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями, секціями шин. При перевірці на нагрів приймається півгодинної максимум струму, найбільший з середніх півгодинних струмів даного елемента мережі.

Результати розрахунку і вибору провідників заносимо до таблиці 2.5.

Тривало допустимий струм в післяаварійному режимі визначається за формулою:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi},$$

де  $P$  - розрахункова потужність приймача, кВт;

$U_n$  - номінальну напругу, В;

$\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності приймача.

Визначаємо  $I_p$  для зварювальних апаратів (1...4) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{22,3}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 56,5 A$$

Визначаємо  $I_p$  для кранів консольних поворотних (19...23) ;

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		28

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{4,75}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 14,45A$$

Визначаємо  $I_p$  для гальванічних ванн (5...9) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{30}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 48A$$

Визначаємо  $I_p$  для вентиляторів (10,11) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{12}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 22,8A$$

Визначаємо  $I_p$  для продольно-фрезерних верстатів(12,13) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{28}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 85,18A$$

Визначаємо  $I_p$  для горизонтально-розточних верстатів (14,15) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{12,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 38,03A$$

Визначаємо  $I_p$  для агрегатно-розточних верстатів (16,24,25) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{12}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 30,42A$$

Визначаємо  $I_p$  для плоскошліфувальних верстатів (17,18) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{14}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 45,6A$$

Визначаємо  $I_p$  для токарно-шліфувальних верстатів (26) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{8,2}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 24,95A$$

Визначаємо  $I_p$  для радіально-зварювальних верстатів (27...30) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{4,8}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 14,6A$$

Визначаємо  $I_p$  для алмазно-розточних верстатів(31,32) ;

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{7}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 16,38A$$

З таблиці довідника для кабелів згідно розрахунків можемо вибрати тип, ма-

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		29

рку провідника, шинопровода, результати заносимо до таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Результати вибору провідників цехової електричної мережі

Назва ділянки, номер електроп- риймача	Тип, марка провідника, шинопрово- да	Розрахунко- вий струм на- вантаження, А	Переріз про- відників, мм <sup>2</sup>	Тривало допусти- мий струм, А	Спосіб проклад- ки
ШМА1	ШРА-73-250 УЗ	244,11	35×5	250	В коробі
ШМА2	ШРА-73-250 УЗ	204	35×5	250	В коробі
1...4	АВВГ 3×25	56,5	25	65	В трубі
5...9	АВВГ 3×16	48	16	55	В трубі
10,11	АВВГ 3×5	22,8	5	24	В трубі
12,13	АВВГ 3×50	85,18	50	105	В трубі
14,15	АВВГ 3×16	38,03	16	55	В трубі
16,24,25	АВВГ 3×8	30,42	8	32	В трубі
17,18	АВВГ 3×16	45,6	16	55	В трубі
19...23	АВВГ 3×2,5	14,45	2,5	16	В трубі
26	АВВГ 3×6	24,95	6	26	В трубі
27...30	АВВГ 3×2,5	14,6	2,5	16	В трубі
31,32	АВВГ 3×3	16,38	3	18	В трубі
РП1	ПР 85-3 001- 21-УЗ	-	-	128	-
ЩО	ШОС4-25- 44-УЗ	23,1	-	25	В коробі

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

MP 3.8.141.507 ПЗ

Арк

30

## 2.4 Розрахунок освітлювальної мережі

Електроосвітлення - важлива частина електрики. На промислових підприємствах 5-10% і більше споживаної енергії витрачається на електричне освітлення. Рациональне освітлення робочих місць, виробничих приміщень і територій підприємств сприяє підвищенню продуктивності праці, якості робіт, знижує ймовірність виробничих травм і має вельми важливе гігієнічне значення.

Як джерело світла на промислових підприємствах широко застосовують лампи розжарювання і газорозрядні лампи.

Для розрахунку освітлення необхідно визначити площу приміщення цеху,  $S$ ,  $m^2$ , першого поверху за формулою:

$$S = a \cdot b,$$

де  $a$  - довжина цеху, м;

$b$  - ширина цеху, м.

$$S = 48 \cdot 30 = 1440 m^2.$$

Аналогічно визначаємо площі основного і допоміжних приміщень і дані заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристика розрахункового приміщення

Назва приміщення	Площа одного поверху, $m^2$	Кількість поверхів	Мінімальна освітленість, Лк	Загальна площа, $m^2$
ТП	$S = 32$	2	50	$S = 64$
РП	$S = 32$	2	150	$S = 64$
Зварювальна ділянка	$S = 64$	2	300	$S = 128$
Підсобне приміщення	$S = 32$	2	100	$S = 64$
Кабінет нач. цеха	$S = 32$	2	150	$S = 64$
Склад	$S = 32$	2	75	$S = 64$
Гальванічна ділянка	$S = 64$	2	300	$S = 128$
Вентиляторна	$S = 32$	2	75	$S = 64$
Верстатне відділення	$S = 1120$	1	300	$S = 768$

Визначаємо висоту підвісу світильників,  $h_c$ , м, за формулою:

$$h_c = 0,8 \cdot h,$$

де  $h$  - висота приміщення, м.

Основні приміщення

$$h_c = 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ м}$$

Допоміжні приміщення

$$h_c = 0,8 \cdot 3,6 = 2,88 \text{ м}$$

Приймаємо забарвлення стін і стелі:

Основні приміщення:

$$\rho_c = 70\%;$$

$$\rho_{\text{п}} = 50\%;$$

$$\rho_0 = 30\%.$$

Допоміжні приміщення

$$\rho_c = 70\%;$$

$$\rho_{\text{п}} = 50\%;$$

$$\rho_0 = 30\%.$$

Приймаємо мінімальну освітленість,  $E_{min}$ , Лк, з врахуванням виду робіт. Мінімальна освітленість,  $E_{min}$ , Лк, для основних і допоміжних приміщень наведена в таблиці 2.6.

Розраховуємо показник приміщення по формулі:

$$i = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h}$$

де  $a$  - довжина приміщення, м;

$b$  - ширина приміщення, м;

$h$  - висота приміщення, м.

Позначимо:  $i_1$  - ТП;  $i_2$  РУ;  $i_3$  - Зварювальний ділянку;  $i_4$  – Підсобне приміщення;  $i_5$  - Кабінет начальника цеху;  $i_6$  - Склад;  $i_7$  - Гальванічний ділянку;  $i_8$  - Вентиляторна;  $i_9$  - Верстатне відділення.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		32

$$i1 = \frac{32}{(8+4) \cdot 2,88} = 0,9.$$

Решта розрахунки виконуємо аналогічно, і дані заносимо в таблицю 2.7:

Таблиця 2.7 – Показники приміщень

i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9
0,9	0,9	0,5	0,9	0,9	0,9	0,5	0,9	2,9

За показником приміщення і коефіцієнта відображення, знаходимо коефіцієнт використання:

Таблиця 2.8 – Коефіцієнти використання

$\eta_u 1$	$\eta_u 2$	$\eta_u 3$	$\eta_u 4$	$\eta_u 5$	$\eta_u 6$	$\eta_u 7$	$\eta_u 8$	$\eta_u 9$
0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,7

Вибираємо марку ламп для основного і допоміжних приміщень за довідником.

Приймаємо для основного (верстатного) приміщення марку світильника типу РСР05/ГОЗХ250. Випускається для ламп ДРЛ250 і застосовується для нормальних виробничих приміщень і є основним.

Для допоміжних (побутових) приміщень вибираємо світильники марки ЛСПО2Х40 з люмінесцентними лампами ЛБ-40. Характеристики ламп які будемо використовувати наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Характеристика ламп

Джерело світла	Марка	Напруга $U, В$	Потужність $P, Вт$	Світловий потік $\Phi$ , Лм
Лампа ДРЛ	ДРЛ - 250	220	250	13000
Лампа ЛБ-40	ЛБ-40	110	40	3200

Визначаємо кількість ламп для основного приміщення за формулою:

$$n = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi \cdot \eta_u}, \text{шт}$$

де  $S$  - площа приміщення,  $m^2$ ;



$K_3$  - коефіцієнт запасу в межах 1,2 ... 1,5, (приймаємо 1,2);

$Z$ - коефіцієнт мінімальної освітленості 1,1 ... 1,3, (приймаємо 1,2);

$\Phi$  - світловий потік лампи;

$\eta_u$  - коефіцієнти використання;

$E_{min}$  - мінімальна освітленість.

Розрахуємо кількість ламп для основного відділення:

$$n = \frac{300 \cdot 1120 \cdot 1,2 \cdot 1,5}{13000 \cdot 0,7} = 64,6 \text{ шт}$$

Округляємо до  $n = 64$ шт.

Проводимо перевірочний розрахунок, який задовольняв би умові:

$$E_\phi \geq E_{min}$$

$$E_\phi = \frac{n \cdot \Phi \cdot \eta_u}{S \cdot K_3 \cdot Z}, \text{ Лк}$$

де  $S$  - площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$K_3$  - коефіцієнт запасу в межах 1,2 ... 1,5, (приймаємо 1,2);

$Z$ - коефіцієнт мінімальної освітленості 1,1 ... 1,3, (приймаємо 1,2);

$\Phi$  - світловий потік лампи;

$n$ - кількість ламп;

$\eta_u$  - коефіцієнти використання.

$$E_\phi = \frac{64 \cdot 13000 \cdot 0,7}{1120 \cdot 1,2 \cdot 1,5} = 289 \text{ Лк}$$

Відхилення знаходиться в межах допустимих значень, тому що умова задовольняється, то приймаємо розрахункову кількість ламп  $n = 64$ шт.

Розрахуємо кількість ламп і світильників для допоміжних приміщень на кожен поверх.

$$n = \frac{50 \cdot 32 \cdot 1,2 \cdot 1,5}{3200 \cdot 0,45} = 2 \text{ шт}$$

ТП:

Проводимо перевірочний розрахунок, який задовольняв би умові:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		34

$$E_{\phi} = \frac{2 \cdot 3200 \cdot 0,45}{32 \cdot 1,2 \cdot 1,5} = 50$$

Відхилення знаходиться в межах допустимих значень, тому що умова задовольняється, то приймаємо розрахункову кількість ламп  $n = 2$  шт.

Решта розрахунки виконуємо аналогічно, і дані заносимо до таблиці 2.10:

Таблиця 2.10 – Кількість ламп в приміщенні.

Приміщення	Перший поверх	Другий поверх
ТП	2	2
РП	6	6
Зварювальна ділянка	24	24
Підсобне приміщення	6	6
Кабінет нач. цеху	6	6
Склад	4	4
Гальванічна ділянка	6	6
Вентиляторна	4	4
Верстатне відділення	64	

Визначаємо потужність освітлення.

Визначаємо потужність освітлення в основному приміщенні,  $P$ , кВт:

$$P_{\text{цех}} = n \cdot P_{\text{л}}, \text{кВт}$$

де  $n$  - кількість ламп;

$P_{\text{л}}$  - потужність лампи.

$$P_{\text{цех}} = 30 \cdot 250 = 7,5 \text{ кВт}$$

Аналогічно визначаємо потужність освітлення в службових та побутових приміщеннях, і дані заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Потужність освітлення в службових та побутових приміщеннях

Приміщення	Потужність лампи, Вт	Кількість ламп, шт	Загальна потужність, Вт
ТП	40	4	160
РП	40	12	480
Зварювальна ділянка	40	48	1920
Підсобне приміщення	40	12	480
Кабінет нач. цеху	40	12	480
Склад	40	8	320
Гальванічна ділянка	40	48	1920
Вентиляторна	40	8	320
Верстатне відділення	250	64	16000

Загальна потужність освітлення:

$$P_{осв} = P_{цех} + P_{сл}, кВт$$

де  $P_{цех}$  - потужність освітлення в основному приміщенні, кВт;

$P_{сл}$  - потужність освітлення в службових та побутових приміщеннях.

$$S_{осв} = \frac{P_{ДРЛ}}{\cos \varphi_{ДРЛ}} + \frac{P_{ЛЛ}}{\cos \varphi_{ЛЛ}} = \frac{16000}{0,6} + \frac{6080}{0,95} = 33кВА$$

освітлення виконано газонаповненими лампами ( $\cos \varphi = 0,95$ ), і люмінесцентними ( $\cos \varphi = 0,6$ )

## 2.5 Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури

У мережах і установках напругою до 1 кВ можливі ненормальні режими, пов'язані зі збільшенням струму (надструмів), до якого призводять перевантаження, коротке замикання. Ці ненормальні режими можуть привести до пошкодження електричних мереж і обладнання, створення ситуацій, небезпечних для персоналу. Тому мережі та установки повинні бути захищені від перевантажень і струмів короткого замикання.

Основними апаратами захисту мереж напругою 380-660 В є запобіжники з плавкими вставками та автоматичні повітряні вимикачі. Від них вимагається найкоротший час відключення і забезпечення селективності.

Номинальні струми плавких вставок запобіжників і струми спрацювання автоматичних вимикачів повинні бути мінімально можливими, але не приводять до відключення ланцюга при пуску електродвигунів і короткочасних перевантаженнях.

Захисні апарати встановлюють на початку кожної гілки мережі, тобто на кожній лінії, що відходить від шин підстанції та силових пунктів, на кожному відгалуженні від лінії, на трансформаторних вводах.

Запобіжники застосовують в основному для захисту електроустановок від струмів короткого замикання. Запобіжник представляє собою апарат, що містить плавку вставку, калібровану на певний струм і виконану з легкоплавких матеріалів. Плавкі вставки запобіжників витримують струм на 30-50% вище номінального протягом однієї години і більше. При струмі, що перевищує номінальний струм плавких вставок на 60-100%, вони плавляться. Для зменшення часу перегорання плавкої вставки її виконують плоскою або у вигляді паралельно з'єднаних дротів з напаяними на них олов'яними кульками.

Лінія Т1-ШНН, 1SF, лінія без електродвигунів:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3}U_{HT}} = \frac{250}{1,73 \cdot 0,4} = 361A$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						37
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_{н.р} \geq I_T = 361A$$

З каталогу вибираємо автоматичний вимикач ВА 51-37:  $U_{н.а} = 380V$  ;  
 $K_{у(мп)} = 1,25$  ;  $I_{н.а} = 400A$  ;  $K_{у(эмп)} = 10$  ;  $I_{н.р} = 400A$  ;  $I_{откл} = 25кА$  .

Лінія Т2-ШНН, 2SF, лінія без електродвигуна:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3}U_{HT}} = \frac{250}{1,73 \cdot 0,4} = 361A$$

Так як розраховане значення струму таке ж, як і для 1SF, то виберемо автоматичний вимикач ВА 51-37.

Для (3SF) виберемо автоматичний вимикач ВА 51-37.

Лінія ШНН - ШМА1, SF1, лінія з групою електродвигунів:

$$I_M = 244,11A ;$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} ;$$

$$I_{н.р} \geq 1,1I_M = 244,11 \cdot 1,1 = 268,5A$$

З каталогу вибираємо автоматичний вимикач ВА 51-37:  $U_{н.а} = 380V$  ;  
 $K_{у(мп)} = 1,25$  ;  $I_{н.а} = 400A$  ;  $K_{у(эмп)} = 10$  ;  $I_{н.р} = 400A$  ;  $I_{откл} = 25кА$  .

Так як на ШМА1 кількість електродвигунів більше 5, а найбільшим за потужністю є гальванічна ванна, то

$$I_{н.нб} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{30}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 53,37A ;$$

$$I_{ПШК} = I_{П.нб} + I_M - I_{н.нб} K_H = 346,9 + 244,11 - 53,37 \cdot 0,75 = 551A ;$$

$$I_{П.нб} = 6,5I_{н.нб} = 6,5 \cdot 53,37 = 346,9A ;$$

$$I_0 \geq 1,2I_{ПШК} = 1,2 \cdot 551 = 661,2A ;$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{661,2}{320} = 2,1$$

Приймаємо  $K_0=3$ .

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		38

Лінія ШНН - ШМА2, SF8, лінія з групою електродвигунів:

$$I_M = 204A ;$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} ;$$

$$I_{н.р} \geq 1,1I_M = 204 \cdot 1,1 = 224,4A .$$

З каталогу вибираємо автоматичний вимикач ВА 51-35:

$$U_{н.а} = 380V ; K_{y(мр)} = 1,25 ; I_{н.а} = 250A ; K_{y(эпр)} = 12 ; I_{н.р} = 250A ; I_{откл} = 15кА .$$

Так як на ШМА2 кількість електродвигунів більше 5, а найбільшим за проектною потужністю є гальванічна ванна, то

$$I_{н.нб} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{30}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 53,37A ;$$

$$I_{ПШК} = I_{П.нб} + I_M - I_{н.нб} K_{II} = 346,9 + 204 - 53,37 \cdot 0,75 = 510,9A ;$$

$$I_{П.нб} = 6,5I_{н.нб} = 6,5 \cdot 53,37 = 346,9A ;$$

$$I_0 \geq 1,2I_{ПШК} = 1,2 \cdot 510,9 = 613,08A ;$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{613,08}{250} = 2,45$$

Приймаємо  $K_0=3$ .

Лінія ШНН - РП1, SF3, лінія з групою електродвигунів:

$$I_M = 52,42A ;$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} ;$$

$$I_{н.р} \geq 1,1I_M = 52,42 \cdot 1,1 = 57,7A .$$

З каталогу вибираємо автоматичний вимикач ВА 51Г-31:

$$U_{н.а} = 380V ; K_{y(мр)} = 1,35 ; I_{н.а} = 100A ; K_{y(эпр)} = 10 ; I_{н.р} = 63A ; I_{откл} = 6кА .$$

$$I_{н.нб} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{22,3}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 62,82A ;$$

$$I_{ПШК} = I_{П.нб} + I_M - I_{н.нб} K_{II} = 408,33 + 52,42 - 62,82 \cdot 0,2 = 448,19A ;$$

$$I_{П.нб} = 6,5I_{н.нб} = 6,5 \cdot 62,82 = 408,33A ;$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						39
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_0 \geq 1,2I_{\text{шк}} = 1,2 \cdot 448,19 = 537,8A ;$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{537,8}{63} = 8,54$$

Приймаємо  $K_0 = 10$ .

Лінія ШНН-ЩО, SF6, лінія без електродвигунів:

$$I_m = 19,6A ;$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р} ;$$

$$I_{н.р} \geq I_m = 19,6A$$

З каталогу вибираємо автоматичний вимикач ВА 51-25:

$$U_{н.а} = 380V ; K_{y(тp)} = 1,35 ; I_{н.а} = 25A ; K_{y(энр)} = 10 ; I_{н.р} = 25A ; I_{откл} = 3,8кА$$

Лінія ШМА1-ЕД:

Гальванічна ванна:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{30}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 53,37A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{\Pi}}{2,5} = \frac{53,37 \cdot 6,5}{2,5} = 138,76A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПР2-200:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 160A ; I_{откл} = 11кА$$

Вентилятор :

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{12}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 25,35A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{\Pi}}{2,5} = \frac{25,35 \cdot 6,5}{2,5} = 65,91A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПН2-100:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 80A ; I_{откл} = 10кА$$

Повздовжньо-фрезерний верстат:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		40

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{28}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 94,6A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{94,6 \cdot 6,5}{2,5} = 245,96A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПН2-350:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 250A ; I_{откл} = 40кА$$

Горизонтально-розточний верстат:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{12,5}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 42,25A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{42,25 \cdot 6,5}{2,5} = 109,85A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПР2-200:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 125A ; I_{откл} = 11кА$$

Агрегатно-розточний верстат:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{12}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,6} = 33,8A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{33,8 \cdot 6,5}{2,5} = 88A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПН2-100:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 100A ; I_{откл} = 10кА$$

Плоскошліфувальний верстат:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{14}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 47,32A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{47,32 \cdot 6,5}{2,5} = 123A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПР2-200:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 160A ; I_{откл} = 11кА$$

Радіально-свердильний верстат:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		41



$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{4,8}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 16,22A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{16,22 \cdot 6,5}{2,5} = 42,17A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПН2-100:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 50A ; I_{откл} = 10кА$$

Алмазно-розточний верстат:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,65} = 18,2A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{18,2 \cdot 6,5}{2,5} = 47,32A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПН2-100:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 50A ; I_{откл} = 10кА$$

Лінія ШМА2-ЕД:

Токарно-шліфувальний верстат:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{8,2}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 27,7A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{27,7 \cdot 6,5}{2,5} = 72,02A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПН2-100:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 50A ; I_{откл} = 10кА$$

Решта приймачі такі ж, як на ШМА1.

Лінія РП1-ЕД:

Зварювальний апарат:

$$I_D = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{22,3}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,6} = 62,82A ;$$

$$I_B \geq \frac{I_D \cdot K_{II}}{2,5} = \frac{62,82 \cdot 6,5}{2,5} = 163,33A$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПР2-200:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		42

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 200A ; I_{откл} = 11кА .$$

Кран консольний поворотний:

$$I_{Д} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{4,75}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,5} = 16,1A ;$$

$$I_{В} \geq \frac{I_{Д} \cdot K_{П}}{2,5} = \frac{16,1 \cdot 6,5}{2,5} = 41,86A .$$

З каталогу вибираємо плавкі запобіжники ПР2-60:

$$U_n = 380V ; I_{\epsilon} = 45A ; I_{откл} = 4,5кА .$$

Вибираємо лінії електропостачання з урахуванням відповідності апаратів захисту згідно з умовою:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{В} ,$$

де  $K_{зщ}=1,25$  для вибухо-, та пожежонебезпечних приміщень;

$K_{зщ}=1$  для нормальних приміщень;

$K_{зщ}=0,33$  для запобіжників без теплових реле в лінії.

Лінія ШНН - ШМА1:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{н.р} = 1 \cdot 320 = 320A .$$

В каталожних даних знаходимо переріз струмопровідних жил, та вибираємо кабель марки АВВГ - 3×95 з допустимим струмом  $I_{доп} = 255 A$ .

Лінія ШНН - РП1:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{н.р} = 1 \cdot 63 = 63A .$$

В каталожних даних знаходимо переріз струмопровідних жил, та вибираємо кабель марки АВВГ - 3×16 з допустимим струмом  $I_{доп} = 75 A$ .

Лінія ШНН-ЩО:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{н.р} = 1 \cdot 25 = 25A .$$

В каталожних даних знаходимо переріз струмопровідних жил, та вибираємо кабель марки АВВГ - 3×3 з допустимим струмом  $I_{доп} = 27 A$ .

Для лінії ШМА1-ЕД, ШМА2-ЕД, РП1-ЕД провідники вибираються з умови:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						43
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{е}} = 0,33 I_{\text{в}}$$

Щит освітлення представлений як ШОС4-25-44-УЗ:

$$I_{\text{н}} = 25 \text{ A} ; U_{\text{н}} = 380/220 \text{ В} ; i_{\text{у.доп}} = 3 \text{ кА} ; I_{\text{н.шт}} = 10 \text{ А} .$$

Тривалий струм в лінії дорівнює номінальному струму щита. Струм плавкої вставки повинен бути більше або дорівнює тривалого струму, тому вибираємо найближчим стандартне значення  $I_{\text{е}} = 25 \text{ А}$ .

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{е}} = 0,33 \cdot 25 = 8,25 \text{ А} .$$

Вибираємо провід марки ПРВД (гнучкий з мідною жилою, з гумовою ізоляцією, двожильний, скручений, в ПВХ оболонці) застосовується в освітлювальних мережах сухих і сирих приміщень з перетином жили  $1,5 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{доп}} = 23 \text{ А}$ .

Результат вибору всіх ліній електропостачання та апаратів захисту занесені в таблицю 2.12.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						44
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку електропостачання електроприймачів

РП		Електроприймачі				Апарати захисту			Лінія		
тип	Назва ЕП	№ п/п	n	$P_H, кВт$	$I_H, А$	тип	$I_{НВ}, А$	$I_{НА}, А$	марка	$I_{доп}, А$	L, м
РП1	Зварювальні апарати	1...4	4	48	62,82	ПР2	200	200	АВВГ 3×25	65	10
	Крани консольні поворотні	19...23	5	9,5	16,1	ПР2	45	60	АВВГ 3×3	18	40
ШМА1 ШРА- 73-250 У3	Гальванічні ванни	5...9	5	30	53,37	ПР2	160	200	АВВГ 3×16	55	23
	Вентилятори	10,11	2	12	25,35	ПН2	80	100	АВВГ 3×6	26	18
	Повздовжньо-фрезерні верстати	12,13	2	28	94,6	ПН2	250	350	АВВГ 3×50	105	15
	Горизонтально-розточні верстати	14,15	2	12,5	42,25	ПР2	125	200	АВВГ 3×16	55	15
	Агрегатно-розточні верстати	16,24,25	3	12	33,8	ПН2	100	100	АВВГ 3×10	38	13
	Плоскошліфувальні верстати	17,18	3	14	47,32	ПР2	160	200	АВВГ 3×16	55	15
	Радіально-сверлильні верстати	27...30	4	4,8	16,22	ПН2	50	100	АВВГ 3×3	18	18
	Алмазно-розточні верстати	31,32	2	7	18,2	ПН2	50	100	АВВГ 3×4	21	17
ШМА2 ШРА- 73-250 У3	Токарно-шліфувальний верстат	26	1	8,2	27,7	ПН2	80	100	АВВГ 3×8	32	10

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

MP 3.8.141.507 ПЗ

Арк

45

## 2.6 Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми

### Розрахунок струмів короткого замикання

Струми короткого замикання розраховують для тих точок мережі, при короткому замиканні в яких апарати і струмоведучі частини будуть знаходитися в найбільш важких умовах.

Особливість розрахунку струмів короткого замикання в установках напругою до 1 кВ полягає в тому, що крім індуктивних враховуються і активні опору кола короткого замикання (повітряних і кабельних ліній, обмоток силових трансформаторів, шин, комутаційної апаратури і т.д.).

Для обчислення струмів короткого замикання складають розрахункову схему, на яку наносять всі дані, необхідні для розрахунку, і точки, в яких слід визначити струми короткого замикання. За розрахункової схемою складають схему заміщення, в якій всі елементи представляють у вигляді індуктивних і активних опорів, виражених у відносних одиницях або омах.

Для розрахунку струмів КЗ необхідно вибрати характерну лінію. Зазвичай це лінія з найбільш потужним або найбільш віддаленим електроприймачем.

Виходячи з проведених розрахунків, таким приймачем може бути №32 - алмазно-розточний верстат.

Вихідні дані для розрахунку струмів КЗ:

Електроприймач №32– алмазно-розточний верстат;

$P_H=7\text{кВт}$ ;  $\cos \varphi = 0,65$ ;  $\text{tg } \varphi = 1,17$ ;  $L_{BH} = 0,8 \text{ км}$ ;  $L_{KЛ1} = 4 \text{ м}$ ;  $L_{KЛ2} = 28 \text{ м}$ ;  $L_{Ш} = 43 \text{ м}$ .

Обчислимо опір елементів і нанесемо їх на схему заміщення, яка показана на малюнку 2.1:

Для системи:

$$I_c = \frac{S_T}{\sqrt{3}U_c} = \frac{250}{1,73 \cdot 10} = 14,45 \text{ А}$$

Зовнішня ПЛ АС-3×10/1,8 ;  $I_{дон}=84 \text{ А}$ ;

$$x_o = 0,4 \text{ Ом/км}$$

$$x'_c = x_o L_c = 0,4 \cdot 0,8 = 0,32 \text{ Ом} ;$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		46

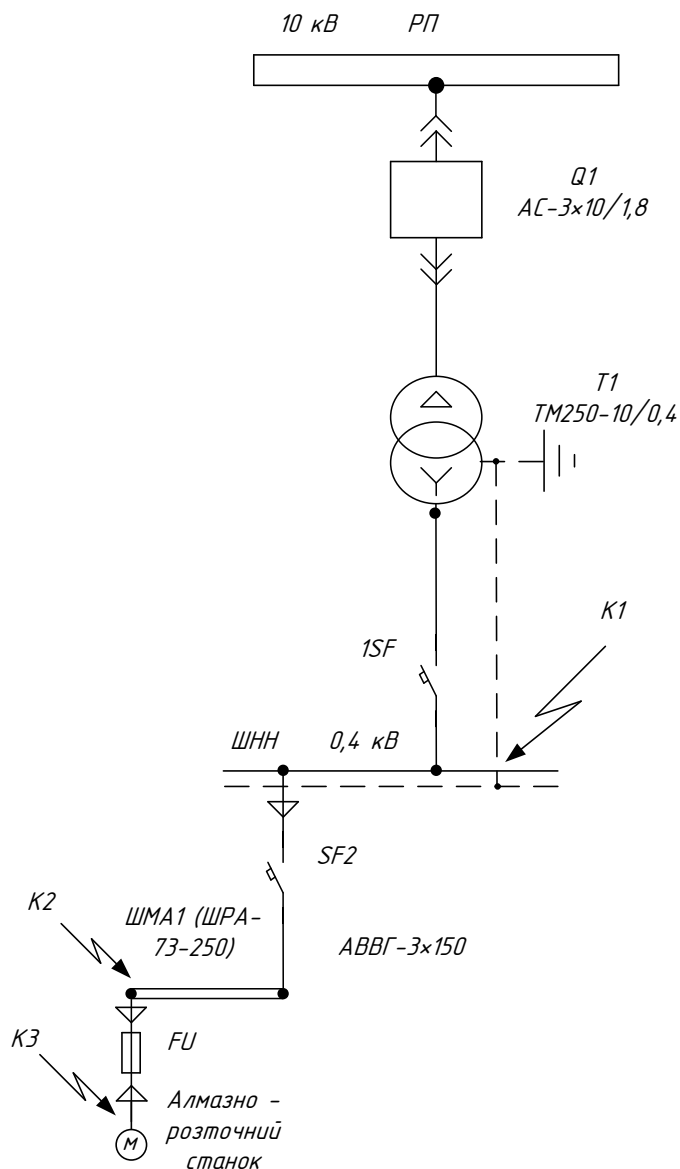
$$r_o = \frac{10^3}{\gamma \cdot S} = \frac{10^3}{30 \cdot 10} = 3,33 \text{ Ом/км} ;$$

$$R'_c = r_o \cdot L_c = 3,33 \cdot 0,8 = 2,66 \text{ Ом} .$$

Зведемо опір до НН:

$$R_c = R'_c \cdot \left( \frac{U_{\text{нн}}}{U_{\text{вн}}} \right)^2 = 2,66 \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 4,26 \text{ мОм} ;$$

$$X_c = X'_c \cdot \left( \frac{U_{\text{нн}}}{U_{\text{вн}}} \right)^2 = 0,32 \cdot \left( \frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,51 \text{ мОм} .$$



Малюнок 2.1 – Схема електропостачання розрахункова

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

MP 3.8.141.507 ПЗ

Арк

47

Для трансформатора ТМ 250-10/0,4 з каталога:

$$R_T = 9,4 \text{ мОм}; X_T = 27,2 \text{ мОм}; Z_T^{(1)} = 312 \text{ мОм}.$$

Для автоматичних вимикачів:

$$1\text{SF} \quad R_{1\text{SF}} = 0,15 \text{ мОм}; X_{1\text{SF}} = 0,17 \text{ мОм}; R_{n1\text{SF}} = 0,4 \text{ мОм};$$

$$\text{SF1} \quad R_{\text{SF1}} = 1,3 \text{ мОм}; X_{\text{SF1}} = 1,2 \text{ мОм}; R_{n\text{SF1}} = 0,75 \text{ мОм}.$$

Для кабельних ліній:

$$\text{КЛ 1: } r'_o = 0,21 \text{ мОм/м}; x_o = 0,08 \text{ мОм/м}.$$

$$R_{\text{КЛ1}} = r_o \cdot L_{\text{КЛ1}} = 0,21 \cdot 4 = 0,84 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{КЛ1}} = x_o \cdot L_{\text{КЛ1}} = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ мОм}.$$

$$\text{КЛ 2: } r_o = 7,81 \text{ мОм/м}; x_o = 0,107 \text{ мОм/м}.$$

$$R_{\text{КЛ2}} = r_o \cdot L_{\text{КЛ2}} = 7,81 \cdot 28 = 218,68 \text{ мОм};$$

$$X_{\text{КЛ2}} = x_o \cdot L_{\text{КЛ2}} = 0,107 \cdot 28 = 2,996 \text{ мОм}.$$

Для шинопровода ШРА-73-250:

$$r_o = 0,21 \text{ мОм/м}; x_o = 0,21 \text{ мОм/м};$$

$$r_{on} = 0,42 \text{ мОм/м}; x_{on} = 0,42 \text{ мОм/м}.$$

$$R_{\text{Ш}} = r_o \cdot L_{\text{Ш}} = 0,21 \cdot 43 = 9,03 \text{ мОм};$$

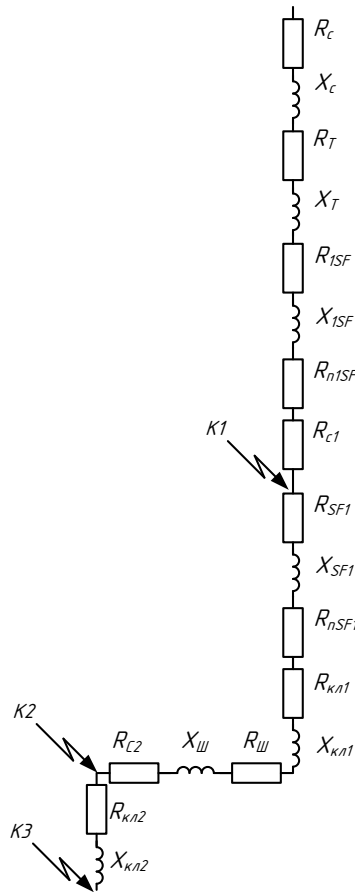
$$X_{\text{Ш}} = x_o \cdot L_{\text{Ш}} = 0,21 \cdot 43 = 9,03 \text{ мОм}.$$

Для ступенів розподілу:

$$R_{C1} = 15 \text{ мОм}; R_{C2} = 20 \text{ мОм}.$$

Складаємо спрощену схему заміщення для розрахунку характеристик в різних точках КЗ. Схема наведена на малюнку 2.2.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		48



Малюнок 2.2 – Схема заміщення

Спростимо схему заміщення, обчисливши еквівалентні опори на ділянках між точками КЗ:

$$R_{\text{Э1}} = R_C + R_T + R_{1SF} + R_{C1} + R_{\text{П1SF}} = 4,26 + 9,4 + 0,15 + 15 + 0,4 = 29,21 \text{ мОм} ;$$

$$X_{\text{Э1}} = X_C + X_T + X_{1SF} = 0,51 + 27,2 + 0,17 = 27,88 \text{ мОм} ;$$

$$R_{\text{Э2}} = R_{SF1} + R_{\text{ПSF1}} + R_{\text{КП1}} + R_{\text{Ш}} + R_{C2} = 1,3 + 0,75 + 0,84 + 9,03 + 20 = 31,92 \text{ мОм} ;$$

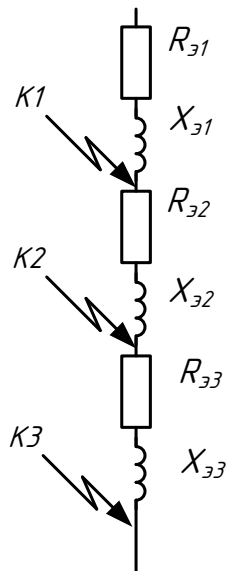
$$X_{\text{Э2}} = X_{\text{Ш}} + X_{\text{КП1}} + X_{SF1} = 9,03 + 0,32 + 1,2 = 10,55 \text{ мОм} ;$$

$$R_{\text{Э3}} = R_{\text{КП2}} = 218,68 \text{ мОм} ;$$

$$X_{\text{Э3}} = X_{\text{КП2}} = 2,996 \text{ мОм} .$$

Для легшого розрахунку складаємо спрощену схему заміщення, яка показана на малюнку 2.3





Малюнку 2.3 – Спрощена схема заміщення

Обчислимо опір до кожної точки КЗ:

$$R_{K1} = R_{з1} = 29,21 \text{ мОм} ;$$

$$X_{K1} = X_{з1} = 27,88 \text{ мОм} ;$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{29,21^2 + 27,88^2} = 40,37 \text{ мОм} ;$$

$$R_{K2} = R_{з1} + R_{з2} = 29,21 + 31,92 = 61,13 \text{ мОм} ;$$

$$X_{K2} = X_{з1} + X_{з2} = 27,88 + 10,55 = 38,43 \text{ мОм} ;$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = 72,21 \text{ мОм} ;$$

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{з3} = 61,13 + 218,68 = 279,81 \text{ мОм} ;$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{з3} = 38,43 + 2,996 = 41,43 \text{ мОм} ;$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{279,81^2 + 41,43^2} = 282,86 \text{ мОм}$$

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{29,21}{27,88} = 1,05 ;$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{61,13}{38,43} = 1,59 ;$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{279,81}{41,43} = 6,75$$

Визначимо коефіцієнти  $K_y$  і  $q$ :

$$K_{y1} = F\left(\frac{R_{K1}}{X_{K1}}\right) = F(1,05) = 1 ;$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{R_{K2}}{X_{K2}}\right) = F(1,59) = 1 ;$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{R_{K3}}{X_{K3}}\right) = F(6,75) = 1 ;$$

$$q_1 = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{y1} - 1)^2} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1 - 1)^2} = 1 ;$$

$$q_2 = q_3 = 1 .$$

Визначимо 3-фазні и 2-фазні струми КЗ:

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{K1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 40,37} = 5,73 \text{кА} ;$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{K2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 72,21} = 3,04 \text{кА} ;$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{K3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 282,86} = 0,78 \text{кА} ;$$

$$I_{yK1} = q_1 \cdot I_{K1}^{(3)} = 5,73 \text{кА} ;$$

$$I_{yK2} = q_2 \cdot I_{K2}^{(3)} = 3,04 \text{кА} ;$$

$$I_{yK3} = q_3 \cdot I_{K3}^{(3)} = 0,78 \text{кА} ;$$

Ударний струм КЗ , кА розраховуємо за формулою:

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} \cdot I_{K1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 5,73 = 8,08 \text{кА} ;$$

де  $K_y$  – ударний коефіцієнт, приймаємо  $K_y = 1$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		51

$$i_{yK2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{K2}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 3,04 = 4,29 \text{кА} ;$$

$$i_{yK3} = \sqrt{2} \cdot K_{y3} \cdot I_{K3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 0,78 = 1,1 \text{кА} ;$$

$$I_{K1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K1}^{(3)} = 0,866 \cdot 5,73 = 4,96 \text{кА} ;$$

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K2}^{(3)} = 0,866 \cdot 3,04 = 2,63 \text{кА} ;$$

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3}^{(3)} = 0,866 \cdot 0,78 = 0,68 \text{кА} .$$

Складемо схему заміщення для розрахунку 1-фазних струмів КЗ і визначимо опори:

$$X_{пкЛ1} = x_{on} \cdot L_{кЛ1} = 0,15 \cdot 4 = 0,6 \text{мОм} ;$$

$$R_{пкЛ1} = 2r_o \cdot L_{кЛ1} = 2 \cdot 0,21 \cdot 4 = 1,68 \text{мОм} ;$$

$$R_{пш} = r_{опш} \cdot L_{ш} = 0,42 \cdot 43 = 18,06 \text{мОм} ;$$

$$X_{пш} = x_{on} \cdot L_{ш} = 0,42 \cdot 43 = 18,06 \text{мОм} ;$$

$$R_{пкЛ2} = 2r_o \cdot L_{кЛ2} = 2 \cdot 7,81 \cdot 28 = 437,4 \text{мОм} ;$$

$$X_{пкЛ2} = x_{on} \cdot L_{кЛ2} = 0,15 \cdot 28 = 4,2 \text{мОм} ;$$

$$Z_{п1} = 15 \text{мОм} ;$$

$$R_{п2} = R_{C1} + R_{пкЛ1} + R_{пш} + R_{C2} = 15 + 1,68 + 18,06 + 20 = 54,74 \text{мОм} ;$$

$$X_{п2} = X_{пкЛ1} + X_{пш} = 0,6 + 18,06 = 18,66 \text{мОм} ;$$

$$Z_{п2} = \sqrt{R_{п2}^2 + X_{п2}^2} = \sqrt{54,74^2 + 18,66^2} = 57,83 \text{мОм} ;$$

$$R_{п3} = R_{п2} + R_{пкЛ2} = 54,74 + 437,4 = 492,14 \text{мОм} ;$$

$$X_{п3} = X_{пкЛ2} + X_{п2} = 4,2 + 18,66 = 22,86 \text{мОм} ;$$

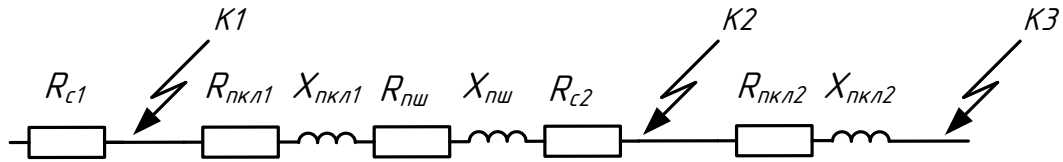
$$Z_{п3} = \sqrt{R_{п3}^2 + X_{п3}^2} = 492,7 \text{мОм} ;$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{кФ}}{Z_{п1} + Z_T^{(1)}/3} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{15 + 312/3} = 1,93 \text{кА} ;$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		52

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{K\Phi}}{Z_{П2} + Z_T^{(1)}/3} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{57,83 + 312/3} = 1,36 \text{ кА} ;$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{K\Phi}}{Z_{П3} + Z_T^{(1)}/3} = \frac{0,22 \cdot 10^3}{492,7 + 312/3} = 0,37 \text{ кА} .$$



Малюнок 2.4 – Схема заміщення для розрахунку 1-фазних струмів КЗ

Заносимо результати розрахунку до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Результати розрахунку струмів КЗ

Точка КЗ	$R_K, \text{ мОм}$	$X_K, \text{ мОм}$	$Z_K, \text{ мОм}$	$\frac{R_K}{X_K}$	$K_y$	$q$	$I_K^{(3)}, \text{ кА}$	$i_y, \text{ кА}$	$I_\infty^{(3)}, \text{ кА}$	$I_K^{(2)}, \text{ кА}$	$Z_{П}, \text{ мОм}$	$I_K^{(1)}, \text{ кА}$
К1	29,21	27,88	40,37	1,05	1	1	5,73	8,08	5,73	4,96	15	1,93
К2	61,13	38,43	72,21	1,59	1	1	3,04	4,29	3,04	2,63	57,83	1,36
К3	279,81	41,43	282,86	6,75	1	1	0,78	1,1	0,78	0,68	492,7	0,37

## 2.7 Перевірка елементів цехової мережі за струмами короткого замикання

Електричні апарати, дроти, кабелі і шини повинні витримувати короткочасні імпульси електродинамічних сил і теплові імпульси, що виникають в момент короткого замикання. Тому при виборі апаратів і провідників необхідно розраховувати їх не тільки за умовами тривалої роботи в нормально навантаженому режимі, але і перевіряти динамічну стійкість при короткому замиканні.

Шини вибирають по розрахунковому току, номінальній напрузі, умов навколишнього середовища і перевіряють на термічну і динамічну стійкості.

Кабелі вибирають по розрахунковому току, номінальній напрузі, способу прокладки, умов навколишнього середовища і перевіряють на термічну стійкість

при короткому замиканні.

Запобіжники вибирають за конструктивним виконанням, роду установки, номінальним струму і напрузі і перевіряють на відключення.

Вмикачі навантаження вибирають за номінальними струму і напрузі, перевіряють на термічну і динамічну стійкості, а також відключає в нормальному робочому режимі.

Перевірку елементів цехової мережі зробимо для тієї ж лінії, що і струми КЗ, для інших ліній перевірка проводиться аналогічно.

Таким чином, вихідними даними для перевірки є характерна лінія електропостачання, які наведені в таблиці 2.13. Необхідно перевірити апарати захисту і провідники по струмів КЗ, а також лінію електропостачання по втраті напруги.

Згідно з умовами по струмів КЗ апарати захисту перевіряються:  
на надійність спрацьовування:

$$1SF: I_{K1}^{(1)} \geq 3I_{н.р(1SF)}; 1,93 \text{ кА} > 1,2 \text{ кА.}$$

$$SF1: I_{K2}^{(1)} \geq 3I_{н.р(SF1)}; 1,36 \text{ кА} > 0,96 \text{ кА.}$$

$$FU: I_{K3}^{(1)} \geq 3I_{BC}; 0,37 \text{ кА} > 0,15 \text{ кА.}$$

Надійність спрацьовування автоматів і запобіжника забезпечена на здатність відключення:

$$1SF: I_{откл(1SF)} \geq \sqrt{2}I_{K1\infty}^{(3)}; 25 > 8,1 \text{ кА.}$$

$$SF1: I_{откл(SF1)} \geq \sqrt{2}I_{K2\infty}^{(3)}; 25 > 4,3 \text{ кА.}$$

Автоматичні вимикачі при КЗ відключаються не руйнуючись.

Згідно умові провідники перевіряємо на термічну стійкість:

КЛ (ШНН-ШМА):

$$S_{КЛ} \geq S_{КЛТС};$$

$$S_{КЛ} = 150 \text{ мм}^2;$$

$$S_{КЛТС} = \alpha \cdot I_{K2\infty}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{нр(1)}} = \sqrt{3,5} \cdot 3,04 \cdot 11 = 62,56 \text{ мм}^2$$

КЛ (ШМА-ЭП):

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		54

$$S_{KL2} \geq S_{KL2TC} ;$$

$$4\text{мм}^2 > 11 \cdot 0,78 \cdot \sqrt{0,2} = 3,84\text{мм}^2 .$$

За термічної стійкості кабельні лінії задовольняють.

Згідно завдання умовами шинопровід перевіряється на термічну стійкість:

$$S_{Ш} \geq S_{Ш.ТС} .$$

$$S_{Ш} = bh = 5 \cdot 35 = 175\text{мм}^2 .$$

$$S_{Ш.ТС} = \alpha \cdot I_{K2\infty}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{np(1)}} = \sqrt{1,2} \cdot 3,04 \cdot 11 = 36,63\text{мм}^2 .$$

$$175 \text{ мм}^2 > 36,63 \text{ мм}^2$$

Шинопровід термічно стійкий, отже, він витримає короткочасно нагрівання при КЗ до 2000 °С.

За втрати напруги лінія електропостачання повинна задовольняти умові  $\Delta U \leq 10\%$  від  $U_n$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		55

### 3. Охорона праці та техніка безпеки

#### 3.1 Законодавча база з охорони праці на проектній ділянці.

До роботи з обслуговування електроустаткування ділянки системи електропостачання цеху обробки корпусних деталей, допускаються особи, що досягли 18-літнього віку, що пройшли медичний огляд і перевірку знань у кваліфікаційній комісії, а також – виробниче навчання на робочому місці.

Робота з охорони праці на енергооб'єктах повинна проводитись в строгій відповідності з «Кодексом законів України про працю», «Законом України про охорону праці» та іншими нормативно-правовими актами. Медичний огляд електротехнічного персоналу проводиться перед при-йомом на роботу й періодично 1 раз на рік. Значна частина роботи з охорони праці на підприємстві спрямована на створення системи організаційних заходів і технічних засобів, призначених для запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Улаштування і експлуатація устаткування, будівель і споруд повинні відповідати вимогам нормативних актів з охорони праці. Засоби захисту, пристрої та інструмент, які використовуються під час обслуговування та ремонту устаткування, будівель і споруд. Повинні своєчасно проходити огляди і випробування.

Навчання проводиться по затвердженій програмі під керівництвом досвідченого працівника з електротехнічного персоналу, призначеного відповідальним за електрогосподарство.

Прикріплення учня до працівника-вчителя із вказівкою строку навчання оформлюється наказом або розпорядженням по цеху. Учень може робити оперативні перемикання або інші роботи в електроустановках тільки з дозволу і під наглядом вчителя. Відповідальність за правильність дій і дотримання дійсних правил, а також ПВБ, несуть учень і вчитель. По закінченню виробничого навчання, учень проходить перевірку знань у кваліфікаційній комісії в обов'язі; ПТЕ, ПБЕЕП і

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					<i>Охорона праці та техніка безпеки</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>							56	90
<i>Реценз.</i>						СумДУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	Лебединський							

«Правил устрою електроустановок» ПУЕ, виробничих і посадових інструкцій.

Працівнику встановлюється відповідна група по електробезпеці, при успішній здачі перевірки знань, рішенням комісії може бути присвоєна та група по електробезпеці, яка у нього була до переходу на іншу роботу або якщо була перерва у роботі.

До ремонту вибухозахищеного електроустаткування допускається особи, які пройшли одночасно з перевіркою знань по ПТЕ електроустановок споживачів і дійсних правил, а також перевірку знань, інструкцій заводу виробника, про що робиться відповідний запис у посвідченні про перевірку знань.

Кожний працівник, що прийнятий на роботу в цех, повинен пройти вступний інструктаж у інженера з ОП із заповненням особистої картки інструктажу.

У процесі подальшої роботи всі працівники, незалежно від кваліфікації і стажу роботи з даної професії, повинні періодично один раз на 3 місяці проходити первинний інструктаж з техніки безпеки і правил ведення робіт і робочих інструкцій з записом у журналі інструктажу та підписом інструктованого, та того, хто проводив інструктаж.

Керівники і посадові особи зобов'язані забезпечити проведення організаційних і технічних заходів щодо створення безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, у виробничих приміщеннях і на території, яка належить об'єкту.

При перерві у роботі більше 30-ти днів проводиться позаплановий інструктаж.

Систематичну роботу з оперативно-ремонтним персоналом зобов'язаний організувати й особисто контролювати відповідальний за електрогосподарство цеху.

### **3.2 Заходи та технічні засоби електробезпеки в цеху.**

Всі заходи на проектованому цеху спрямовані на захист від випадкового враження електричним струмом і захист від статичної електрики, що при розряді може спричинити вибух або пожежу.

Основні заходи захисту в проектованому цеху від випадкового враження струмом наступні:

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						57
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		



- Ізоляція й огороження струмоведучих частин, доступних для дотику;
- Захисне заземлення, занулення, відключення;
- Електричне й механічне блокування;
- Застосування засобів індивідуального захисту;
- Сигналізатори небезпеки й дистанційне керування.

Небезпечна напруга для людини:

- У сухих приміщеннях – 42 В;
- У вологих приміщеннях – 12 В.

Робиться заземлення всього устаткування, комунікацій, на яких можуть накопичуватися заряди статичної електрики (джерелом статичної електрики високих потенціалів може бути сама людина) і викликати статичні розряди від вторинних проявів блискавок. Заземленню підлягає все устаткування й спорудження усередині й поза будівлею. Всім працівникам видається бавовняний одяг і спецвзуття.

Всі робочі місця й підлога під ними, столи, стелажі, підставки під ноги, підлоги виробничих приміщень повинні бути покриті ізолюючим матеріалом (гумою й тд.), а технологічне оснащення повинне бути заземлене.

### **3.3 Вимоги безпеки, яких повинні дотримуватись працівники.**

#### **3.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи.**

Черговий електромонтер приходиться на робоче місце за 15 хвилин до початку зміни, перевіряє та оглядає належний спецодяг, отримує завдання та приймає зміну.

При прийомі зміни черговий електромонтер зобов'язаний:

- Ознайомитися по зміні про перебування і режим роботи електроустаткування на своїй ділянці шляхом особистого огляду;
- Отримати відомості від чергового, що здає зміну про устаткування, за яким необхідно вести ретельне спостереження і про устаткування, що знаходиться в ремонті або резерві;
- Перевірити та прийняти інструмент, матеріали, ключі від приміщень, засоби захисту, оперативну документацію та інструмент по опису;

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						58
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

- Ознайомитися зі всіма записами та розпорядженнями за час, який пройшов з його останнього чергування;
- Доповісти майстрові зміни про вступ на чергування, про неполадки, відмічені при прийомі зміни і здати пропуск;
- Перевірити наявність засобів пожежогасіння і зв'язку, інвентарю згідно опису, захисного заземлення;
- Перед запуском в роботу АПГ-Е провести його зовнішній огляд, переконатись у відсутності зовнішніх механічних пошкоджень, струмопровідного пилю і стружки в шафі електроуправління, герметичності з'єднань, відповідності діаметрів кабелів електропостачання АПГ-Е, наявності надійного заземлення, достатній тиск живильної води.

Електромонтер, який прийняв зміну, несе повну відповідальність за стан робочого місця.

### 3.3.2 Вимоги безпеки під час роботи.

Черговий електромонтер під час чергування є особою відповідальною правильне обслуговування і безаварійну роботу всього електроустаткування на дорученій йому ділянці.

Пристаюючи до роботи, черговий електромонтер повинен одягнути належний спецодяг, перевірити наявність захисних засобів: діелектричних килимка і рукавичок.

Черговий електромонтер зобов'язаний не менше 3 разів на зміну робити обходи устаткування і оглядати його, робити перевірку і огляд освітлення робочих місць із записом в журнал, ввімкнути і вимкнути зовнішнє освітлення.

При огляді устаткування необхідно звертати увагу на:

- Міру корозії, фарбування труб, кріплень;

Особливу увагу слід звертати на відсутність люфту в місцях приєднання труби до електроустаткування (дозволяється перевірити легким похитуванням труби).

- Справне становище введення дротів і кабелів в електроустаткуванні;

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						59
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

- Цілісність стікол оглядових вікон електроустаткування і скляних ковпаків світильників;
- Справний стан заземлення;
- Наявність попереджувальних записів і знаків виконання на електроустаткуванні;
- Температуру вузлів електроустаткування: пускових кнопок електродвигунів, пускачів, яка не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища повітря більш ніж на 40°C (типові правила пожежної безпеки);
- Відсутність поблизу устаткування пило утворювання;

Щорічні регламентні роботи на АПГ-Е виконуються зовнішнім оглядом: цілісність кабелю і заземлюючого дроту.

Щорічні регламентні роботи передбачають:

- Зовнішній огляд внутрішньої частини шафи управління, блоків ТЕН і електричних з'єднань на відсутність підвищення температури контактів, цілісність струмоведучих частин і механічних пошкоджень елементів управління.

Щорічні регламентні роботи передбачають перевірку АПГ-Е:

- Опори ізоляції відносно землі електричних поєднаних ланцюгів мегометром напругою 500В;
- Опори між заземлюючим болтом і кожною доступною дотику металеву неструмоведучою частиною, яка може виявитися під напругою;
- Для електроустаткування з виглядом вибухозахисту (маслонаповнене):
  - А) рівень масла в оболонці, який має відповідати даному в інструкції завода-виробника;
  - Б) відсутність теки масла;
  - В) колір масла;
- Додаткове заземлення у виробничих приміщеннях, ізольовані металеві ручки, поручні сходів, містки, переходи і т.п.
- Черговий електромонтер після обходу виробничої будівлі і перевірки наявності заземлення на електроустаткуванні, на технологічному оснащенні (столах,

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						60
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

лійці, ящиках, вагах і т.п.) зобов'язаний зробити відповідний запис про справність і наявність заземлення на них в журналі, який знаходиться у начальника зміни;

- Для електроустаткування вибухозахищеного виконання підвищена надійність проти вибуху, наявність ущільнювачів прокладки. Про результати огляду електроустаткування електротехнічний персонал повинен зробити запис в оперативному журналі.

У вибухонебезпечній установці і вибухонебезпечних зонах забороняється:

- Ремонтувати устаткування і мережі, що знаходяться під напругою;
- Експлуатувати устаткування при несправному захисному заземленні, несправному блокуванні кришок апаратів, порушенні вибухозахищеності оболонки;
- Розкривати оболонку вибухозахищеного електроустаткування, якщо при цьому струмоведучі частини знаходяться під напругою;
- Включати установку, що автоматично відключається, без з'ясування і усунення причин її відключення;
- Перевантажувати номінальні параметри вибухозахищеного електроустаткування, дротів, кабелів;
- Замінювати електролампочки, що перегоріли, у вибухозахищених світильників, іншими видами ламп або лампою більшої потужності, чим на які розраховані світильники;
- Замінювати захист (теплові елементи, запобіжники) другими видами захисту або захистом з іншими номінальними параметрами, на які дане електроустаткування не розраховано.

Черговому електромонтеру дозволяється в установці до 1000В, що знаходиться під напругою, одному відкривати для огляду огороження щитів панелі, пускачів, пультів управління.

Роботи в електроустановках, що діють, проводяться по наряду, розпорядженню або в порядку поточної експлуатації. Наряд виконується на одного робітника, склад бригади визначається особою, що видає наряд. Бригада, що працює по наряду, повинна складатись не менш ніж з двох осіб, включаючи робітника з групо

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		61

по електробезпеці не менше III.

Розпорядження на виробництво робіт має разовий характер, видається на одну особу і діє протягом однієї зміни або однієї години в залежності від характеру робіт, визначених правилами, при необхідності повторення або продовження роботи при зміні умов або складу бригади розпорядження повинно віддаватися заново з оформленням в оперативному журналі.

По розпорядженню можуть бути зроблені:

- Роботи без зняття напруги здалеку від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, тривалістю не більш за одну зміну;
- Позапланові роботи, викликані виробничою необхідністю;
- Роботи із зняттям напруги з електроустановок до 1000В тривалістю не більш за одну зміну.

Особа, що віддає розпорядження, призначає керівника робіт (що спостерігає) і визначає можливість безпечного проведення робіт з вказівкою виконання необхідних технічних і організаційних заходів.

Розпорядження записується в оперативний журнал особою, що віддає розпорядження або оперативним по його вказівці, прийнятій безпосередньо або за допомогою зв'язку. Розпорядження, що віддається оперативним персоналом, також записується в оперативний журнал.

Устаткування цеху, на якому необхідно провести ремонт, має бути ретельно прибраним від залишків продукції та пилу, протертим вологим ганчір'ям і повинно підтримуватись під час роботи у вологому стані, ділянку або будівлю необхідно знеструмити.

До ремонтів, які можуть виконуватись черговим електриком відносяться: заземлення технологічних столів, затягання тросів, які заземляються на електродвигунах, вимір опору ізоляції обмоток електродвигунів, пускової апаратури, кріплення метало рукавів на кабель електродвигуна, розтин сполучної коробки електродвигуна, кнопок управління, заміна згорілих електроламп.

У місцях, де відбувається заміна згорілих електроламп продукція має бути

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		62

прибрана, світильники перед заміною електроламп мають бути протерті мокрою ганчіркою, напруга знята.

До робіт на висоті відносяться роботи при яких, той що працює на висоті 1,3 метра від поверхні ґрунту, перекриття робочого настилу.

Забороняється:

- Встановлювати сходи до трасового дроту;
- Кидати будь-які предмети працюючому персоналу в гору. Подача повинна виконуватись за допомогою мотузки;
- Стояти під драбиною, з якої виконується робота. Запобіжні пояси повинні перевірятись через кожні 12 місяців на динамічне і статичне навантаження, мати номери і дату випробувань.

Якщо виникає необхідність ремонту у вечірні і нічні зміни в будівля цеху та немає можливості встановити готовність устаткування до ремонту, письмовий дозвіл (акт) на ремонт дає начальник зміни.

Дозвіл реєструється у журналі передачі зміни. Ремонт проводиться під контролем майстра-технолога, який повинен перевірити дотримання правил техніки безпеки, а також особисто надати необхідний для ремонту інструмент.

### 3.3.3 Вимоги безпеки по закінченню робіт.

Черговий електрик, що приймає зміну, приходить на робоче місце за 15 хвилин до початку зміни, перевіряє та оглядає належний спецодяг, отримує завдання та приймає зміну. Електрик, що здає зміну, ставить свій підпис під записом про прийняття зміни іншим в оперативному журналі.

Електрик, який прийняв зміну, несе повну відповідальність за стан робочого місця.

## 3.4. Протипожежна безпека

3.4.1. Для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємствах важливо знати основні причини пожеж. На основі статистичних даних такими є:

- необережне поводження з вогнем;

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		63

- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

3.4.2. На підприємстві розроблені галузеві інструкції пожежної безпеки, якими керується персонал компанії. Крім цього, керівництво забезпечує виконання державних нормативно-правових актів та правил пожежної безпеки.

3.4.3. Відповідно до ОНТП 24-86 приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяються на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д).

3.4.4. Згідно вимог інструкцій протипожежної безпеки на території побуту майстерні розміщений протипожежний щит. Перелік протипожежного інструменту і інвентарю, яким укомплектований щит наведений у таблиці:

Таблиця 3.1 – Протипожежний інструмент та інвентар

Назва	Кількість	Одиниця вимірювання
1. Лопата	2	шт.
2. Відро	2	шт.
3. Сокира	2	шт.
4. Вогнегасник	3	шт.
5. Дзвін	1	шт.
6. Лом	2	шт.
7. Багор	1	шт.

Біля протипожежного щита повинна бути ємкість із водою об'ємом 250 л, ящик із піском об'ємом 0,5 м<sup>3</sup>. В майстерні в наявності повинна бути кошма (полотно розміром не менше 100x100 см із негорючого матеріалу).

У зв'язку з тим, що в підприємстві ймовірність виникнення пожеж, в особливості на електроустановках, дуже висока, то персонал регулярно, згідно планів, проходить протиаварійні тренування сумісні з протипожежними. Крім цього на пі-

дприємстві введений і постійно діє протипожежний режим, вимоги якого визначені в загально об'єктовій інструкції протипожежної безпеки.

До технічних заходів пожежної профілактики відноситься дотримання протипожежних норм і правил при конструюванні та проектуванні будівель, обладнання, утримання у справному стані устаткування, суворий контроль за дотриманням правил експлуатації обладнання та дотримання правил та інструкцій з протипожежної безпеки, застосування автоматичних пристроїв виявлення, оповіщення та гасіння пожеж.-

До заходів пожежної профілактики при проектуванні та будівництві відносяться: підвищення вогнестійкості будівель і споруд; зонування території (Планування з урахуванням ознак пожежної небезпеки); протипожежні розриви; протипожежні перешкоди; забезпечення безпечних шляхів евакуації (не менше двох виходів); видалення з приміщення диму при пожежі (застосування аераційних ліхтарів, димових люків, легкоскидних конструкцій); дотримання протипожежних вимог до систем опалення та кондиціонування повітря.

Заходи режимного характеру регулюють режим і правила роботи. Куріння допускається тільки у спеціально відведених місцях, обладнаних урнами і ємностями з водою. У цих місцях повинні бути вивішені написи "Місце для куріння".

Для створення системи протипожежного захисту керівник цеху згідно з нижче приведеним алгоритмом має здійснити такі організаційні заходи:

- забезпечити якісне і вчасне виконання чинного законодавства з питань пожежної безпеки, відповідних постанов Кабінету Міністрів України, розпоряджень місцевих органів влади, вищих відомчих організацій, норм та правил пожежної безпеки;
- призначити своїм наказом відповідальних за протипожежний стан;
- визначити порядок проведення протипожежних інструктажів та пожежно-технічного мінімуму;
- створити пожежно-технічну комісію ;
- визначити режим роботи підприємства та організувати чергування у вихі-

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		65



дні та святкові дні;

- забезпечити додержання протипожежного режиму на підприємстві, для чого розробити та затвердити відповідні інструкції про заходи з пожежної безпеки і контролювати їх виконання;

- визначити порядок проведення огляду приміщень перед їх закриттям;

- встановити порядок проведення вогневих та вогнебезпечних робіт;

- призначити відповідальних осіб за виконання приписів органів державного пожежного нагляду;

- включити питання про виконання капітальних протипожежних заходів до планів розвитку підприємства, поліпшення умов та охорони праці;

- забезпечити виділення коштів на протипожежні заходи;

- на підставі аналізу пожежної небезпеки розробити заходи щодо посилення протипожежного захисту;

- включити питання забезпечення протипожежного захисту до функціональних обов'язків посадових осіб підприємства, а також до колективних договорів;

- визначити можливість (місця) паління, застосування побутових нагрівальних приладів;

- встановити порядок проведення планово-профілактичних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;

- визначити порядок дій на випадок пожежі, евакуації людей та матеріальних цінностей, забезпечити їх систематичне відпрацювання.

### **3.5 Розрахунок заземлення та грозозахисту**

Розрахувати заземлюючих пристроїв в електроустановках з ізольованою нейтраллю - це значить:

- визначити розрахунковий струм замикання на землю;

- визначити розрахунковий опір ґрунту;

- вибрати кількість вертикальних електродів.

Заземлюючих пристроїв складається з заземлювача і заземлюючих провід-

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		66

ників. В якості заземлювачів використовуються в першу чергу природні заземлювачі: прокладені в землі сталеві водопровідні труби, сталева броня і свинцеві оболонки силових кабелів. Якщо природні заземлювачі недостатньо, застосовують штучні заземлювачі: заглиблення в землю вертикальні електроди з труб, куточків або пруткової сталі і горизонтально прокладені в землі на глибині не менше 0,7 м смуги. Рекомендується використовувати пруткові заземлювачі - стрижні діаметром 12 ... 16 мм і довжиною 5 м, які забезпечують малий опір розтікання струму.

Зробимо розрахунки заземлюючих пристроїв при  $L_{KL} - 0,8\text{км}$ ; ґрунт  $\rho = 100$  Ом/м (суглинок); площа цеху -  $A \times B = 48 \times 30$ ;  $t = 0,7$  м; приймаємо до установки заземлюючих пристроїв типу К; кліматична зона - III; розмір штучних заземлювачів: В - труба сталевая  $S = 16 \text{ мм}^2$ ;  $L = 5\text{м}$ ; Г-труба сталевая  $S = 16 \text{ мм}^2$ .

- 1) Визначаємо розрахунковий опір 1-го вертикального електрода:

$$r_B = 0,3 \times 100 \times 1,5 = 45 \text{ Ом}$$

- 2) Визначаємо розрахунковий опір суміщених заземлюючих пристроїв підстанцій

$$R_{3П} = 125 / I_3 = 125 / 0,8 = 156,25 \text{ Ом}$$

де  $I_3$  – струм замикання на землю, А.

$$I_3 = \frac{U_{НОМ} \times 35 \times L_{KL}}{350}$$

$$I_3 = \frac{10 \times 35 \times 0,8}{350} = 0,8 \text{ кА.}$$

Для мережі низької напруги, але допустимої при даному ґрунті визначається:

$$R_{3П.доп} = R_{3П.2} \times 0,01 \times \rho$$

$$R_{3П.доп} = 4 \times 0,01 \times 100 = 4 \text{ Ом}$$

Отже для розрахунку приймаємо:

$$R_{3П} = 4 \text{ Ом}$$

- 3) Визначається кількість вертикальних електродів без екранування

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						67
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$N'_{в.р} = \frac{r_B}{R_{3П}}$$

$$N'_{в.р} = \frac{45}{4} = 11,25, \text{ приймаємо } N'_{в.р} = 12$$

З урахуванням екранування:

$$N_{в.р} = \frac{N'_{в.р}}{\eta_B}$$

$$N_{в.р} = \frac{12}{0,675} = 17,8 = 18$$

4) Розміщуємо заземлюючих пристроїв на плані.

$$\text{Так як } \frac{a}{L} = 1,92 \text{ то } a = 1,92L = 9,6$$

Примітка:

при прямому прокладанні виходить велика тривалість по території, що недоцільно:

$$L_{II} = a(N_{в.р} - 1)$$

$$L_{II} = 9,6(18 - 1) = 164$$

5) Визначаються уточнені значення опорів вертикальних і горизонтальних електродів:

$$R_B = \frac{r_b}{N_{в.р} \times \eta_B}$$

$$R_B = \frac{45}{18 \times 0,65} = 3,85 \text{ Ом}$$

$$\eta_B = 0,65$$

$$\eta_\Gamma = 0,33$$

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_{II} \times \eta_\Gamma} \times \rho \times K_{\text{сез.ч}} \times \lg \frac{2L_{II}^2}{b \times t}$$

6) Визначаємо фактичний опір заземлюючого пристрою:

$$R_{3П} = \frac{R_B \times R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma}$$

$$R_{3П} = \frac{3,85 \times 11,29}{3,85 + 11,29}$$

$$R_{3П.доп} > R_{3П.ф}$$

$$4 > 2,87$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						68
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Отже, заземлюючих пристроїв ефективно.

Розміщується ЗП на плані і уточнюється відстань, наносяться на план. Так як контурне ЗП закладається на відстані не менше 1 м, то довжина по периметру закладки дорівнює

$$L_{\text{П}}=(A+2)\times 2+(B+2)\times 2=(48+2)\times 2+(30+2)\times 2=164 \text{ м}$$

Тоді відстань між електродами уточнюється з урахуванням форми об'єкта. По кутах встановлюють по одному вертикальному електроду, а що залишилися - між ними. Для рівномірного розподілу електродів остаточно приймається  $N_B=20$ , тоді

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1} = \frac{32}{5} = 6,4 \text{ м}$$

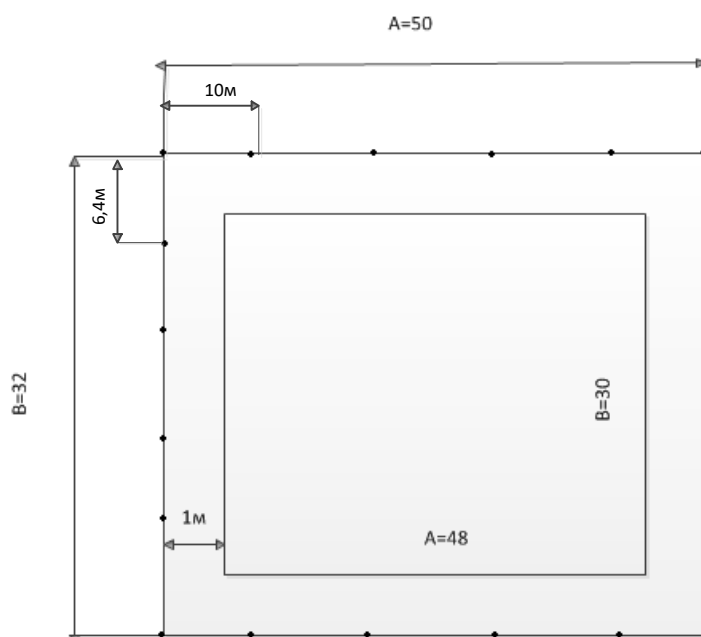
$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1} = \frac{50}{5} = 10 \text{ м}$$

де  $a_B$  - відстань між електродами по ширині об'єкта, м

$a_A$  - відстань між електродами по довжині об'єкта, м

$n_B$  - кількість електродів по ширині об'єкта

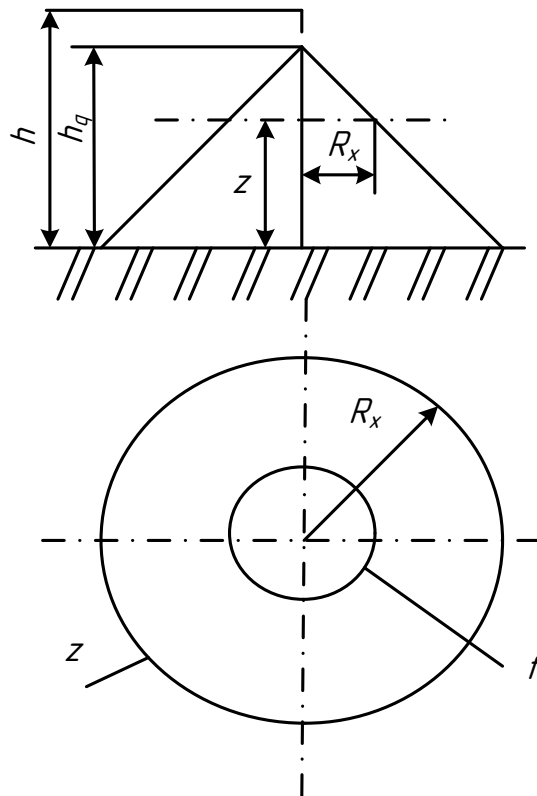
$n_A$  - кількість електродів по довжині об'єкта



Малюнок 3.1 – План ЗП підстанції

					MP 3.8.141.507 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		69

Для розрахунку захисту від блискавки необхідно визначається тип захисту, параметри захисту, зона дії захисту.



Малюнок 3.2 – Параметри блискавкозахисту

де  $h$ - повна висота стрижневого блискавковідводу, м;

$h_0$ - висота вершини конуса стрижневого блискавковідводу, м;

$h_x$ - висота споруди, що захищається, м;

$h_m$ -висота стержня блискавковідводу, м;

$h_a$ -активна висота громовідводу, м;

$r_0, r_x$ - радіуси захисту на рівні землі і на висоті захищається споруди, м;

Зона дії характеризується ступенем надійності:

Зона А  $\geq 99,5\%$

Зона Б  $\geq 95-99,5\%$

Очікувана кількість уражень в рік для будівель і споруд прямокутної форми визначається за формулою:

$$N = [(B + 6h_x)(A + 6h_x) - 7,7h_x^2] \times n \times 10^{-6}$$

					MP 3.8.141.507 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		70

Розрахунковий формули для розрахунку одностержневого громовідводу для зони А:

$$h_0=0,85h$$

$$r_0=(1,1-2\times 10^{-3}h)h$$

$$r_x=(1,1-2\times 10^{-3}h)(h-1,2h_x)$$

Зони Б:

$$h_0=0,92h$$

$$r_0=1,5h$$

$$r_x=1,5(h-1,1h_x)$$

Виконаємо блискавкозахист будівлі двома окремостоящими стрижневими громовідводами однакової висоти 28 м. Будівля має розміри 48x30x8 м.

Зона А

$$h_0=0,85\times 28=23,8 \text{ м}$$

$$r_0=(1,1-2\times 10^{-3}\times 28)28=29,2 \text{ м}$$

$$r_x=(1,1-2\times 10^{-3}\times 28)(28-1,2\times 8)=19,2 \text{ м}$$

Відстань між громовідводами  $L=58$  м.

При  $h < L \leq 2h$

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \times 10^{-4} \times h)(L - h)$$

$$r_c = r_0$$

$$r_{cx} = r_0 \times (h_c - h_x) \frac{1}{h_c}$$

де  $h_c$  - висота середньої частини подвійного стрижневого блискавковідводу, м;

$2r_c, 2r_k$  - ширина середньої частини зони подвійного стрижневого блискавковідводу, м

$$h_c = 23,8 - (0,17 + 3 \times 10^{-4} \times 28)(58 - 28) = 18,45 \text{ м}$$

$$r_c = 29,2 \text{ м}$$

$$r_{cx} = 29,2 \times (18,45 - 8) \frac{1}{18,45} = 16,5 \text{ м}$$

Зона Б

$$h_0=0,92\times 28=25,8 \text{ м}$$

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		71

$$r_0 = 1,5 \times 28 = 42 \text{ м}$$

$$r_x = 1,5(28 - 1,1 \times 8) = 28,8 \text{ м}$$

Відстань між блискавковідводу  $L = 58 \text{ м}$ .

При  $h < L \leq 6h$

$$h_c = h_0 - 0,14(L - h)$$

$$r_c = r_0$$

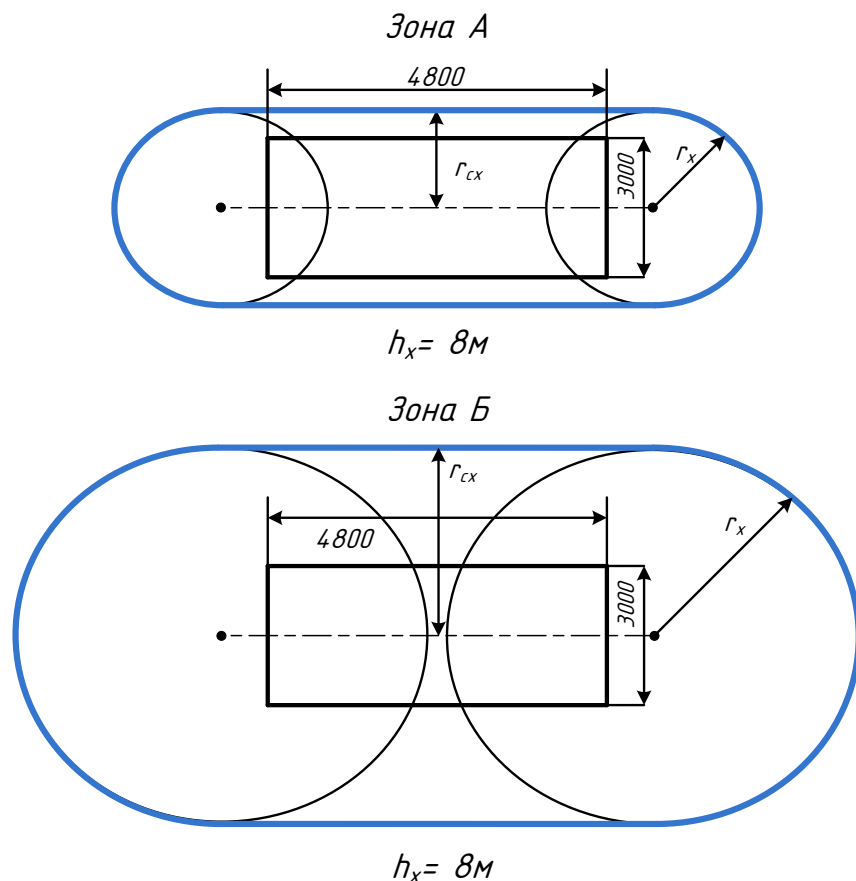
$$r_{cx} = r_0 \times (h_c - h_x) \frac{1}{h_c}$$

$$h_c = 25,8 - 0,14(58 - 28) = 21,6 \text{ м}$$

$$r_c = 42 \text{ м}$$

$$r_{cx} = 42 \times (21,6 - 8) \frac{1}{21,6} = 26,44 \text{ м}$$

На малюнку 3.3 наведено зони А і Б захисту подвійного стрижневого блискавковідводу.



Малюнок 3.3 – Зони захисту подвійного стрижневого блискавковідводу на висоті 8 м.

#### 4. Економічна частина

Таблиця 4.1 – Вихідні дані до розрахунку технічного обслуговування та ремонту електрообладнання (дані системи ППР базового підприємства)

Найменування показників	Цифрові дані				
Назва електрообладнання	Електродвигуни потужністю, кВт				Тр-р
	3,1-5,5	5,6-10	10,1-17	22,1-30	
Кількість електрообладнання, $N$	4	8	9	2	2
Ремонтний цикл, Ц (год)	51840	51840	51840	51840	86400
Міжремонтний період, Ц <sub>п</sub> (год)	4320	4320	4320	4320	8640
Трудомісткість ремонту в люд-год:					
-капітального, $m_k$	17	23	31	44	179
-поточного, $m_n$	3	4	6	8	36
Час простою в ремонті, в годинах:					
-у капітальному, $t_k$	24	72	72	72	144
-у поточному, $t_n$	3	8	8	8	32



## 4.1 Організація технічного обслуговування та ремонту електрообладнання

### 4.1.1 Розрахунок структури ремонтного циклу

Встановленими нормами визначається структура ремонтного циклу.

Ремонтний цикл – це час роботи між двома капітальними ремонтами.

Міжремонтний період – це час між двома суміжними ремонтами.

Структура ремонтного циклу – це чергування ремонтів у відповідній послідовності між двома капітальними ремонтами.

Ремонтний та його структура залежать від умов експлуатації електрообладнання. В період ремонтного циклу здійснюється один або декілька поточних ремонтів. Дані для розрахунку беремо з таблиці 4.1.

Кількість поточних ремонтів  $a_n$ , розраховуємо за формулою:

$$a_n = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_\Pi} - 1$$

де  $\text{Ц}$  – тривалість ремонтного циклу, в міс, (год);

$\text{Ц}_\Pi$  – тривалість міжремонтного періоду, міс, (год);

1 – кількість капітальних ремонтів у ремонтному циклі.

Кількість поточних ремонтів  $a_{n.гр}$  для групи споживачів, розраховуємо за формулою:

$$a_{n.гр} = a_n * N$$

де  $N$  – кількість споживачів у групі, шт;

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.2.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						74
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків

Найменування обладнання	Кількість, N, шт	Тривалість, міс		Кількість поточних ремонтів		
		ремонтного циклу	міжремонтного періоду	на од. ел. обладнання, $a_n$	на всю кількість, $a_{n.гр}$	
Електродвигуни	3,1-5,5	4	72	6	11	44
	5,6-10	8	72	6	11	88
	10,1-17	9	72	6	11	99
	22,1-30	2	72	6	11	22
Трансформатори	2	120	12	9	18	

Виходячи з розрахунків ми складемо структуру ремонтних циклів електродвигунів, вентиляторів та трансформаторів, які наведені нижче в таблиці 4.3 та 4.4.

Таблиця 4.3 – Структура ремонтного циклу для електродвигунів, вентиляційних агрегатів та агрегатів опалення

роки \ Міс	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
	1-ий						П					
2-ий						П						П
3-ій						П						П
4-ий						П						П
5-ий						П						П
6-ий						П						К

де П – поточний ремонт;

К – капітальний ремонт.

Таблиця 4.4 – Структура ремонтного циклу для трансформаторів

Міс роки	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1-ий												П
2-ий												П
3-ий												П
4-ий												П
5-ий												П
6-ий												П
7-и												П
8-ий												П
9-ий												П
10-ий												К

#### 4.1.2 Розрахунок середньорічної трудомісткості ремонтів

Згідно зі складеною структурою ремонтного циклу електрообладнання та вибраним з системи ППР нормам трудомісткості робіт при різних видах ремонтів розраховується трудомісткість робіт у ремонтному циклі та середньорічна трудомісткість робіт, відповідно до якої виконується розрахунок чисельності ремонтного персоналу.

Трудомісткість робіт являє собою затрати праці у людино-годинах на виробництво одиниці продукції або виконання відповідно обсягу робіт.

Загальна трудомісткість ремонтних робіт у ремонтному циклі при капітальному ремонті для даного виду електрообладнання з урахуванням його кількості  $T_p^k$ , люд-год, визначаємо за формулою:

$$T_p^k = m_k \times a_k \times N$$

де  $m_k$  – норма трудомісткості робіт при капітальному ремонті для даного

виду обладнання, люд-год;

$a_k$  – кількість капітальних ремонтів у ремонтному циклі, шт;

$N$  – кількість одиниць даного виду електрообладнання, шт.

Загальна трудомісткість ремонтних робіт при поточному ремонті,  $T_p^п$ , люд-год, для даного виду обладнання з урахуванням його кількості визначаємо за формулою:

$$T_p^п = m_n \times a_n \times N$$

де  $m_n$  – норма трудомісткості робіт при капітальному ремонті для даного виду обладнання, люд-год.

Загальна трудомісткість ремонтних робіт в ремонтному циклі,  $T_p^{заг}$ , люд-год:

$$T_p^{заг} = T_p^к + T_p^п$$

Середньорічна трудомісткість ремонтних робіт,  $T_p^{ср.річн.}$ , люд-год, розраховуємо за формулою:

$$T_p^{ср.річн.} = (T_p^{заг} \times 12) / Ц$$

де 12 – кількість місяців в року;

Ц – ремонтний цикл в місяцях.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.5.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						77
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5 – Середньорічна трудомісткість ремонтних робіт електрообладнання

Найменування та тип електрообладнання	Кількість одиниць електрообладнання	Капітальний ремонт			Поточний ремонт			Загальна трудомісткість у ремонтному циклі, люд-год	Тривалість ремонтного циклу, міс	Середньорічна трудомісткість усього виду електрообладнання, люд-год	
		Кількість ремонтів	Норма трудомісткості, люд-год	Загальна трудомісткість ремонтів, люд-год	Кількість ремонтів	Норма трудомісткості, люд-год	Загальна трудомісткість ремонтів, люд-год				
Електродвигуни	3,1-5,5	4	1	17	68	11	3	132	300	72	50
	5,6-10	8	1	23	184	11	4	352	536	72	89,3
	10,1-17	9	1	31	279	11	6	594	873	72	145,5
	22,1-30	2	1	44	88	11	8	176	264	72	44
Тр-ри	2	1	179	358	9	36	648	683	120	68,3	
Всього:	25	-	-	977	53	-	1902	2879	-	397,1	

Трудомісткість технічного обслуговування  $T_p^{TO}$ , люд-год, складає 10% від трудомісткості поточного ремонту:

$$T_p^{TO} = (T_p^P \times 10\%) / (100\%) = (1902 \times 10\%) / (100\%) = 190,2 \text{ люд-год}$$

#### 4.1.3 Розрахунок тривалості простою електрообладнання під час ремонту

Для визначення ефективного фонду часу роботи обладнання, а також витрат електроенергії зі рік, необхідно знати час простою електрообладнання в ремонті впродовж року.

При розрахунку часу простою електрообладнання в ремонті використовуються 3 системи ППР з урахуванням трудомісткості виконуваних робіт з ремонту

електрообладнання.

Загальний час простою при капітальному ремонті  $T_{\text{пр}}^{\text{к}}$ , год, визначаємо за формулою:

$$T_{\text{пр}}^{\text{к}} = t_k \times N \times a_k$$

де  $t_k$  – норма простою обладнання при капітальному ремонті для даного виду електрообладнання, год.

Загальний час простою при поточному ремонті у ремонтному циклі,  $T_{\text{пр}}^{\text{п}}$ , год., визначаємо за формулою:

$$T_{\text{пр}}^{\text{п}} = t_n \times N \times a_n$$

де  $t_n$  – норма простою обладнання в поточному ремонті для даного виду електрообладнання, год.

Сума затрат часу на простій під час ремонту в ремонтному циклі,  $T_{\text{пр}}^{\text{заг}}$ , год., становить:

$$T_{\text{пр}}^{\text{заг}} = T_{\text{пр}}^{\text{к}} + T_{\text{пр}}^{\text{п}}$$

Середньорічний простій електрообладнання в ремонті,  $T_{\text{пр}}^{\text{ср.річн}}$ , год., розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{пр}}^{\text{ср.річн}} = (T_{\text{пр}}^{\text{заг}} \times 12) / \text{Ц}$$

де 12 – кількість місяців року;

Ц – тривалість ремонтного циклу, міс.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.6

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		79

Таблиця 4.6 – Середньорічна тривалість простою електрообладнання в ре-  
МОНТІ

Найменування та тип електрообладнання	Кількість одиниць електрообладнання	Капітальний ремонт			Поточний ремонт			Заграти часу на простій під час ремонту в ремонтному циклі, год	Тривалість ремонтного циклу, міс	Середньорічний простій в ремонті, год	
		Кількість ремонтів	Норма простою у ремонті, год	Загальні затрати часу на ремонт, год	Кількість ремонтів	Норма простою у ремонті, год	Загальні затрати часу на ремонт, год				
Електродвигуни	3,1-5,5	4	1	24	96	11	3	132	109	72	18,2
	5,6-10	8	1	72	576	11	8	704	1280	72	213,3
	10,1-17	9	1	72	648	11	8	792	1440	72	240
	22,1-30	2	1	72	144	11	8	176	320	72	53,3
Тр-ри	2	1	144	288	9	32	576	864	120	86,4	
Всього:	25	-	-	1752	53	-	2380	4132	-	611,2	

#### 4.1.4 Річний графік ППР електрообладнання

Обслуговування і ремонт обладнання відбувається по раніше розробленому графіку ППР. В графіку встановлюються тверді строки проведення окремих видів ремонтів та їх почерговості.

Для побудови графіка ППР на запланований рік необхідно знати рік та місяць вводу в дію електрообладнання, а також необхідно врахувати структуру ремонтного циклу на цьому електрообладнанні.

Кількість капітальних ремонтів в загальному періоді для усього типового електрообладнання  $P_K$ , шт, розраховуємо за формулою:

$$P_K = \frac{8640 \times N \times a_k \times K}{\text{Ц}}$$

де 8640 – календарний фонд часу, год;

$N$  – кількість типового електрообладнання;

$a_k$  – кількість капітальних ремонтів у ремонтному циклі для одиниці обладнання;

$K$  – коефіцієнт використання обладнання за календарним часом, приймаємо рівним 1;

$\text{Ц}$  – тривалість ремонтного циклу, год.

Кількість поточних ремонтів у планованому році для усього типу обладнання  $P_{\text{П}}$ , шт, розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{П}} = \frac{8640 \times N \times a_n \times K}{\text{Ц}}$$

де  $a_n$  – кількість поточних ремонтів у ремонтному циклі для одиниці обладнання.

Детальний розрахунок трудомісткості капітального і поточного ремонтів та часу простою під час ремонту для кожної одиниці обладнання не проводимо. Дані розрахунків округлюємо до найближчого цілого числа відмінного від нуля та заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунків ремонтів для графіка ППР

Найменування та тип		Кількість обладнання	Кількість ремонтів за рік	
			$P_K$ , шт	$P_{\text{П}}$ , шт
Електро- води- гуни	3,1-5,5	4	1	8
	5,6-10	8	1	15
	10,1-17	9	1	17
	22,1-30	2	1	4
Трансформатори		2	1	2



## 4.2 Розрахунок чисельності ремонтного та чергового персоналу

При визначенні чисельності робітників потрібно розрізняти явочний і списковий склад.

Явочна чисельність – це кількість працівників, які повинні вийти на роботу на протязі зміни чи доби, заповнити всі робочі місця та забезпечити нормальний хід виробничого процесу.

Облікова чисельність – включає явочну чисельність, а також запас на відшкодування невиходів на роботу в зв'язку з тимчасовою непрацездатністю, черговими і додатковими відпустками, виконанням державних і громадських обов'язків.

Облікова чисельність завжди більш явочної.

Вихідними даними для розрахунку чисельності ремонтного і чергового персоналу є трудомісткість ремонтних робіт і річний баланс робочого часу яка наведена в таблиці 4.2.

### 4.2.1 Річний баланс робочого часу

Для того щоб розрахувати чисельність ремонтного і чергового персоналу необхідно знати кількість днів у році, які відпрацьовує один середньосписковий робітник при відповідних ремонтних роботах.

Для цього складається річний баланс робочого часу.

Баланс робочого часу – показує кількість днів і годин, які повинен відпрацювати один робітник на протязі планового року.

Графік змінності – характеризує послідовність виходу на роботу, порядок переходу робітників зі зміни в зміну, чередування днів праці та відпочинку.

Коефіцієнт невиходів – визначається як частка номінального фонду робочого часу на ефективний фонд робочого часу, показує у скільки разів облікова чисельність більше явочної.

В балансі розрізняють календарний час ( $T_K$ ), номінальний час ( $T_{НОМ}$ ), та ефективний час ( $T_{ЕФ}$ ).

Календарний фонд робочого часу – це кількість днів в році.

Номінальний фонд робочого часу – це максимально можливий фонд робо-

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						82
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

чого часу, який може бути відпрацьований одним робітником на протязі року.

Номінальний фонд робочого часу,  $T_{НОМ}$ , дн., розраховуємо за формулою:

$$T_{НОМ.пер} = T_K - (B + Cв)$$

$$T_{НОМ.безпер} = T_K - B$$

де  $T_K$  – календарний фонд часу, дн;

$B$  – кількість днів відпочинку в році;

$Cв$  – кількість святкових днів.

Ефективний фонд робочого часу для перервного та безперервного режимів роботи  $T_{ЕФ}$ , дн. розраховується за формулою:

$$T_{ЕФ} = T_{НОМ} - (Відп + ХВ + ДО + Пільг)$$

де Відп – чергові та додаткові відпустки, дн;

$ХВ$  – витрати часу через хвороби; дн;

$ДО$  – час виконання державних і громадських обов'язків;

$Пільг$  – пільгові години підліткам, дн.

Коефіцієнт невиходів на роботу  $K_{НЕВ}$ , розраховуємо за формулою:

$$K_{НЕВ} = T_{НОМ} / T_{ЕФ}$$

Розрахунки заносимо до таблиці 4.8.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						83
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 – Баланс робочого часу робітника

Назва фондів часу	Буквене позначення	Дні	
		Для ремонтного персоналу	Для чергового персоналу
Календарний фонд	T <sub>К</sub>	366	366
Вихідні дні	В	104	91
Святкові дні	Св	10	-
Номінальний фонд	T <sub>НОМ</sub>	252	275
Невиходи на роботу:			
- відпустка	Відп	24	24
- хвороба	ХВ	6	6
- державні обов'язки	ДО	1	1
- пільгові	Пільг	-	-
Ефективний фонд робочого часу (в днях)	T <sub>ЕФ</sub>	221	244
Тривалість зміни	T <sub>ЗМ</sub>	8	8
Ефективний фонд робочого часу (в годинах)	T <sub>ЕФ</sub>	1768	1952
Коефіцієнт невиходів	K <sub>НЕВ</sub>	1,14	1,13

## 4.2.2 Розрахунок чисельності ремонтного персоналу

Розраховуємо чисельність ремонтного персоналу проводиться на основі трудомісткості ремонтних робіт електроустаткування цеху Ч<sub>ОБЛ</sub>, чол, за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}} = \frac{T_p^{\text{ср.річн.}}}{T_{\text{ЕФ}} \times K_{\text{НОРМ}}} = \frac{221,06}{1798 \times 1,1} = 0,11 \text{ чол}$$

де  $T_p^{\text{ср.річн.}}$  – середньорічна трудомісткість ремонтних робіт, люд-год;

$K_{\text{НОРМ}}$  – коефіцієнт виконання норм (виробітку, часу), приймається  $K_{\text{НОРМ}}=1-1,2$ .

					MP 3.8.141.507 ПЗ	Арк
						84
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Приймаємо: 1 чол.

Так як вся трудомісткість ремонтних робіт складається із трудомісткості слюсарних, верстатних та інших робіт, то всі робітники будуть поділятися за спеціальностями на електрослюсарів і верстатних робітників.

Облікова чисельність верстатників  $\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{вер}}$ , чол, розраховуємо за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{вер}} = \frac{T_p^{\text{ср.річн.}} \times 10\%}{T_{\text{ЕФ}} \times K_{\text{НОРМ}} \times 100\%} = \frac{221,06 \times 10\%}{1798 \times 1,1 \times 100\%} = 0,01 \text{ чол}$$

де 10% – відсоток верстатних робіт в загальному обсязі верстатних робіт.

Приймаємо: 0 чол, так як верстатні роботи буде виконувати електрослюсар за сумісництвом

Облікова чисельність електрослюсарів  $\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{сл.}}$ , чол, розраховуємо за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}^{\text{сл.}} = \frac{T_p^{\text{ср.річн.}} \times (80\% + 10\%)}{T_{\text{ЕФ}} \times K_{\text{НОРМ}} \times 100\%} = \frac{221,06 \times (80\% + 10\%)}{1798 \times 1,1 \times 100\%} = 0,1 \text{ чол}$$

де 80% – відсоток слюсарних робіт в загальному обсязі ремонтних робіт.

Приймаємо: 1 чол

Після розрахунку чисельності ремонтних робітників створюється бригада з урахуванням кваліфікації електрослюсарів. Приймаємо:

- 1 електрослюсар 6 розряду

#### 4.2.3 Розрахунок чисельності чергового персоналу цеху

Розрахунок чисельності чергового персоналу цеху проводиться на основі трудомісткості технічного обслуговування електроустаткування  $\text{Ч}_{\text{ОБЛ}}$ , чол, за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{ОБЛ}} = \frac{T_p^{\text{то}}}{T_{\text{ЕФ}} \times K_{\text{НОРМ}}} = \frac{108,7}{1952 \times 1,1} = 0,05 \text{ чол}$$

де  $T_p^{\text{то}}$  – трудомісткість технічного обслуговування, люд-год.

Приймаємо: 1 чол.

Ефективний фонд часу вибирається на основі балансу робочого часу з ура-

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						85
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

хуванням режиму роботи. Якщо чисельність чергового персоналу не буде відповідати кількості робітників з обліку режиму роботи базового підприємства і правилам ТБ, то приймається потрібне число робітників з урахуванням того, що вони будуть обслуговувати електроустаткування сусіднього цеху.

Кваліфікаційний склад чергових робітників складає:

- електрослюсар 5 розряд – чоловік

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						86
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

## Висновки

У кваліфікаційній роботі магістра розглянуті питання по забезпеченню електропостачання цеху обробки корпусних деталей. На основі переліку електрообладнання та їхніх технічних характеристик, вимог до технологічного процесу та категорії з електропостачання цеху були проведені наступні розрахунки. Перш за все, було розраховано навантаження споживачів з урахуванням режимів роботи та коефіцієнтом використання. Та вибрано оптимальну схему електропостачання цеху яка задовольняє всі вимоги до категорій надійності електропостачання.

Із аналізу режимів роботи споживачів цеху для їхнього електропостачання було обрано два силових трансформатори ТМ 250-10/0,4 та обладнання електричної частини підстанції цеху: силові шафи, комутуючі апарати. Також трансформатори було перевірено на термічну дію струмів КЗ та роботу в після аварійному режимі. У випадку виходу з ладу або необхідності ремонту одного з трансформаторів ТМ 250-10/0,4 забезпечує надійне електропостачання всіх споживачів цеху у штатному режимі.

З метою вибору живлячих кабелів та захисної апаратури споживачів і СП розраховані: номінальні струми, пікові струми, що виникають під час вмикання електроустановок, довготривалі струми СП з урахуванням коефіцієнтів використання споживачів, мінімально необхідні струми уставок теплового і електромагнітного розчіплювачів автоматичних вимикачів.

Використовуючи дані обраних кабельних ліній, комутуючої та захисної апаратури, а також дані про потужність короткого замикання системи, ми провели розрахунок режиму короткого замикання та перевірили на здатність захисної апаратури та струмопровідних ліній витримати електродинамічну та термічну дію струмів КЗ.

Засоби блискавкозахисту та заземлення були розраховані згідно з вимогами ПУЕ та габаритними розмірами будівлі, що захищається.

Освітлення розраховане в пункті 2.4 та вибрано марку ламп, потужність та потрібну кількість щоб задовольняла всім умовам робочого процесу цеху.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
						87
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

У пункті «Охорона праці та техніка безпеки» наведені основні внутрішні інструкції до працівників цеху, що не суперечать чинному законодавству України. Також перерахували заходи та технічні засоби електробезпеки в цеху та вимоги безпеки, яких повинні дотримуватися працівники.

У пункті «Економічна частина» розрахували технічне обслуговування та ремонту електрообладнання. Визначили графік організація технічного обслуговування та ремонту електрообладнання цеху. На основі необхідної кількості капітальних і поточних ремонтів була розрахована трудомісткість робіт, що є основою для визначення мінімально необхідної кількості чергового і ремонтного персоналу враховуючи річний баланс робочого часу.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ Документу</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		88

## Список літератури

1. Внутрішньозаводське електропостачання. Рудницький В.Г. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. - 153 с.
2. Електропостачання: підручник/П.О. Василега.- Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
3. Електротехніка і електроніка : Навчань. посібник для ПТУ/М.К. Линва, И.Д. Златенов, П.Н. Новіков, Е.В. Шапкин. - М.: Высш. шк., 1991. - 224 с.
4. Електричне освітлення. Кашенко П.С. НМЦ:, 2002.. – 65с .
5. Економіка підприємства: підручник. / І.М.Бойчик. – К.: Кондор - Видавництво, 2016. – 378 с..
6. Економіка підприємства: навч. посіб. / [І. М. Посохов, В. Г. Дюжев, С. В. Сусліков, К. О. Тимофеева] ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Харків. Політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХП», 2016. – 380 с.
7. «Методичний посібник з виконання курсових проектів студентам всіх форм навчання за спеціальністю 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустановок підприємств і цивільних споруд», В.Е. Гапон , Шостка, 2011. – 91 с.
8. «Молниезащита электроустановок систем электроснабжения» А.В. Кабышев. Учебное пособие – Издательство ТПУ, Томск. 2006 – 124 с.
9. Основи економіки праці: Навч. посіб. / Богиня Д.П., Грішнова О.А. - К.: Знання-Прес, 2000.-313 с.
10. Основи підприємства: навч.пос. / Л.В. Осінова, Г.М. Силіяєва. – К.: Ельга, 2004. – 528 с.
11. Основи охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигірей, О.В. Мельников. Львів «Афіша», 2000.
12. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., перероблене і доповнене (станом на 21.07.2017). – Міненерговугілля України, 2017.
13. Правила улаштування електроустановок К. «Індустрія», 421 с. 2008р.
14. Правила організації технічного обслуговування і ремонту обладнання та мереж. ГДК 34.20.601-2003.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		89



15. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Мін. Палива та Енерг. Укр. ГДК 34.20.507-2003.

16. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IE C 62305:2006, NEQ). – Київ : Мінрегіонбуд України , 2008.

					<i>MP 3.8.141.507 ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		90