

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

## бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Модернізація системи електропостачання ТОВ "Енергосервіс"

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41  
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

Турок Є.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Белякова І.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Коваль В.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Шовкун О.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Турок Євген Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи електропостачання ТОВ "Енергосервіс"

Керівник роботи Белякова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2024 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Перелік існуючого обладнання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., завідувач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 2024 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.03.2024	
2	Аналітичний розділ	28.03.2024	
3	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2024	
4	Розрахунковий розділ	30.05.2024	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2024	
6	Загальні висновки	03.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2024	
8	Оформлення графічної частини	06.06.2024	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Турок Є.М.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Белякова І.В.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2024.

Стор. 68; рис. 1; табл. 12; креслень -; джерел 15; додатків 0.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Модернізація системи електропостачання ТОВ “Енергосервіс”».

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація системи електропостачання ТОВ “Енергосервіс”.

Проведено вибір системи і видів освітлення. Проведено вибір світильників, їх висоти підвісу та розміщення. Проведено світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення. Складено схему живлення мережі цеху. Визначено місця розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі. Проведено розрахунок перерізів проводів (кабелів) групової мережі та мережі живлення та перевірка по втраті напруги. Проведено вибір апаратів захисту освітлювальної мережі. Обґрунтовано варіант вибору схеми електропостачання. Проведено розрахунок електричних навантажень. Проведено розрахунок потужності компенсуючого пристрою. Проведено вибір числа та потужності трансформаторів КТП. Проведено розрахунок параметрів та вибір апаратів захисту розподільчої мережі. Проведено розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП. Проведено розрахунок заземлюючого пристрою. Розглянуто грозозахист будівлі цеху. Проведено розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф.

Ключові слова: модернізація, система електропостачання, електричне обладнання.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Характеристика технологічного процесу підприємства	8
1.2 Внутрішньо-цехове електропостачання.	11
1.3 Модернізація системи електропостачання промислових підприємств	14
1.4 Постановка задач	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Розрахунок електричних навантажень цеху	16
2.1.1 Вибір системи і видів освітлення	16
2.1.2 Вибір джерел світла для системи загального рівномірного освітлення	16
2.1.3 Вибір освітленості і коефіцієнта запасу	18
2.1.4 Вибір типу світильників, їх висоти підвісу і розміщення.	18
2.1.5 Світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення	20
2.2 Складання схеми живлення мережі цеху	23
2.2.1 Вибір джерел живлення	23
2.2.2 Визначення місць розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі	23
2.3 Розрахунок перетинів проводів (кабелів) групової і живлячої мережі і перевірка по втраті напруги	24
2.4 Захист освітлювальної мережі і вибір апаратів захисту	29
2.5 Обґрунтування вибору варіанту схеми електропостачання	29
2.6. Розрахунок електричних навантажень	31
2.7 Розрахунок потужності компенсуючого пристрою реактивної потужності	35

2.8 Вибір числа і потужності трансформаторів КТП	36
2.9. Розрахунок параметрів і вибір апаратів захисту розподільчої мережі	38
2.10 Розрахунок параметрів і вибір дротів, кабелів розподільчої мережі	39
2.11 Розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП	42
2.12 Розрахунок перетину жил і вибір кабелю живлення РП	46
2.13 Висновки до Розділу 2	47
<b>3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.</b>	<b>49</b>
3.1 Розрахунок заземлюючого пристрою.	49
3.2 Грозозахист будівлі цеху	51
3.3 Розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф	51
3.4 Висновки до Розділу 3	58
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<b>59</b>
4.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація.	59
4.2 Розробка конкретних заходів щодо боротьби із статичною електрикою	62
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>65</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>67</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Модернізація системи електропостачання передбачає впровадження новітніх технологій і покращення існуючої інфраструктури з метою забезпечення більшої ефективності, надійності, безпеки і економічної вигідності електропостачання. Впровадження сучасних технологій полягає у використанні автоматизації, дистанційного керування, систем моніторингу стану обладнання для підвищення ефективності та швидкості виявлення проблем. Вдосконалення мережі полягає у розширенні та оптимізації мережі для зменшення втрат енергії і підвищення стійкості до навантажень. Енергоефективність полягає у впровадженні енергозберігаючих технологій, включаючи використання сонячних панелей, вітряних турбін, енергоефективних освітлювальних систем тощо. Забезпечення надійності полягає у вдосконаленні системи резервування та запобігання аваріям для забезпечення безперебійного електропостачання. Цифровізація і управління даними полягає у застосуванні цифрових технологій для збору, аналізу та оптимізації використання даних про електромережу та споживачів. Збільшення стійкості до зовнішніх загроз полягає у заходах з кібербезпеки, захисту від електромагнітних перешкод, стійкість до природних лих.

Модернізація системи електропостачання є важливим етапом для забезпечення сталого розвитку та підвищення якості життя через покращення інфраструктури енергопостачання. Тому, модернізація системи електропостачання ТОВ “Енергосервіс” є актуальною задачею.

**Метою кваліфікаційної роботи** є модернізація системи електропостачання ТОВ “Енергосервіс”.

**Завдання:**

1. Провести вибір системи і видів освітлення.
2. Провести вибір світильників, їх висоти підвісу та розміщення.
3. Провести світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення.
4. Скласти схему живлення мережі цеху.
5. Визначити місця розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі.
6. Провести розрахунок перерізів проводів (кабелів) групової мережі та мережі живлення та перевірку по втраті напруги.
7. Провести вибір апаратів захисту освітлювальної мережі.
8. Обґрунтувати варіант вибору схеми електропостачання.
9. Провести розрахунок електричних навантажень.
10. Провести розрахунок потужності компенсуючого пристрою.
11. Провести вибір числа та потужності трансформаторів КТП.
12. Провести розрахунок параметрів та вибір апаратів захисту розподільчої мережі.
13. Провести розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП.
14. Провести розрахунок заземлюючого пристрою.
15. Розглянути грозозахист будівлі цеху.
16. Провести розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф.



## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

ТОВ “Енергосервіс” – підприємство, яке займається монтажем електроустаткування, монтажем електричної проводки в житлових і загальногосподарських будівлях. Також підприємство займається роботами по монтажу і установки сантехнічного устаткування. На балансі підприємства є цех по ремонту сільськогосподарської техніки.

На ТОВ “Енергосервіс” є власна атестована електротехнічна лабораторія, яка має право проводити вимір опору ізоляції, перевірки наявності кола, перевірки “фаза-нуль”, вимір опору громовідводів і грозозахисту.

ТОВ “Енергосервіс” виконало ряд робіт в сільській місцевості, включаючи збірні житлові будинки, тваринницькі ферми, агропромислові комплекси, молочнотоварні ферми.

На даний момент на підприємстві є значна кількість устаткування, що вимагає заміни. Проте, підприємство не має в своєму розпорядженні достатніх засобів для повної заміни всього застарілого електроустаткування.

Одним з виходів вирішення цієї проблеми є часткова або повна зміна системи електропостачання з врахуванням мінімальних витрат, оскільки грамотно складена система електропостачання дозволить підприємству працювати на високому рівні з меншими витратами.

### 1.1 Характеристика технологічного процесу підприємства

Проектований цех включає наступні приміщення:

- ділянка діагностики і технічного обслуговування тракторів;
- ділянка поточного ремонту сільгоспмашин;
- ковальсько-зварювальна ділянка;
- слюсарно-механічна ділянка;
- механічна ділянка;

- ковальсько-пресова ділянка;
- стоянка для тракторів.

У секторі технічного обслуговування і ремонту тракторів, комбайнів і інших сільськогосподарських машин здійснюється міжзмінне зберігання і технічне обслуговування машин; здійснюється поточний ремонт тракторів, комбайнів і іншої складної техніки, ремонт енергоустаткування і устаткування тваринницьких ферм всього господарства; проводиться ремонт нескладних сільськогосподарських машин, що експлуатуються при центральній садибі. Для міжзмінного зберігання у складі сектора передбачаються стоянки і майданчики для стоянки агрегатів з гусеничними колісними тракторами, комбайнів і іншої сільськогосподарської техніки. На час можливої короткочасної (до 10 днів) заміни на тяговому агрегаті однієї причіпної (навісної) сільськогосподарської машини другою, передбачається майданчик тимчасової стоянки сільськогосподарських машин. Приміщення стоянок і розміри майданчиків розраховані на одночасну установку машин і агрегатів в найбільш напружений період польових робіт. Крім того, для техніки, що поступає з інших відділень або з машинного двору, передбачені майданчики (для тракторів і інших сільськогосподарських машин), які очікують ремонту і тих, які вийшли після ремонту.

Технічне обслуговування і ремонт здійснюється в ремонтному цеху, ремонт енергоустаткування в спеціалізованому пункті.

Побутові приміщення для персоналу цеху і пункту знаходяться в даних будівлях.

У секторі зберігання, технічного обслуговування, ремонту і експлуатації автомобільного транспорту здійснюється міжзмінне зберігання, технічне обслуговування і поточний ремонт автомобілів і їх причепів.

На машинному дворі виконуються наступні роботи:

- організовується короткочасне і тривале зберігання техніки і знятих з неї вузлів і деталей, що вимагають складського зберігання;

- виконується технічне обслуговування машин при постановці їх на зберігання, під час зберігання і при знятті із зберігання;
- комплектування машин в агрегати і їх регулювання (налаштування);
- приймання, збірка, випробування, обкатка і попереднє регулювання нових машин, що поступають в господарство;
- розбирання списаних тракторів, комбайнів і інших складних сільськогосподарських машин.

Короткочасне і тривале зберігання передбачається у відкритих майданчиках і в закритих стоянках. У закритих стоянках зберігаються самохідні кукурудзозбиральні, кормо - збиральні і частково зернозбиральні комбайни, а також машини по внесенню добрив і пестицидів.

Зберігання знятих з машин вузлів і агрегатів, що вимагають складського зберігання, здійснюється на складі машинного двору.

Очисно-мийні роботи виконуються в секторі очищення і миття. Обсушування машин після миття стислим повітрям, зняття з машин деталей, вузлів і агрегатів, що вимагають закритого або складського зберігання (окрім машин, що впливають на самохідність, які знімаються після переміщення самохідної машини на місце зберігання), відновлення пошкоджених лакофарбових покриттів, консервація машин і інші роботи технічного обслуговування при підготовці до зберігання машин і знятих з них вузлів проводяться на посту консервації машинного двору. Установка машин на підставки, технічне обслуговування під час зберігання і при знятті із зберігання проводяться на місцях зберігання машин. Обслуговування акумуляторів під час зберігання виконується в приміщеннях складу машинного двору.

Комплектування машин в агрегати і їх регулювання, а також приймання, збірка, випробування і попереднє регулювання нових машин, розбирання списаних машин проводяться на майданчику для завантаження і розвантаження техніки, обладнаної естакадою, навісом і краном вантажопідйомністю 3,2 т. Розбирання списаних машин за відсутності опадів і потреби у

вантажопідйомних механізмах може проводитися на майданчиках для зберігання даних машин. При цьому зняті із списаних машин частини, придатні для ремонту інших машин, а також ті, що підлягають відновленню, поміщаються в склад. Частини машин, непридатні для подальшого використання, накопичуються на майданчику для утилізації.

Для служби машинного двору в складі передбачаються побутові приміщення.

## 1.2 Внутрішньо-цехове електропостачання.

При розгляді схеми внутрішньо-цехового електропостачання виявляється, що на території підприємства знаходиться 13 розподільчих пристроїв, які живляться по кабельних лініях.

Внутрішньо-цехове електропостачання здійснюється за змішаною схемою.

Таблиця 1.1 - Характеристики споживачів електроенергії

Номер на плані	Найменування устаткування	Номінальна потужність $P_n$ , кВт
1	Токарно-гвинторізний верстат	11
2	Токарно-гвинторізний верстат	11
3	Вертикально - свердлильний верстат	3
4	Кругло - шліфувальний верстат	5,5
5	Вертикально-фрезерний верстат	15
6	Прес гідравлічний	18,5
7	Кран-балка	5,5
8	Вентилятор	1,5
9	Токарно-гвинторізний верстат	11
10	Круглошліфувальний верстат	5,5

Продовження таблиці 1.1

11	Вертикально-фрезерний верстат	15
12	Прес гідравлічний	18,5
13	Токарний верстат	30
14	Компресор	7,5
15	Поздовжньо-фрезерний верстат	11
16	Вентилятор	1,5
17	Вертикально-свердлильний верстат	3
18	Круглошліфувальний верстат	5,5
19	Оброблювальний центр	30
20	Агрегатний верстат	11
21	Обточувальний верстат	3
22	Зварювальний випрямляч	16
23	Поздовжньо-фрезерний верстат	11
24	Вентилятор	1,5
25	Вертикально-свердлильний верстат	3
26	Плоскошліфувальний верстат	18,5
27	Оброблювальний центр	30
28	Обточувальний верстат	3
29	Поздовжньо-фрезерний верстат	11

На рис. 1.1 зображено генеральний план підприємства, де знаходяться: адміністративне приміщення, станція технічного обслуговування, центральна ремонтна майстерня, ремонтна майстерня, заправна станція, котельня, закрита стоянка, очисні споруди, установка мазутопостачання котельної та різноманітні склади. Живлення приймачів підприємства здійснюється напругою 0,4 кВ від 13 розподільчих пунктів 0,4 кВ. Електропостачання розподільчих пунктів в свою чергу здійснюється від шин 0,4 кВ ТП-10/0,4 кВ, розміщеної на території підприємства. Трансформатори трансформаторної підстанції ТМ-400/10/0,4 вибрані на основі техніко-економічного порівняння.

Експлікація будівель

№ № по вулиці	Найменування приміщення	Зруба
1	Адміністративне приміщення	24,7
2	Проківня	0,6
3	Станція тепличного обслугодвання	9,17
4	Центральна ремонтна майстерня	124,9
5	Ремонтна майстерня	28,3
6	Склад	7,2
7	Зоршла стовпика	7,8
8	Зоршла станиця	12,2
9	Колельня	42,6
10	Установка нагоспосаження колельні	5,9
11	Матеріально-технічний склад	8,6
12	Прорабська ділітка ПУК	2,19
13	Спорядбій комплекс	10,8
14	Сектор речисти / мийки	—
15	Ділітка для утилізації	—

Кабельний журнал

Початок лінії	Кінець лінії	Марка стечія проводника	Спосіб прокладки
1 ВВД №1	П1	АС-50/8	на тросі
2 ВВД №2	П1	АС-5-3х120	в траншеї
3 П1	Р13	АВВГ-3х50-А25	в траншеї
4 П1	Р14	АВВГ-3х70-А25	в траншеї
5 П1	Р19	АВВГ-4х10	в траншеї
6 П1	Р10	АВВГ-4х6	в траншеї
7 П1	Р11	АВВГ-4х4	в траншеї
8 П1	Р12	АВВГ-4х4	в траншеї
9 П1	Р13	АВВГ-4х4	в траншеї
10 Р10	Р17	АВВГ-4х10	в траншеї
11 Р10	Р18	АВВГ-4х4	в траншеї
12 Р17	Р16	АВВГ-4х10	в траншеї
13 Р16	Р15	АВВГ-4х6	в траншеї
14 Р13	Р12	АВВГ-4х4	в траншеї
15 Р13	Р11	АВВГ-4х4	в траншеї



Рис. 1.1. Генеральний план підприємства.

### **1.3 Модернізація системи електропостачання промислових підприємств.**

Модернізація системи електропостачання промислового підприємства — це комплекс заходів з оновлення та удосконалення існуючих електричних мереж, системи розподілу енергії та електротехнічного обладнання з метою покращення ефективності, надійності і економічної доцільності їх функціонування [1, 2, 3].

Аналіз існуючої системи включає проведення детального технічного обстеження для визначення стану електричних мереж, виявлення слабких місць, аналіз навантаження та споживання енергії [4, 5].

Оптимізація навантаження означає встановлення системи моніторингу та керування навантаженням, що дозволяє зменшити споживання електроенергії в пікові години і знижувати витрати [9].

Впровадження енергоефективних технологій має на увазі заміну застарілого обладнання на сучасне, енергоефективне обладнання, яке зменшує споживання електроенергії і підвищує його продуктивність.

Використання відновлюваних джерел енергії – це інтеграція відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи вітряні турбіни, для зниження залежності від традиційних джерел і зменшення викидів парникових газів [15].

Підвищення надійності означає встановлення резервних джерел живлення, створення дублюючих мереж та систем автоматичного відновлення електропостачання для зменшення ризиків простою технологічних процесів через відключення електрики [6, 7, 8].

Цифровізація і автоматизація означає впровадження сучасних систем керування і моніторингу, які дозволяють дистанційно контролювати і керувати електромережами, швидко виявляти і виправляти несправності.

Безпека і стандарти – це дотримання всіх необхідних стандартів та вимог щодо електробезпеки, щоб уникнути аварій та небезпечних ситуацій.

Модернізація системи електропостачання спрямована на забезпечення стабільної та ефективної роботи промислового підприємства, зниження витрат та впровадження сучасних технологій для досягнення конкурентних переваг на ринку.

#### **1.4. Постановка задач.**

1. Провести вибір системи і видів освітлення.
2. Провести вибір світильників, їх висоти підвісу та розміщення.
3. Провести світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення.
4. Скласти схему живлення мережі цеху.
5. Визначити місця розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі.
6. Провести розрахунок перерізів проводів (кабелів) групової мережі та мережі живлення та перевірку по втраті напруги.
7. Провести вибір апаратів захисту освітлювальної мережі.
8. Обґрунтувати варіант вибору схеми електропостачання.
9. Провести розрахунок електричних навантажень.
10. Провести розрахунок потужності компенсуючого пристрою.
11. Провести вибір числа та потужності трансформаторів КТП.
12. Провести розрахунок параметрів та вибір апаратів захисту розподільчої мережі.
13. Провести розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП.
14. Провести розрахунок заземляючого пристрою.
15. Розглянути грозозахист будівлі цеху.
16. Провести розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф.



## **2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1 Розрахунок електричних навантажень цеху**

#### **2.1.1 Вибір системи і видів освітлення**

Завдання освітлення приміщення і робочих місць, що знаходяться в ньому, може бути вирішене шляхом місцевого, загального, або комбінованого освітлення, тобто сукупності загального і місцевого освітлення.

Використання одного лише місцевого освітлення заборонено нормами оскільки практично завжди необхідно освітити не лише зону безпосередньої роботи, але і площі, що оточує її.

Освітлення, що нормально функціонує в приміщеннях або на відкритих просторах, називається робочим. У багатьох випадках аварійне відключення цього освітлення по тих або інших причинах може викликати небажані, а то і недопустимі наслідки, і виникає необхідність окрім робочого освітлення встановити також аварійне (для безперебійної роботи) або евакуаційне.

Аварійне освітлення може бути для тимчасового продовження роботи або для евакуації людей при аварійному відключенні робочого освітлення. Аварійне освітлення для безпечної евакуації передбачається в приміщеннях, при числі працюючих більше 50 чоловік в місцях небезпечних для проходу.

У зв'язку з вищевикладеним для всіх виробничих приміщень проєктованого цеху приймаємо пристрій загального рівномірного робочого освітлення.

#### **2.1.2 Вибір джерел світла для системи загального рівномірного освітлення**

Як і в будь-якій проектній розробці вибір джерел світла здійснюється на підставі вже існуючих, освітлюваних промисловістю джерел світла. Вибір їх здійснюється на підставі зіставлення переваг і недоліків, вимог до освітлення робочої поверхні, пожежо- і вибухо-безпеки, а також вже існуючих

рекомендацій і положень. Перевагу необхідно надавати газорозрядним джерелам світла, як економнішим і з високою світловою віддачею.

Вибір джерел світла здійснюється на основі наступних критеріїв:

1. При порівняно низькому рівні освітленості, освітлювальні установки з газорозрядними лампами переваги не мають.

2. При достатніх рівнях освітленості від люмінесцентних ламп (ЛЛ) можна отримати правильну світловіддачу.

3. Надійна робота ЛЛ і стабільність їх світлотехнічних характеристик при певних параметрах зовнішнього середовища.

Тому ЛЛ рекомендуються в наступних випадках:

- у приміщеннях, де потрібне розпізнавання колірних відтінків;
- у приміщеннях, пов'язаних з великою і тривалою зоровою напругою;
- у приміщеннях без природного світла, якщо в них люди знаходяться тривало.

З врахуванням вищеназваних критеріїв для даних приміщень вибрані наступні джерела світла, які зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Джерела світла для системи загального рівномірного освітлення

№	Найменування приміщення	Джерело світла
1	Ділянка діагностики і технічного обслуговування тракторів	ЛЛ
2	Ділянка поточного ремонту сільгоспмашин	ЛЛ
3	Ковальсько-зварювальна ділянка	ЛЛ
4	Слюсарно-механічна ділянка	ЛЛ
5	Механічна ділянка	ЛЛ
6	Ковальсько-пресова ділянка	ЛЛ
7	Тепла стоянка для тракторів	ЛР

### 2.1.3 Вибір освітленості і коефіцієнта запасу

Величина нормованої освітленості є одним з основних вихідних даних, що визначають встановлену потужність джерела світла. Освітлення робочих місць нормується і приводиться в довідниках. Норми встановлюють найменшу освітленість, маючи на увазі, що вона повинна мати місце в «найгірших» точках освітленості поверхні перед очищенням світильників.

Величина нормованої освітленості залежить від розмірів об'єктів, коефіцієнта віддзеркалення підлоги.

Значення коефіцієнтів запасу приведені в довідниках залежно від типу світильників, лампи, а також приміщень, в яких розташовані джерела світла. Результати вибору освітленості і коефіцієнтів запасу занесені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Норми освітленості для приміщень

№	Найменування приміщення	$E_{min}$ , Лк	$k_z$
1	Ділянка діагностики і технічного обслуговування тракторів	300	1,5
2	Ділянка поточного ремонту сільгоспмашин	300	1,5
3	Ковальсько-зварювальна ділянка	200	1,5
4	Слюсарно-механічна ділянка	300	1,5
5	Механічна ділянка	200	1,5
6	Ковальсько-пресова ділянка	200	1,5
7	Тепла стоянка для тракторів	20	1,5

### 2.1.4 Вибір типу світильників, їх висоти підвісу і розміщення.

Одним з умовних питань, вирішуваних при проектуванні освітлювальної установки, від якої залежить не лише її економічність, але і надійність роботи, є вибір типу світильників.

Тип світильника визначається:

- умовами довкілля;
- вимогами до характеру світло-розподілення;
- економічною доцільністю.

Найбільш економічні світильники - прямого світло-розподілення, які дозволяють розрізняти дрібні дефекти поверхонь.

При виборі світильників за умовами середовища в сухих, вологих приміщеннях необхідно враховувати, що в вологих приміщеннях корпус патрона має бути виконаний з ізоляційних, вологостійких матеріалів, в жарких приміщеннях всі частини світильника мають бути з матеріалу необхідної теплостійкості, в заповнених приміщеннях допустимо повністю або частково пило-захищеного виконання.

Вибір світильників по світло-розподіленню визначається коефіцієнтом віддзеркалення стін, стелі, робочої поверхні. У виробничих приміщеннях найбільш доцільні світильники прямого світла класу П, а в приміщеннях зі світлими стелями і вікнами – класу Н.

Для внутрішнього освітлення найбільш ефективні світильники зі світло-розподіленням типу: Д - косинусної кривої сили світла, Г- глибокою, К- концентрованою.

Норми встановлюють найменшу освітленість, маючи на увазі, що вона повинна мати місце в «найгірших» точках освітлюваної поверхні.

Величина необхідної освітленості залежить від типу приміщення і виконуваних в ньому робіт.

З точки зору економічної доцільності розташування світильників, вплив висоти підвісу світильника не грає істотну роль. Значення її зазвичай задане розмірами приміщення. Велику роль грає величина  $\lambda_e = L/h$  (відношення середньої відстані між світильниками до висоти їх підвісу) – економічність розташування світильників. Зменшення  $\lambda_e$  підвищує ціну на пристрій і обслуговування освітлення і часто призводить до вживання ламп з нижчою світловою віддачею, а надмірне збільшення веде до різкої нерівномірності

освітлення і в умовах нормування її мінімальної величини до зростання витрати електроенергії. Вибір даного показника виконується відповідно до прийнятого типу світильника.

Проектований цех відноситься до приміщень з нормальним середовищем.

Відповідно до вищевикладеного, виконуємо вибір типів світильників, їх висоти підвісу і розміщення. Результати вибору зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Норми освітленості для приміщень

№	Найменування приміщення	Тип світильника	Розміщення	Висота підвісу, м
1	Ділянка діагностики і технічного обслуговування тракторів	ЛСП02	На стелі	4
2	Ділянка поточного ремонту сільгоспмашин	ЛСП02	На стелі	4
3	Ковальсько-зварювальна ділянка	ЛСП02	На стелі	4
4	Слюсарно-механічна ділянка	ЛСП02	На стелі	4
5	Механічна ділянка	ЛСП02	На стелі	4
6	Ковальсько-пресова ділянка	ЛСП02	На стелі	4
7	Тепла стоянка для тракторів	РСР02	На тресах	3,5

### 2.1.5 Світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення

Виконаємо світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення теплої стоянки для тракторів.

Знаходимо індекс приміщення [3]:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{264,48}{3,5 \cdot (11,4+23,2)} = 2,18, \quad (2.1)$$

$$A=11,4 \text{ м}, B=23,2 \text{ м};$$

$S$  – площа приміщення,  $S=A \cdot B=11,4 \cdot 23,2=264,48 \text{ м}^2$ ;

$h$  – розрахункова висота світильника.

Розміщуємо світильники в 3 ряди по 6 світильників в ряду.

Розрахунковий світловий потік світильника:

$$F_p = \frac{E_{\min} \cdot K_z \cdot z \cdot S}{N \cdot \eta} = \frac{25 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 264,48}{18 \cdot 0,56} = 905,21 \text{ лм}, \quad (2.2)$$

де  $E_{\min} = 20$  лк – нормована найменша освітленість;

$$K_z = 1,5;$$

$z$  – відношення середньої освітленості до мінімальної, при розрахунку на мінімальну освітленість,  $z = 1,15$ ;

$$S = 264,48 \text{ м}^2;$$

$$N = 18 \text{ шт.} - \text{кількість світильників};$$

$$\eta = 0,56 - \text{визначається з [3] при:}$$

$$q_{II} = 50\% - \text{коефіцієнт віддзеркалення стелі};$$

$$q_C = 30\% - \text{коефіцієнт віддзеркалення стін};$$

$$q_P = 10\% - \text{коефіцієнт віддзеркалення робочої поверхні}.$$

Найближча стандартна лампа Б-100 зі світловим потоком  $F_{л} = 1090$  лм.

Відхилення:

$$\Delta_1 = \frac{1090 - 905,21}{1090} \cdot 100 = 14,9 \%, \text{ що є допустимим.}$$

Розрахунок освітленості для ділянки діагностики і технічного обслуговування тракторів, і ділянки поточного ремонту сільгоспмашин за тих же умов розраховується аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4.

Розрахунок освітленості решти приміщень розрахований по методу питомої потужності. Питома потужність є добуток загальноустановленої потужності на площу освітлюваного приміщення, тобто  $P_{\text{пит}} = P_{\text{заг}} \cdot S$ .

Приведемо розрахунок освітленості по методу питомої потужності на прикладі ковальсько-зварювальної ділянки.

Для даного приміщення був прийнятий світильник ЛСП02. Приймаємо лампи ЛБ 2x40. Площа даного приміщення  $S = 43,7 \text{ м}^2$ . Знаходимо  $P_{\text{уст}} = 7,7 \text{ Вт/м}^2$  при освітленості  $E = 200 \text{ Лк}$ .

Знаходимо кількість світильників в даному приміщенні по формулі:

$$N = \frac{P_{\text{уст}} \cdot S}{P_{\text{л}}},$$

де  $P_{\text{л}}$  – стандартна потужність лампи.

$$N = \frac{P_{\text{уст}} \cdot S}{P_{\text{л}}} = \frac{7,7 \cdot 43,7}{80} = 5,4.$$

Розміщуємо світильники в 3 ряди по 2 світильників в ряду.

Розрахунок освітленості останніх допоміжних приміщень розрахований аналогічно. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4

Для зовнішнього освітлення застосовуємо світильники ПСХ-60.

Таблиця 2.4 - Результати світлотехнічного розрахунку системи загального рівномірного освітлення.

№	Найменування приміщення	Площа $S, \text{ м}^2$	Тип світильника	Тип лампи	$E_{\text{min}},$ Лк	Кількість
1	Ділянка діагностики і технічного обслуговування тракторів	66,1	ЛСП02	ЛБ-40	300	10
2	Ділянка поточного ремонту сільгоспмашин	66,1	ЛСП02	ЛБ-40	300	10
3	Ковальсько-зварювальна ділянка	43,7	ЛСП02	ЛБ-40	200	6
4	Слюсарно-механічна ділянка	20,4	ЛСП02	ЛБ-65	300	2
5	Механічна ділянка	26,3	ЛСП02	ЛБ-40	200	4
6	Ковальсько-пресова ділянка	35,8	ЛСП02	ЛБ-40	200	6
7	Тепла стоянка для тракторів	264,48	РСР02	Б-100	20	18

## **2.2 Складання схеми живлення мережі цеху**

### **2.2.1 Вибір джерел живлення**

Для забезпечення необхідної якості освітлення велике значення має вибір джерела живлення. В більшості промислових підприємств електропостачання освітлювальних установок здійснюється від загальних для силових і освітлювальних навантажень трансформаторів з вторинною напругою 0,23/0,4 кВ. Не рекомендується підключати мережу електричного освітлення до трансформаторів, до яких приєднані електроприймачі, здатні погіршувати показники якості напруги. У обґрунтованих випадках освітлювальні установки можуть отримувати електроенергію від окремих ТП [1].

У нашому випадку у зв'язку з незначним навантаженням проєктованого цеху, живлення силових і освітлювальних електроприймачів передбачаємо здійснювати від РП, що живиться у свою чергу від найближчої ТП по кабельній лінії 0,4 кВ.

### **2.2.2 Визначення місць розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі**

Освітлювальна мережа складається з живлячих і групових ліній. Живлячі лінії – це ділянки мережі від джерела живлення (трансформаторної підстанції або вводи в будівлю) до групових щитків. Групові лінії це ділянки мережі від групових щитків до світильників.

Живляча освітлювальна мережа в більшості випадків виконується двоступінчатою. До першого рівня відносяться лінії, що зв'язують РП з щитками освітлення (ЩО), а до другої – лінії від ЩО до освітлювальних коробок. Вживання ЩО пояснюється обмеженістю числа автоматичних вимикачів в розподільних щитах РП і їх великими номінальними струмами. Приймаємо до встановлення двоступінчатую живлячу мережу для загального рівномірного освітлення, причому до ЩО підключаємо групові лінії основного виробничого приміщення з причини їх великої потужності, використовуємо трифазні



автоматичні вимикачі з розподілом світильників рівномірно по фазах в порядку АВССВА...

Приймаємо до встановлення групові щитки освітлення серії ЩО 31-21, для ЩО – пункт розподільний серії ПР 85 – Ін1.

Для живлення ЩО використовуємо кабель марки АВВГ прокладений по елементах будівельних конструкцій відкрито на лотках.

Для живлення світильників у виробничих приміщеннях використовуємо кабель марки АВВГ прокладений в кабельних каналах, для живлення світильників в приміщеннях використовуємо кабель марки АВВГ прокладений по стіні в кабельних каналах.

### 2.3 Розрахунок перетинів проводів (кабелів) групової і живлячої мережі і перевірка по втраті напруги

Розрахунок освітлювальних мереж зводиться до вибору перетинів провідників і пристроїв захисту, а також до визначення втрат напруги в лініях. Площі перетину провідників вибираються за допустимим нагрівом розрахунковим струмом, допустимій втраті напруги і механічної міцності, залежно від конструктивного виконання мережі. Із знайдених, за вказаними умовами, перетинів провідників вибирається більший перетин. При цьому для групової мережі перетини нульових провідників мають бути не менші фазних.

Живлячі лінії зазвичай виконуються 5-ти дротовими, рідше 4-х дротовими. Протяжність живлячих ліній при 5-ти дротовій лінії має бути не більше 80 м, а для 3-х дротової не більше 30-35 м.

Зробимо розрахунок мережі загального рівномірного освітлення.

Загальне навантаження РП визначається по формулі:

$$S_{рп} = \sqrt{(P_c + P_{ро})^2 + Q_c^2} \quad (2.3)$$

де  $P_{ро}$  – розрахункове освітлювальне навантаження;

$$P_{ро} = k_c \cdot (\sum P_{ли} + 1,2 \cdot \sum P_{лл} + 1,1 \cdot \sum P_{дрл}),$$

де  $k_c$  - коефіцієнт попиту;

1,2 і 1,1 - коефіцієнт обліку втрат потужності в пускорегулюючій апаратурі (ПРА) для ламп ЛЛ і ЛР відповідно;

$P_c, Q_c$  - навантаження;

$$P_{po} = 0.85 \cdot (2040 + 1.2 \cdot 3340) = 5140,8 \text{ Вт.}$$

$$\text{Тоді } S_{PI} = \sqrt{(67 + 5,14)^2 + 105^2} = 127,7 \text{ кВА.}$$

Складаємо розрахункову схему освітлювальної мережі.

Ділянки С10-С12, С17, С18 є резервними.

Величина допустимих втрат напруги у електричній мережі електричного освітлення визначається у відсотках за формулою:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 10 - \Delta U_m = 10 - 4,5 = 5,5\%, \quad (2.4)$$

де  $\Delta U_m$  - у зв'язку з тим, що навантаження даного цеху невелике, передбачаємо, що РП отримує живлення від ТП, номінальні дані трансформаторів якої, відстань до неї і перетин провідників, що живлять РП невідомі, - приймаємо:  $\Delta U_m = 4,5\%$ .

Лінія С2:

Розрахункову потужність освітлювального навантаження визначаємо по формулі:

$$P_p = K_3 \sum_{i=1}^n K_{пра} \cdot P_{ном} = 1 \cdot 12 \cdot 1.2 \cdot 40 + 60 = 636 \text{ кВт}, \quad (2.5)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт запиту освітлювального навантаження,  $K_3 = 1$ , для невеликих виробничих будівель, групової мережі загального робочого освітлення і ліній, що живлять окремі групові щитки;

$P_{ном}$  - номінальна потужність і-ї лампи,  $P_{ном} = 40$  Вт, для лінії С2;

$K_{пра} = 1.2$  для ламп ЛЛ з стартерною системою пуску.

Момент навантаження при зосередженому навантаженні:

$$M = P_p \cdot L, \quad (2.6)$$

де  $P_p$  – розрахункове навантаження, кВт;

$L$  – довжина ділянки, м.

Якщо група світильників однакової потужності приєднана до лінії з рівним інтервалом  $l$ , то

$$L = \frac{l_1 + 1(N_p - 1)}{2}, \quad (2.7)$$

де  $l_1$  – відстань від щитка освітлення до першого світильника.

Якщо лінія складається з декількох ділянок з однаковим перетином і різними навантаженнями, то сумарний момент навантаження:

$$M = (P_1 + P_2 + P_3) \cdot l_1 + (P_2 + P_3) \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 \quad (2.8)$$

Для лінії С2:

$$L = \frac{l_1 + 1(N_p - 1)}{2} = 7.6 + 2.5(6 - 1) / 2 = 13.85 \text{ м},$$

де  $l_1 = 7,6$  м.

$$M = P_p \cdot L = 0.636 \cdot 13.85 = 8.81 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Для останніх групових ліній розрахунок аналогічний, результати зводимо в таблицю 2.5.

Визначимо приведенний момент навантаження для лінії, що живить щиток освітлення ЩО1.

Для живлячої лінії приведенний момент навантаження визначається за формулою:

$$M_{np} = \sum M + \sum \alpha \cdot m_i \quad (2.9)$$

$$M_{np} = 42,61 + 1,85((10,42 + 8,81 + 5,04 + 3,46 + 3,89 + 5,42)) = 111,13 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

де  $M_{np}$  – сума моментів даного і всіх подальших по напрямку струму ділянок з тим же числом дротів лінії, що і на даній ділянці;

$m_i$  – сума приведених моментів ділянок з іншим числом дротів;

$\alpha$  - коефіцієнт приведення моментів ( $\alpha = 1,85$  для трифазної лінії з нулем і однофазного відгалуження).

Для решти живлячих ліній розрахунок аналогічний, результати заносимо в таблицю 2.5.

Знаходимо перетин лінії, живлячої ЩО1.

$$F = M_{IP} / (C \Delta U_{дон}) = 111,13 / (44 \cdot 5,5) = 0,46 \text{ мм}^2, \quad (2.10)$$

де  $C$  - розрахунковий коефіцієнт, для алюмінію і трифазної лінії з нулем, напругою 380/220 В,  $C = 44$ , для однофазної  $C = 7,4$ .

Приймаємо  $F = 2,5 \text{ мм}^2$ .

Вибираємо кабель АВВГ-5×2,5 з  $I_{дон} = 19 \text{ А}$ .

Виконаємо розрахунок живлячої лінії по нагріву.

Визначаємо середнє значення коефіцієнта потужності навантаження.

Знаходимо розрахунковий струм даної лінії за формулою для трифазної мережі:

$$I_p = P_p / (\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cos \varphi) = 3,18 / (\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1) = 4,83 \text{ А} \quad (2.11)$$

Оскільки  $I_p = 4,83 \text{ А} < I_{дон} = 19 \text{ А}$ , то перетин дроту, вибраного по втраті напруги, задовольняє умови нагріву.

Вибираємо кабель АВВГ-5×2,5 з  $I_{дон} = 19 \text{ А}$ .

Знаходимо втрату напруги в даній лінії по формулі:

$$\Delta U = M / C \cdot F = 42,61 / 44 \cdot 2,5 = 0,39\% . \quad (2.12)$$

Обчислюємо величину допустимої втрати напруги, по якій розраховуються групові лінії, що живляться від ЩО1:

$$\Delta U'_{дон} = \Delta U_{дон} - \Delta U_{пл} = 5,5 - 2,6 = 2,9\% . \quad (2.13)$$

Розрахунок решти живлячих і групових ліній розраховується аналогічно на ПЕОМ, за допомогою програми Excel, програмного пакету Microsoft Office, результати розрахунку представлені в таблиці. 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок мережі загального рівномірного освітлення

Лінія	$l_i$ , м;	$L$ , м;	$K_{пра}$	$K_c$	$N_p$	$n_i$	$P_{номі}$ , кВт;	$P_p$ , кВт;	$a$	$M$ , кВт×м;	$M_{пр}$ , кВт×м;	$\cos\phi$	$DU_{доп}$	$C$	$S_p$ , мм <sup>2</sup>	$S_{ном}$ , мм <sup>2</sup>	$I'_{доп}$ , А	$I_{расч}$ , А	Марка дроту	$I_{доп}$ , А	$K_э$	$I_э$	$I_{на}$	$I_{пр}$	Тип АВ
C1	4	14	1,2	1	2	2	0,08	0,365	---	4,01	4,01	0,9	0,228	7,4	2,378	2,5	19	0,616	АВВГ-4х2,5	19	1,4	0,862	25	6,3	ВА51Г-25
C2	6	4	1,2	1	2	2	0,08	0,365	---	2,92	2,92	0,9	0,166	7,4	2,378	2,5	19	0,616	АВВГ-4х2,5	19	1,4	0,862	25	6,3	ВА51Г-25
C3	2	5	1,1	1	5	1	0,7	3,658	---	43,89	43,89	0,5	2,494	44	0,400	2,5	19	11,114	АВВГ-4х2,5	19	1,4	15,560	25	16	ВА51Г-25
C4	8	5	1,1	1	5	1	0,7	3,658	---	65,84	65,84	0,5	3,741	44	0,400	2,5	19	11,114	АВВГ-4х2,5	19	1,4	15,560	25	16	ВА51Г-25
C5	14	5	1,1	1	5	1	0,7	3,658	---	87,78	87,78	0,5	4,988	44	0,400	2,5	19	11,114	АВВГ-4х2,5	19	1,4	15,560	25	16	ВА51Г-25
C6	18	5	1,1	1	5	1	0,7	3,658	---	102,41	102,41	0,5	5,819	44	0,400	2,5	19	11,114	АВВГ-4х2,5	19	1,4	15,560	25	16	ВА51Г-25
C7	2,4	5	1,1	1	5	1	0,7	3,658	---	45,35	45,35	0,5	2,577	44	0,400	2,5	19	11,114	АВВГ-4х2,5	19	1,4	15,560	25	16	ВА51Г-25
C8	13	5	1,1	1	4	1	0,7	3,08	---	63,14	63,14	0,5	3,588	44	0,400	2,5	19	9,359	АВВГ-4х2,5	19	1,4	13,103	25	16	ВА51Г-25
C9	8	5	1,1	1	5	1	0,7	3,85	---	69,30	69,30	0,5	3,938	44	0,400	2,5	19	11,699	АВВГ-4х2,5	19	1,4	16,379	25	20	ВА51Г-25
C10	14	5	1,1	1	5	1	0,7	3,85	---	90,48	90,48	0,5	5,141	44	0,400	2,5	19	11,699	АВВГ-4х2,5	19	1,4	16,379	25	20	ВА51Г-25
ПЛС1-С2	5,5		---	1	---	---	---	0,73	1,9	4,01	16,84	0,9	0,228	44	1,678	2,5	19	1,232	АВВГ-4х2,5	19	1	1,232	25	6,3	ВА51Г-25
ПЛС3-С6	92		---	1	---	---	---	14,63	1,9	1345,96	1900,8028	0,9	305,9	44	0,141	10	42	24,698	АВВГ-4х10	42	1	24,698	25	25	ВА51Г-25
ПЛС6-С10	2		---	1	---	---	---	14,44	1,9	28,88	525,1708	0,9	1,641	44	7,275	2,5	19	24,374	АВВГ-4х2,5	19	1	24,374	25	25	ВА51Г-25
ПЛЦО	3		---	1	---	---	---	29,8	1	1731,05	3522,29	1	2,69	44	29,76	35	90	45,27	АВВГ-4х35	60	1	45,27	63	63	ВА51-29

## 2.4 Захист освітлювальної мережі і вибір апаратів захисту

Зробимо розрахунок пристроїв захисту для ліній освітлення.

Лінія С2:

Автоматичні вимикачі вибираємо по розрахунковому струму.

Розрахунковий струм  $I_p = 1,77 \text{ A} < I_{номр} = 6,3 \text{ A}$ .

Приймаємо до встановлення однополюсний автоматичний вимикач

ВА51-29 з  $I_{ном} = 63 \text{ A}$ ,  $I_{номр} = 6,3 \text{ A}$ ,  $U_{ном} = 380 \text{ В}$ .

Вибір засобів захисту для решти ліній робочого освітлення аналогічне, результати представлені в таблиці 2.5.

## 2.5 Обґрунтування вибору варіанту схеми електропостачання

Перш ніж приступити до розробки схеми живлення електроприймачів проектованого цеху, необхідно електроприймачі проектованого цеху об'єднати в групи.

Проектований цех, представлений в графічній частині, включає велику кількість різнотипних електроприймачів, як по потужності, так і по режиму роботи. При побудові схеми електропостачання електроприймачі об'єднують в групи, враховуючи особливості їх розташування. Кожна група може живитися від шинопроводів, магістральних і розподільних, силових шаф і розподільних пунктів. У даному цеху сформовано чотири групи, що живляться за допомогою розподільчих шаф.

При побудові цехових електричних мереж застосовуються магістральні, радіальні і змішані схеми. У цехові мережі закладається велика кількість провідникового матеріалу і електричної апаратури, тому вибір конкретної схеми визначає не лише надійність електропостачання і якості роботи електроустаткування, але і техніко-економічні показники всієї системи електропостачання [11, 12].

При побудові схеми мережі, слід виходити з того, що надійність електропостачання не повинна поступатися надійності роботи технологічного устаткування. Це означає, наприклад, що немає сенсу живити електродвигун технологічного агрегату по двох взаємнорезервуючим лініям. Цей принцип однакової надійності живлячої лінії (зі всіма пристроями) і одного електроприймача технологічного агрегату, що живиться від цієї лінії, є основним при побудові схеми цехової мережі.

Магістральні схеми широко застосовуються як для живлення окремих електроприймачів одного технологічного агрегату, так і для живлення великого числа порівняно дрібних електроприймачів, не зв'язаних єдиним технологічним процесом. На багатьох промислових підприємствах, особливо в цехах механічної обробки металів, застосовуються магістральні схеми живлення електродвигунів верстатів, відносно рівномірно розподілених за площею цеха [5].

Окремо ці схеми живлення застосовуються досить рідко, і мережа виконується змішаною, з приєднанням споживачів залежно від місця їх розташування, характеру виробництва і умов довкілля.

Для живлення електроприймачів цеху застосовуємо магістральну схему електропостачання. Всі групи електроприймачів живляться від розподільних шаф типу ПР-85-ІН1.

Електроприймачі приєднуємо п'ятьма одножильними дротами марки АПВ відповідного перетину, прокладених в пластмасових трубах. Живлення силових шаф і розподільних шинопроводів здійснюється прокладеними в лотках, по колонах будівельних конструкцій, кабелями марки АВВГ від РП за магістральною схемою. Від розподільчих пунктів всі приймачі живляться за радіальною схемою.

## 2.6. Розрахунок електричних навантажень

При розрахунку електричних навантажень використовуватимемо цей метод і занеситимемо результати розрахунків в таблицю 2.6.

Для прикладу візьмемо розподільчу шафу ШР1.

У першу графу заносимо найменування вузла мережі і номер електроприймача.

У другу графу записуємо найменування електроприймача.

У третю графу записуємо кількість електроприймачів в групі:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_n \quad (2.15)$$

Визначаємо сумарну кількість електроприймачів розподільного пристрою:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_n .$$

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 = 1+1+1+1+1+1+1+1=8$$

У четверту графу записуємо значення потужності одного електроприймача.

У п'яту графу записуємо значення сумарної потужності всіх електроприймачів в групі:

$$\sum P_n = P_{n1} + P_{n2} + P_{n3} + \dots + P_{nm} \quad (2.16)$$

Визначаємо сумарну потужність електроприймачів розподільного пристрою:

$$\sum P_n = P_{n1} + P_{n2} + P_{n3} + \dots + P_{nm}$$

$$\sum P_n = P_{n1} + P_{n2} + P_{n3} + \dots + P_{nm} = 11+11+3+5,5+15+18,5+3,48+1,5 = 68,98 \text{ кВт} .$$

У шосту графу записуємо коефіцієнт використання по групах. Його значення визначаємо з таблиці 2.1. Коефіцієнт використання по групах розраховується:

$$K_{Bep} = \frac{K_{B1} \cdot P_{H1} + K_{B2} \cdot P_{H2} + \dots + K_{Bn} \cdot P_{Hn}}{\sum P_H} \quad (2.17)$$

Визначаємо значення:



$$K_{Bzp} = \frac{K_{B1} \cdot P_{H1} + K_{B2} \cdot P_{H2} + \dots + K_{Bn} \cdot P_{Hn}}{\sum P_H} =$$

$$= \frac{0,13 \cdot 11 + 0,13 \cdot 11 + 0,13 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5,5 + 0,13 \cdot 15 + 0,17 \cdot 18,5 + 0,25 \cdot 3,48 + 0,7 \cdot 1,5}{68,98} = 0,17$$

У сьому графу записуємо значення  $\cos\varphi$ . Його значення визначаємо з таблиці 2.1.

У восьму графу записуємо значення  $tg\varphi$ . Його значення визначається:

$$tg\varphi_{zp} = \frac{tg\varphi_1 + tg\varphi_2 + \dots + tg\varphi_n}{n} \quad (2.18)$$

Визначаємо значення  $tg\varphi$ :

$$tg\varphi_{zp} = \frac{tg\varphi_1 + tg\varphi_2 + \dots + tg\varphi_n}{n} = \frac{1,73 \cdot 5 + 1,17 \cdot 2 + 0,75 \cdot 1}{8} = 1,52$$

У дев'яту графу записуємо:

$$P_{cm} = K_{Bzp} \cdot \sum P_n \quad (2.19)$$

Визначаємо значення  $P_{cm}$ . Значення  $K_{Bzp}$  і  $\sum P_n$  беремо з граф шість і п'ять відповідно:

$$P_{cm} = K_{Bzp} \cdot \sum P_n = 0,147 \cdot 68,98 = 11,73 \text{ кВт}$$

У десяту графу заносимо значення середньої сумарної реактивної потужності електроприймачів за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{cm} = K_{Bzp} \cdot \sum P_n \cdot tg\varphi_{zp} \quad (2.20)$$

Визначаємо значення  $Q_{cm}$ . Значення  $K_{Bzp}$ ,  $\sum P_n$  і  $tg\varphi$  беремо з граф: шість, п'ять і вісім відповідно.

$$Q_{cm} = 0,17 \cdot 68,98 \cdot 1,52 = 17,82 \text{ кВАр.}$$

В одинадцяту графу записуємо значення:

$$n_E = \frac{(\sum_1^n P_{ном})^2}{\sum_1^n P_{ном}^2} = \frac{(68,98)^2}{121 + 121 + 9 + 30,25 + 225 + 342,25 + 12,1 + 2,25} = 5,5 \quad (2.21)$$

У дванадцяту графу записуємо значення коефіцієнта максимуму. Це таблична величина і визначається вона з [3], залежно від  $K_B$  і  $n_E$ .

У тринадцяту графу записуємо значення розрахункового активного максимального навантаження, яке залежить від коефіцієнта максимуму і від активної потужності за максимально завантажену зміну. Ці величини беремо з дванадцятої і дев'ятої граф відповідно.

$$P_p = K_m \cdot P_{cm} = 1,85 \cdot 11,763 = 21,7 \text{ кВт} \quad (2.22)$$

У чотирнадцяту графу записуємо значення розрахункового реактивного максимального навантаження, яке залежить від сумарної реактивної потужності електроприймачів за найбільш завантажену зміну. Якщо ефективне число електроприймачів  $n_E = 10$ , то  $Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm}$ . Якщо  $n_E > 10$ , то  $Q_p = Q_{cm}$ .

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{cm} = 1,1 \cdot 17,83 = 19,6 \text{ кВАр}, \text{ оскільки } n_E > 10 \quad (2.23)$$

У п'ятнадцяту графу записуємо значення розрахункового повного максимального навантаження, яке залежить від розрахункової реактивної і розрахункової активної потужностей електроприймачів за найбільш завантажену зміну.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{21,7^2 + 19,6^2} = 29,3 \text{ кВА} \quad (2.24)$$

У шістнадцяту графу записуємо значення розрахункового струму, який залежить від розрахункового, повного максимального навантаження.

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{29,3}{1,73 \cdot 0,38} = 44,6 \text{ А} \quad (2.25)$$

Для решти груп електроприймачів розрахунки виконуємо аналогічно.

Результати заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6. Розрахунок електричних навантажень РП

Номинальна напруга $U_n=$		0,38	кВ	Найменування вузла навантаження				Всього	шини ЦТП або МШ			
№ пп	№ згідно плану	Вихідні дані		Згідно завдання технологів				Розрахункові величини				
		Згідно завдання технологів		згідно довідковим даним				Ip, А	Кв*Pн	Кв*Pн*tgφ	п*рн^2	
Найменування ЕО		К-сть ЕО шт.	Рном, кВт одного ЕО	загальна	Кв	Ip/In	cosφ	tgφ				
1	1,2	Токарно-гвинторізний верстат	11	22	0,13	7,5	0,5	1,73	251	2,86	4,95	242
2	3	Вертикально-свердлувальний верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9
3	4	Круглошліфовальний верстат	5,5	5,5	0,25	7	0,65	1,17	90	1,38	1,61	30
4	5	Вертикально-фрезерний верстат	15	15	0,13	7	0,5	1,73	319	1,95	3,38	225
5	6	Прес гідравлічний	18,5	18,5	0,17	7	0,65	1,17	303	3,15	3,68	342
6	7	Кран-балка	5,5	5,5	0,25	7	0,5	1,73	117	1,38	2,38	30
7	8	Вентилятор	1,5	1,5	0,70	5	0,8	0,75	14	1,05	0,79	2
8	9	Токарно-гвинторізний верстат	11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121
9	10	Круглошліфовальний верстат	5,5	5,5	0,25	7	0,65	1,17	90	1,38	1,61	30
10	11	Вертикально-фрезерний верстат	15	15	0,13	7	0,5	1,73	319	1,95	3,38	225
11	12	Прес гідравлічний	18,5	18,5	0,17	7	0,65	1,17	303	3,15	3,68	342
12	13	Токарний верстат	30	30	0,17	6,5	0,65	1,17	456	5,10	5,96	900
13	14	Компресор	7,5	7,5	0,70	7,5	0,85	0,62	101	5,25	3,25	56
14	15	Подовжно-фрезерний верстат	11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121
15	16	Вентилятор	1,5	1,5	0,70	5	0,8	0,75	14	1,05	0,79	2
16	17	Вертикально-свердлувальний верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9
17	18	Круглошліфовальний верстат	5,5	5,5	0,25	7	0,65	1,17	90	1,38	1,61	30
18	19	Оброблювальний центр	30	30	0,60	6,5	0,7	1,02	423	18,00	18,36	900
19	20	Агрегатний верстат	11	11	0,14	7,5	0,6	1,33	209	1,54	2,05	121
20	21	Обточувальний верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9
21	22	Зварювальний випрямляч	16	16	0,20	3	0,4	2,29	182	3,20	7,33	256
22	23	Подовжно-фрезерний верстат	11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121
23	24	Вентилятор	1,5	1,5	0,70	5	0,8	0,75	14	1,05	0,79	2
24	25	Вертикально-свердлувальний верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9
25	26	Плоскошліфовальний верстат	18,5	18,5	0,25	7	0,65	1,17	303	4,63	5,41	342
26	27	Оброблювальний центр	30	30	0,60	6,5	0,7	1,02	423	18,00	18,36	900
27	28	Обточувальний верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9
28	29	Подовжно-фрезерний верстат	11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121
		<b>Групові значення</b>		317,5	0,27			1,39		85,09	118,34	5 509
									<b>Результати розрахунку</b>			
		Ne	Kp	Pp, кВт	Qp, квар	Sр,кВА	Ip, А	Ip, А				
		18,299	0,83399	71	99	122	185	629				

## 2.7 Розрахунок потужності компенсуючого пристрою реактивної потужності

Визначаємо необхідну потужність компенсуючого пристрою  $Q_{к.п.}$ .

Значення потужностей визначаємо з таблиці. 2.6.

$$P_m = 71 \text{ кВт}, Q_m = 99 \text{ кВАр}, S_m = 122 \text{ кВА}.$$

Визначаємо коефіцієнт потужності за формулою:

$\cos\varphi_1 = P_m/S_m = 71/122 = 0,58$ , щоб підтримувати коефіцієнт потужності близьким до  $\cos\varphi_2 = 1,0$ , тобто, щоб збільшувати коефіцієнт потужності, необхідно зменшити (компенсувати) реактивну потужність, для цього необхідно встановити компенсуючий пристрій реактивної потужності (статичні конденсатори), потужність яких визначається за формулою [1, 3]:

$$Q_{к.п.} = P_m (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) \quad (2.26)$$

де  $P_m$  – максимальна розрахункова активна потужність цеху;

$\operatorname{tg}\varphi_1$  – тангенс кута зсуву фаз, відповідний розрахунковому коефіцієнту потужності  $\cos\varphi_1$  до компенсації;

$\operatorname{tg}\varphi_2$  – тангенс кута зсуву фаз, відповідний розрахунковому коефіцієнту потужності  $\cos\varphi_2$  до компенсації.

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \sum Q_p / \sum P_p = 99 / 71 = 1,39 \quad (2.27)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,33$$

$$Q_{к.п.} = 71(1,39 - 0,33) = 74,96 \text{ кВАр}$$

Вибираємо для компенсації реактивної потужності, комплексну конденсаторну установку УКЗ-0,38-75 УЗ потужністю  $Q_k = 75$  кВАр.

$$Q_2 = Q_m - Q_k = 99 - 75 = 24 \text{ кВАр} \quad (2.28)$$

Визначаємо повну максимальну потужність  $S_{m2}$  і фактичний коефіцієнт потужності  $\cos\varphi_2$  після компенсації:

$$S_{m2} = \sqrt{P_m^2 + Q_2^2} = \sqrt{71^2 + 24^2} = 74,9 \text{ кВА} \quad (2.29)$$

$$\cos\varphi_2 = P_m / S_{m2} = 71 / 74,9 = 0,98 \quad (2.30)$$

## 2.8 Вибір числа і потужності трансформаторів КТП

При виборі числа трансформаторів на підстанції слід виходити з принципу розукрупнення підстанцій, наближення їх до центру промислових навантажень.

Багаторічною практикою встановлено, що підстанції промислових підприємств мають бути одно – і двотрансформаторними з широким використанням складського або пересувного резерву. Встановлення на підстанції більше двох трансформаторів можливе лише за наявності потужних зосереджених навантажень, за відсутності місць для розосередженого розташування підстанцій, за технічними умовами або наявності хімічно активного середовища, при роздільному живленні силового і освітлювального навантажень [13].

Однотрансформаторні цехові підстанції рекомендуються застосувати: при навантаженнях II і III категорій, що допускають в разі аварії, перерв живлення на час доставки і встановлення трансформатора із складського резерву; при незначній (до 15 – 25%) потужності споживачів I категорії і можливості забезпечення резервування на вторинній напрузі від сусідньої підстанції.

Двохтрансформаторні підстанції застосовують при переважанні споживачів I і II категорій, що не допускають перерви електроживлення на час заміни пошкодженого трансформатора [5, 7].

При виборі числа трансформаторів на цехових підстанціях доводиться зважати на наступні чинники:

- 1) гранична потужність трансформаторів з вторинною напругою 380-660 В дорівнює 1600 – 2500 кВ;
- 2) величина струмів короткого замикання на вторинній стороні трансформаторів не повинна перевищувати номінальних значень апаратів (автомат, запобіжники) напругою до 1000 В.

Потужність трансформаторів цехових та понижуючих підстанцій в одній одиниці не повинно перевищувати 1000 кВ·А при вторинній напрузі 380 В і

1600 кВ·А при напрузі 660 В. Вибір потужності трансформаторів вибирають виходячи з розрахункових навантажень.

Визначаємо розрахункове навантаження освітлення, яке живиться від трансформатора цеху.

Зробимо розрахунок мережі загального рівномірного освітлення.

Загальне навантаження РП визначається за формулою:

$$S_{РП} = \sqrt{(P_c + P_{po})^2 + Q_c^2} \quad , \quad (2.31)$$

де  $P_{po}$  – розрахункове освітлювальне навантаження;

$$P_{po} = k_3 \cdot (\sum P_{ли} + 1,2 \cdot \sum P_{ли} + 1,1 \cdot \sum P_{опл}) \quad , \quad (2.32)$$

де  $k_3$  - коефіцієнт запасу;

1,2 і 1,1 - коефіцієнт обліку втрат потужності в пускорегулюючій апаратурі (ПРА) для ламп ЛЛ і ЛР відповідно;

$P_c, Q_c$  - силове навантаження;

$$P_{po} = 0,85 \cdot (2040 + 1,2 \cdot 3340) = 5140,8 \text{ Вт.} \quad (2.33)$$

Тоді  $S_{РП} = \sqrt{(67 + 5,14)^2 + 105^2} = 127,7 \text{ кВА.}$

Для живлення електричного навантаження цеху вибираємо силовий трансформатор КТП потужністю  $S_{тр-ра} = 160 \text{ кВА}$  [12].

Число і потужність трансформаторів вибираються за коефіцієнтом завантаження  $K_3$ .

Завантаження трансформатора складає:

$$K_3 = S_{р \text{ цеху}} / S_{ном \text{ тр-ра}} = 127,7 / 160 = 0,80 \quad (2.34)$$

Для однострансформаторної підстанції коефіцієнт завантаження має бути не менше 55% і не більше 95%. Виходячи з цієї умови, вибрана підстанція КТП повністю підходить.

## 2.9. Розрахунок параметрів і вибір апаратів захисту розподільчої мережі

Як пристрої захисту електроприймачів від КЗ слід використовувати запобіжники, не допускаючи необґрунтованого вживання автоматичних вимикачів.

Автоматичні вимикачі повинні використовуватися:

1. Необхідність автоматизації управління.
2. Необхідність забезпечення швидшого відновлення живлення.
3. Часті аварійні відключення.

В решти випадках рекомендується застосовувати запобіжники типу НПН2 і ПН2. Запобіжники із закритою плавкою вставкою без наповнювача (ПР2) допускається застосовувати в невеликих, переважно пересувних установках і при розширенні установок, що діють, з такими запобіжниками.

Вибір запобіжника здійснюється за струмом спрацьовування плавкої вставки  $I_{вст}$ , А

$$I_{вст} \geq I_{ном} \quad (2.35)$$

$$I_{вст} \geq I_{пуск} / \alpha, \quad (2.36)$$

де  $I_{пуск}$  – пусковий струм електроприймача, А;

$\alpha = 2,5$  – нормальні умови пуску.

Номінальний струм електродвигуна  $I_{ном}$ , А обчислюють за формулою:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad (2.37)$$

Автоматичні вимикачі вибираються по наступній умові:

$$I_{н.т.р} \geq 1,15 \cdot I_n$$

де  $I_{дон}$  – допустимий струм апарату, А;

$I_n$  – номінальний струм електроприймача, А.

Як пристрої захисту використовуємо запобіжники і автоматичні вимикачі.

Вибір автоматичного вимикача розглянемо на прикладі електроприймача

Визначаємо номінальний струм  $I_n$  за формулою:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 33,5 \text{ A};$$

$$I_{n.m.p} \geq 1,15 \cdot I_n \geq 1,15 \cdot 33,5 \geq 38,5 \text{ A}$$

З умови вибору визначуваний автоматичний вимикач - ВА51 – 31.

Решта автоматичних вимикачів вибираємо аналогічно.

## 2.10 Розрахунок параметрів і вибір дротів, кабелів розподільчої мережі

Вибір раціональної схеми живлення підприємств залежить від наступних умов:

- територіального розташування споживачів відносно живлячої підстанції, а також один відносно одного;
- величини встановленої потужності окремих електроприймачів;
- вимоги до надійності електропостачання.

Вибрана схема повинна забезпечувати простоту і зручність експлуатації, мінімум втрат електроенергії, економію кольорового металу і, можливо, менші капітальні витрати.

Цехові мережі ділять на живлячі, які відходять від джерела живлення (підстанції), і розподільчі, до яких приєднуються електроприймачі. Схеми електричних мереж можуть виконуватися радіальними і магістральними.

Радіальна схема живлення застосовується в тих випадках, коли в цеху підприємства стаціонарно встановлені відносно потужні електроприймачі, наприклад, розподіляються по цеху нерівномірно і зосереджені групами на окремих ділянках.

Перевагами радіальної схеми живлення є висока надійність електропостачання і зручність експлуатації. При пошкодженні дротів або при короткому замиканні припиняють працювати один або декілька електроприймачів, підключених до пошкодженої лінії, тоді як останні електроприймачі продовжують нормально працювати.



До недоліків радіальної схеми відносяться:

- велика кількість живлячих ліній до електроприймачів;
- збільшення протяжності мережі, а, отже, перевитрата кольорового металу і захисних апаратів.

При магістральній схемі живлячі (головні) магістралі вторинної напруги цехових трансформаторних підстанцій або безпосередньо до трансформаторів за схемами блок трансформатор – магістраль. Подальший розподіл електроенергії здійснюється розподільчими магістралями, приєднаними до головної магістралі за допомогою комутаційних і захисних апаратів.

Переваги магістральної схеми живлення полягає в порівняно невеликій кількості ліній, які відходять, що зменшує витрату кольорових металів, і скороченні габаритів розподільчих пристроїв: завдяки вживанню схеми блоку трансформатор – магістраль монтаж струмопроводів можна вести індивідуальним методом. Проте магістральна схема менш надійна в експлуатації, чим радіальна.

Магістральні мережі конструктивно виконуються шинопроводом.

Для електропостачання, живлення цехових розподільчих пристроїв, при радіальній схемі електропостачання використовуються кабельні лінії до 1 кВ.

Кабелі застосовують в основному в радіальних мережах для живлення потужних зосереджених навантажень. При прокладці кабелів всередині будівель, їх прокладають відкритим способом по стінах, колонах, фермах і перекриттях; в трубах, прокладених в підлозі і перекриттях; каналах і блоках.

Відкриту прокладку кабелів всередині будівель виконують частіше не броньованими кабелями без зовнішнього джгуту-бітумного покриття (з умов пожежобезпеки). Лінія кабелю має бути, по можливості, прямолінійною і віддаленою від інших трубопроводів. Якщо прокладають одиночний кабель по стінах і перекриттях, то його кріплять за допомогою скоб. При прокладці декількох кабелів застосовують опорні конструкції заводського виготовлення, що збираються з окремих деталей – стійок і полиць.

Найбільш поширеною у виробничих приміщеннях є прокладка кабелів в спеціальних каналах, якщо в одному напрямі прокладають велике число кабелів. В цьому випадку в підлозі цеху споруджують канал із залізобетону або цеглини, яку перекривають залізобетонними плитами або сталевими рифленими листами. Кабелі всередині каналу вкладають на типові збірні конструкції, встановлені на бічних стінах.

Перетин жил кабелів цехових мереж напругою до 1 кВ вибирають з врахуванням струму захисного апарату:

$$I_{np} \geq I_n \quad (2.38)$$

$$I_{np} \geq \kappa_3 \cdot I_3 \quad (2.39)$$

де  $I_3$  – номінальний струм плавкої вставки запобіжника або номінальний струм теплового розщеплювача автоматичного вимикача;

$\kappa_3$  – коефіцієнт захисту.

Коефіцієнт захисту визначається в залежності вживання елементів захисту: 0,33 – для запобіжників; 0,22 – для автоматичних вимикачів з електромагнітним розщеплювачем; 1 – для автоматичних вимикачів з комбінованим розщеплювачем.

Магістральні і розподільні шинопроводи вибирають таким чином, щоб номінальний струм шинопроводу був не меншим розрахункового:

$$I_n \geq I_p \quad (2.40)$$

де  $I_n$  – номінальний струм шинопроводу, А;

$I_p$  – розрахунковий струм шинопроводу, А.

Силкові шафи з апаратурою розраховуються залежно від номінального розрахункового струму.

$$I_{p.ш.} \geq I_p \quad (2.41)$$

де  $I_{p.ш.}$  – струм розрахунковий силової шафи, А;

$I_p$  – розрахунковий струм шинопроводу, А.

Перетин струмопровідних жил, напругою до 1 кВ, по нагріву визначають по таблиці допустимих струмів, складеної для нормальних умов роботи, залежно від розрахункових значень тривало допустимих навантажень, з умови:

$$I_{m.d} \geq I_n \quad (2.42)$$

де:  $I_{m.d}$  – тривало допустимий струм, А;

$I_n$  – номінальний струм провідника, А.

Для прикладу вибору дроту візьмемо електроприймач №1.

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{11}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 33,5 \text{ А.}$$

По умові (36)  $I_{d,d} > 33,5 \text{ А}$

По [10] вибираємо дріт марки АПВ 4Х16.

## 2.11 Розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП

У мережах, до яких пред'являють підвищені вимоги безперебійності живлення, застосовуються автоматичні вимикачі з вбудованими тепловими розщиплювачами. Автоматичні вимикачі – пристрої захисту, що захищають як від струмів короткого замикання, так і від перевантажень. Для захисту від струмів перевантаження застосовується тепловий розщиплювач, який вибирається виходячи з умови:

$$I_{n.t.p} \geq 1,15 \cdot I_n \quad (2.43)$$

де  $I_{n.t.p}$  – номінальний струм теплового розщиплювача, А.

Для захисту від струмів короткого замикання служить електромагнітний розщиплювач, струм якого визначається з умови:

$$I_{ср.е.} \geq 1,25 \cdot I_{макс} \quad (2.44)$$

де  $I_{макс} = I_{пуск}$  (для одного електроприймача);

$I_{макс} = I_{пуск.мах} + \Sigma I_{ном}$  (для групи електроприймачів).

Вибираємо автоматичний вимикач для ШР 1:

$$I_H = 46 \text{ A}$$

$$I_{H \text{ m.p.}} \geq 1,15 \cdot I_H ; I_{H \text{ m.p.}} \geq 1,15 \cdot 46 \geq 52,9 \text{ A.}$$

Вибираємо номінальний струм теплового розчіплювача з [10]

$$I_{H \text{ m.p.}} = 63 \text{ A}$$

Знаходимо струм спрацьовування розчіплювача:

$$I_{\text{ср.е.}} \geq 1,25 \cdot I_H \cdot 5 \geq 1,25 \cdot 46 \cdot 5 \geq 287,5 \text{ A.}$$

$$7 I_{H \text{ m.p.}} \geq I_{\text{ср.е.}} ; 7 \cdot 63 \geq 287,5 \text{ A} ; 370,3 > 287,5 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач по [10]

$$\text{BA51} - 31 \frac{100}{63}$$

Вибір автоматичних вимикачів для інших електроприймачів здійснюємо аналогічно.

Залежно від вигляду захисту, ПУЕ [10] встановлює граничне відношення між струмами захисних апаратів і допустимим струмом провідника. Перетин провідника відповідає допустимому струму нагріву, порівнюють із струмом спрацьовування захисного пристрою.

Здійснюємо вибір перетину струмопровідної мережі:

$$I_{np} \geq I_H ; \quad (2.45)$$

$$I_{np} \geq I_z \cdot \kappa_z \geq 1 \cdot 63 \geq 63 \text{ A} \quad (2.46)$$

$$I_{y0} = 75 > 63 \text{ A} ;$$

Вибираємо кабель АВВГ 5Х25.

Вибір перетину для інших електроприймачів здійснюємо аналогічно.

Вибір перетину струмопровідної мережі для комплектної конденсаторної установки виконується таким чином:

$$I_p = \frac{S_{кстп}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{160}{1,73 \cdot 10} = 9,2 \text{ A} \quad (2.47)$$

$\gamma$  - щільність струму, А/см<sup>2</sup>

$$\gamma = 1,4 \text{ A/см}^2 - \text{таблиця [10]}$$

Економічним перетином називається перетин, відповідний мінімуму вартості передачі електроенергії. У практичних розрахунках ПУЕ [10] рекомендує визначати економічний перетин залежно від економічної щільності струму:

$$S_E = \frac{I_P}{\gamma} = \frac{9,2}{1,4} = 6,6 \text{ мм}^2 \quad (26)$$

$$I_{к.у} = \frac{Q_{к.у}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \sin \varphi} \quad (2.48)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \quad (2.49)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,98^2}$$

$$\sin \varphi = 0,2$$

$$I_{к.у} = \frac{74,96}{1,73 \times 0,38 \times 0,34} = 335,4 \text{ А}$$

$$S_{min} = \frac{I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{ПР}}}{c} = \frac{4800 \cdot \sqrt{0,15}}{85} = 21,9 \text{ мм}^2 \quad (2.50)$$

де  $c = 85$  – для кабелів з алюмінієвими жилами;

$t_{пр}$  – приведений час короткого замикання.

Оскільки  $S_{min} > S_{ек}$ , то вибираємо кабель ААБ 3Х25

При перевірці струмоведучих частин на термічну стійкість, використовують поняття приведенного час  $t_{пр}$  – в перебігу якого, сталий струм короткого замикання виділяє ту ж кількість тепла, що і струм короткого замикання, який змінюється в часі, за дійсний час  $t$ .

По номінальній напрузі і розрахунковому струму вибираємо запобіжник ПКТ101-10/16 і вимикач навантаження з пружинним приводом – ВНПр-10.

Розподільний пристрій РП – 0,4кВ складається з ШНЛ.

Для вибору автоматичних вимикачів, трансформаторів струму, амперметрів і кабелів вибираємо розрахунковий струм.

Вибираємо лічильники активної і реактивної енергії.

Лічильники: активної енергії: СА4У-І672, активної енергії: СР4У-І673М.

Для вибору автоматичних вимикачів, трансформаторів струму, амперметра і вольтметра необхідно визначити розрахунковий струм всього цеху:

$$I_{P.ЦЕХУ} = \frac{S_{P.ЦЕХУ}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{122}{1,73 \cdot 0,38} = 185,6 \text{ A.}$$

Вибираємо трансформатор струму.

Трансформатор струму ТС – 20

Вибираємо прилади електровимірювань.

Амперметр для цеху: Е8021 400/5, вольтметр: Е8021 450.

1) Вибираємо автоматичний вимикач ВА51-31 відповідно до номінального струму:

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot I_n$$

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot 69 = 79,35 \text{ A}$$

$$80 > 79,35 \text{ A}$$

2) Трансформатор струму підбираємо по наступним даним:

ТС-20 100/5

ШР1:

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot I_n$$

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot 46$$

$$63 \geq 52,9$$

ВА51-31  $\frac{100}{63}$

ТС-20 75/5

АВВГ 5×16

Е8021 160/5

3) Живлячий кабель:

АВВГ 5х25

ШР4:

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot I_n \quad I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot 76$$

$$100 \geq 87,4$$

$$BA51-31 \frac{100}{100}$$

$$TC-20 100/5$$

$$ABBG 5 \times 35$$

$$E8021 160/5$$

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot I_n$$

4) Амперметр:

$$E8021 100/5$$

ШПЗ:

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot I_n$$

$$I_{н.т.р.} \geq 1,15 \cdot 87$$

$$100 \geq 99,7$$

$$BA51-31 \frac{100}{100}$$

$$TC-20 100/5$$

$$ABBG 5 \times 35$$

$$E8021 160/5.$$

## 2.12 Розрахунок перетину жил і вибір кабелю живлення РП

Розрахуємо живлячий кабель КТП:

Знайдемо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_{КТП}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{160}{1,73 \cdot 10} = 9,2 A \quad (2.51)$$

$\gamma = 1,4 \text{ A/cm}^2$  – табличне значення

$$S_E = \frac{I_p}{\gamma} = \frac{9,2}{1,4} = 6,57 \text{ мм}^2 \quad (2.52)$$

$$S_{min} = \frac{I_\infty \cdot \sqrt{t_{пп}}}{c} = \frac{4800 \cdot \sqrt{0,15}}{85} = 21,9 \text{ мм}^2 \quad (2.53)$$

$$S_{min} > S_{ек}$$

Отже, вибираємо кабель ААБ 3×25.

## 2.13 Висновки до Розділу 2

1. Проведено вибір системи і видів освітлення. Для всіх виробничих приміщень проєктованого цеху прийнято пристрій загального рівномірного робочого освітлення.

2. Проведено вибір світильників, їх висоти підвісу та розміщення. Вибрано світильники типу ЛСП02, які розміщуються на стелі, висота підвісу становить 4 м. Для теплої стоянки для тракторів вибрано світильник типу РСП02, розміщується на тросах, висота підвісу становить 3,5 м.

3. Проведено світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення.

4. Складено схему живлення мережі цеху. У зв'язку з незначним навантаженням проєктованого цеху, живлення силових і освітлювальних електроприймачів передбачено здійснювати від РП, що живиться у свою чергу від найближчої ТП по кабельній лінії 0,4 кВ.

5. Визначено місця розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі. Прийнято до встановлення групові щитки освітлення серії ЩО 31-21, для ЩО – пункт розподільний серії ПР 85 – Ін1. Для живлення ЩО використовується кабель марки АВВГ прокладений по елементах будівельних конструкцій відкрито на лотках. Для живлення світильників у виробничих приміщеннях використовується кабель марки АВВГ, прокладений в кабельних каналах, для живлення світильників в приміщеннях використовується кабель марки АВВГ прокладений по стіні в кабельних каналах.

6. Проведено розрахунок перерізів проводів (кабелів) групової мережі та мережі живлення та перевірка по втраті напруги.

7. Проведено вибір апаратів захисту освітлювальної мережі.

8. Обґрунтовано варіант вибору схеми електропостачання. Для живлення електроприймачів цеху застосовано магістральну схему електропостачання. Всі групи електроприймачів живляться від розподільних шаф типу ПР-85-ІН1.



9. Проведено розрахунок електричних навантажень.
10. Проведено розрахунок потужності компенсуючого пристрою. Вибрано для компенсації реактивної потужності конденсаторну установку УКЗ-0,38-75 УЗ потужністю  $Q_k = 75$  кВАр. Фактичний коефіцієнт потужності  $\cos\varphi_2$  після компенсації становить 0,98.
11. Проведено вибір числа та потужності трансформаторів КТП. Для живлення електричного навантаження цеху вибрано силовий трансформатор КТП потужністю  $S_{тр-ра} = 160$  кВА.
12. Проведено розрахунок параметрів та вибір апаратів захисту розподільчої мережі.
13. Проведено розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП.

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Розрахунок заземлюючого пристрою.

Заземленням називається зумисне з'єднання металевих частин електрообладнання з заземлюючим пристроєм.

Заземлювачем називається провідник або група електрично з'єднаних провідників, які безпосередньо дотикаються до землі і використовуються для з'єднання з землею частин електроустановок. Заземлювачі поділяються на природні і штучні.

Штучні заземлювачі виконуються тільки для заземлення.

Природними заземлювачами рахуються прокладені в землі різні металеві конструкції, не призначені для заземлення, але які використовуються як заземлювачі.

При використанні штучних заземлювачів, слід мати на увазі, що одиночні заземлювачі, закладені в ґрунт (на відстані один від одного не менше 2,5 м – 3 м), викликають явище екранування.

Кількість заземлювачів заземлюючого пристрою починають з визначення питомого опору ґрунту  $\rho$ , см/м в місці встановлення заземлення за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} - \varphi,$$

де  $\rho_{\text{вим}}$  – вимірний питомий опір ґрунту;

$\varphi$  – коефіцієнт підвищення опору.

Опір одного заземлювача  $R_{od}$ , Ом визначають по формулі:

$$R_{od} = 0,0034\rho,$$

Кількість заземлювачів без врахування екранізації  $n$ , шт. обчислюють за формулою:

$$n = \frac{R_{od}}{\sum R},$$

де  $\sum R$  – сумарний опір всіх заземлювачів;

$R_{od}$  – опір одного заземлювача.

Кількість заземлювачів з врахуванням екранізації  $n_e$ , шт. визначають за формулою:

$$n_e = \frac{R_{од}}{\sum R \cdot \eta},$$

де  $\eta$  – коефіцієнт взаємного екранування,

$$\eta = 0,59.$$

Після обчислення кількості заземлювачів і опору одного заземлювача необхідно провести перевірку по наступній умові:

$$\sum R = \frac{R_{од}}{n \cdot \eta}.$$

Розрахуємо заземлюючий пристрій.

Ґрунт – садова земля, має питомий опір  $\rho = 4000$  Ом /см. Для заземлювачів вибираємо сталевий кутник розміром  $50 \times 50 \times 5$  і довжиною 5м.

Визначаємо опір одного заземлювача по формулі:

$$R_0 = 0,0034 \cdot \rho = 0,0034 \cdot 4000 = 13,6.$$

Визначаємо кількість електродів заземлюючого пристрою з врахуванням екранування за формулою:

$$n = \frac{R_0}{\sum R \cdot \eta} = \frac{13,6}{4 \cdot 0,6} = 5,66 \approx 6,$$

де  $\sum R$  – сума опору заземлюючого пристрою, рівна 4 Ом;

$\eta$  – коефіцієнт екранування рівний 0,6;

$R_0$  – опір одного заземлювача.

Робимо перевірку за формулою:

$$\sum R = \frac{R_0}{n \cdot \eta} < 4 \text{ Ом};$$

$$\sum R = \frac{13,6}{6 \cdot 0,6} = 3,77 \text{ Ом};$$

$$3,77 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}.$$

Умова виконується, значить, вибір заземлюючого пристрою виконано правильно. Розміщення електродів приведені на генеральному плані.

### **3.2 Грозозахист будівлі цеху**

Для захисту електроустаткування, будівель і споруд від атмосферних перенапружень застосовують захисні троси, розрядники, громовідводи.

Вибираємо третю категорію грозозахисту. Основними пунктами грозозахисту третьої категорії є захист від прямих ударів блискавки будівель і споруд, які відносяться за пристроєм грозозахисту до 3 категорії.

Для захисту від прямих ударів блискавки невеликих будівель 4 і 5 мір вогнестійкості, які відносяться за пристроєм грозозахисту до 3 категорії, у тому числі торгівельних баз, складів, магазинів, допускається використання грозозахисних пристроїв спрощеного типу.

Зовнішні металеві установки або окремі ємкості, що містять горючі рідини з температурою спалаху пари вище  $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ , мають бути захищені від прямих ударів блискавки.

Неметалічні вертикальні труби промислових підприємств і котельних, водонапірні башти, пожежні вежі заввишки більш 15 м слід захищати від прямих ударів блискавки встановленими на них громовідводами.

Захист від високих потенціалів в захисних будівлях і спорудах повинен виконуватися для повітряних ліній напругою до 1000 В, відповідно до ПУЕ [10].

Для захисту від високих потенціалів зовнішніх наземних металевих конструкцій і комунікацій необхідно на вводі в захисні будівлі або споруди, приєднувати до заземлювач з імпульсним опором не більше 20 Ом; таке приєднання допускається здійснювати до захисту від прямих ударів блискавки або до захисного заземлювача електроустаткування; на найближчій до споруди опорі приєднувати заземлювач з імпульсним опором не більше 20 Ом.

Схема грозозахисної сітки наведена в графічній частині роботи.

### **3.3 Розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф**

Даний розрахунок представлено в таблиці 3.1-3.4. Вихідні дані для розрахунку беремо з таблиці 3.5.

Таблиця 3.1 Розрахунок електричних навантажень ШР1

№		Вихідні дані				Розрахункові величини							
№		Згідно завдання технологів				згідно довідковим даним				Ip, A	Kv*Pn	Kv*Pn*tg	n*pn^2
пп	згідно плану	Найменування ЕО	К-сть. ЕО шт.	Pном, кВт		Kv	Ip/In	cosj	tgj				
				одного ЕО	загальна								
1	1,2	Токарно-гвинторізний верстат	2	11	22	0,13	7,5	0,5	1,73	251	2,86	4,95	242
2	3	Вертикально-свердлувальний верстат	1	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9
3	4	Круглошліфовальний верстат	1	5,5	5,5	0,25	7	0,65	1,17	90	1,38	1,61	30
4	5	Вертикально-фрезерний верстат	1	15	15	0,13	7	0,5	1,73	319	1,95	3,38	225
5	6	Прес гідравлічний	1	18,5	18,5	0,17	7	0,65	1,17	303	3,15	3,68	342
6	7	Кран-балка	1	5,5	5,5	0,25	7	0,5	1,73	117	1,38	2,38	30
7	8	Вентилятор	1	1,5	1,5	0,70	5	0,8	0,75	14	1,05	0,79	2
<b>Групові значення</b>			8		71	0,17			1,52		12,15	18,47	881
<b>Результати розрахунку</b>													
Ne		Kp	Pp, кВт	Qp, квар	Sp,кВА	Ip, A	In, A						
5,72191		1,849456	22	20	30	46	359						

Номинальна напруга Un=

0,38 кВ

Найменування вузла навантаження

Група ШР1

мережа 0,4кВ

Таблиця 3.2 Розрахунок електричних навантажень ШР2

		0,38 кВ				Найменування вузла навантаження				Група ШР2		мережа 0,4кВ	
№ пп	№ згідно плану	Вихідні дані				Розрахункові величини							
		Згідно завдання технологів				згідно довідков им				Ip, А	Kв*Pн	Kв*Pн*tg	n*рн^2
		Найменування ЕО	К-сть. ЕО шт.	Pном, кВт одного ЕО	загальна	Kв	Ip/In	cosj	tgi				
8	9	Токарно-гвинторізний верстат		11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121
9	10	Круглошліфовальний верстат		5,5	5,5	0,25	7	0,65	1,17	90	1,38	1,61	30
10	11	Вертикально-фрезерний верстат		15	15	0,13	7	0,5	1,73	319	1,95	3,38	225
11	12	Прес гідравлічний		18,5	18,5	0,17	7	0,65	1,17	303	3,15	3,68	342
12	13	Токарний верстат		30	30	0,17	6,5	0,65	1,17	456	5,10	5,96	900
13	14	Компресор		7,5	7,5	0,70	7,5	0,85	0,62	101	5,25	3,25	56
14	15	Подовжньо-фрезерний верстат		11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121
15	16	Вентилятор		1,5	1,5	0,70	5	0,8	0,75	14	1,05	0,79	2
		<b>Групові значення</b>	8		100	0,21			1,33		20,73	27,57	1 798
<b>Результати розрахунку</b>													
		Ne	Kр	Pр, кВт	Qр, квар	Sp,кВА	Ip, А	Ip, А					
		5,56174	1,638047	34	30	46	69	513					

Таблиця 3.3 Розрахунок електричних навантажень ШРЗ

№ пп		№ згідно плану	Вихідні дані				Розрахункові величини							
			Згідно завдання технологів				згідно довідковим даним				Ip, А	Kв*Pн	Kв*Pн*tg	n*рн^2
			Найменування ЕО	К-сть. ЕО шт.	Pном, кВт		Kв	Ip/In	cosj	tgj				
					одного ЕО	загальна								
16	17	Вертикально-свердлувальний верстат		3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9	
17	18	Круглошліфовальний верстат		5,5	5,5	0,25	7	0,65	1,17	90	1,38	1,61	30	
18	19	Оброблювальний центр		30	30	0,60	6,5	0,7	1,02	423	18,00	18,36	900	
19	20	Агрегатний верстат		11	11	0,14	7,5	0,6	1,33	209	1,54	2,05	121	
20	21	Загочной верстат		3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9	
21	22	Зварювальний випрямляч		16	16	0,20	3	0,4	2,29	182	3,20	7,33	256	
22	23	Подовжньо-фрезерний верстат		11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121	
23	24	Вентилятор		1,5	1,5	0,70	5	0,8	0,75	14	1,05	0,79	2	
<b>Групові значення</b>					81	0,34			1,47		27,38	40,20	1 449	
<b>Результати розрахунку</b>														
		Ne	Kр	Pр, кВт	Qр, квар	Sp,кВА	Ip, А	Ip, А						
		4,52951	1,32897	36	44	57	87	471						

Таблиця 3.4 Розрахунок електричних навантажень ШР4

Номінальна напруга $U_n=$		0,38 кВ		Найменування вузла навантаження		Група ШР4		мережа 0,4кВ					
№ пп	№ згідно плану	Вихідні дані				Розрахункові величини							
		Згідно завдання технологів				згідно довідков им данам				Ip, А	Kв*Pн	Kв*Pн*tg	n*рн^2
		Найменування ЕО	К-сть. ЕО шт.	Pном, кВт одного ЕО	загальна	Kв	Ip/In	cosj	tgj				
24	25	Вертикально-свердлувальний верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9	
25	26	Плоскошліфувальний верстат	18,5	18,5	0,25	7	0,65	1,17	303	4,63	5,41	342	
26	27	Оброблювальний центр	30	30	0,60	6,5	0,7	1,02	423	18,00	18,36	900	
27	28	Загочной верстат	3	3	0,13	6	0,5	1,73	55	0,39	0,68	9	
28	29	Подовжно-фрезерний верстат	11	11	0,13	7,5	0,5	1,73	251	1,43	2,48	121	
		<b>Групові значення</b>		65,5	0,38			1,25		24,84	30,97	1 381	
										<b>Результати розрахунку</b>			
		Ne	Kp	Pp, кВт	Qp, квар	Sp,кВА	Ip, А	Ip, А					
		3,10606	1,487675	37	34	50	76	461					



Таблиця 3.5 - Вихідні дані для розрахунку навантажень розподільчих шаф

Параметри електроустаткування									Групи споживачів		
№	№ згідно	айменовані	К-сть	Рном	Кв,	cosj	Ін,	Іп/Ін,	айменовані	Ел.приймачі	по
п/п	плану	статкування	ЕО шт.	кВт			А				
1	1	Токарно-гвинторізний ве		11,00	0,13	0,5	22,00	7,5			
2	2	Вертикально-свердлувал		3,00	0,13	0,5	6,70	6,0			
3	3	Круглошліфувальний вер		5,50	0,25	0,65	11,50	7,0			
4	4	Вертикально-фрезерний		15,00	0,13	0,5	29,30	7,0			
5	5	Прес гідравлічний		18,50	0,17	0,65	35,70	7,0			
6	14	Кран-балка		5,50	0,25	0,5	11,50	7,0			
7	15	Вентилятор		1,50	0,7	0,8	3,57	5,0	Група ПР1	1	7
8	1	Токарно-гвинторізний ве		11,00	0,13	0,5	22,00	7,5			
9	3	Круглошліфувальний вер		5,50	0,25	0,65	11,50	7,0			
10	4	Вертикально-фрезерний		15,00	0,13	0,5	29,30	7,0			
11	5	Прес гідравлічний		18,50	0,17	0,65	35,70	7,0			
12	6	Токарний верстат		30,00	0,17	0,65	56,3	6,5			
13	11	Компресор		7,50	0,7	0,85	15,14	7,5			
14	13	Подовжньо-фрезерний ве		11,00	0,13	0,5	22,00	7,5			
15	15	Вентилятор		1,50	0,7	0,8	3,57	5,0	Група ПР2	8	15
16	2	Вертикально-свердлувал		3,00	0,13	0,5	6,70	6,0			
17	3	Круглошліфувальний вер		5,50	0,25	0,65	11,50	7,0			
18	8	Оброблювальний центр		30,00	0,6	0,7	56,30	6,5			
19	9	Агрегатний верстат		11,00	0,14	0,6	22,00	7,5			
20	10	Обточувальний верстат		3,00	0,13	0,5	6,70	6,0			
21	12	Зварювальний випрямляч		16,00	0,2	0,4	60,85	3,0			
22	13	Подовжньо-фрезерний ве		11,00	0,13	0,5	22,00	7,5			
23	15	Вентилятор		1,50	0,7	0,8	3,57	5,0	Група ПР3	16	23
24	2	Вертикально-свердлувал		3,00	0,13	0,5	6,70	6,0			
25	7	Плоскошліфувальний вер		18,50	0,25	0,65	35,00	7,0			
26	8	Оброблювальний центр		30,00	0,6	0,7	56,30	6,5			
27	10	Обточувальний верстат		3,00	0,13	0,5	6,70	6,0			
28	13	Подовжньо-фрезерний ве		11,00	0,13	0,5	22,00	7,5	Група ПР4	24	28
									Разом	1	28

В роботі здійснено вибір типу світильників, їх висоти підвісу і розміщення, типи ламп. Для ділянок: діагностики і технічного обслуговування тракторів, поточного ремонту сільгоспмашин, ковальсько-зварювальної, слюсарно-механічної, механічної, ковальсько-пресової, відповідно тип світильників - ЛСП02, розміщення - на стелі, висота підвісу - 4 м, типи ламп – ЛБ-40. Також для теплої стоянки для тракторів – тип світильника - РСП02, розміщення - на тросах, висота підвісу - 3,5 м, тип ламп – Б-100 (графічна частина роботи).

Приймаємо до встановлення групові щитки освітлення серії ЩО 31-21, для щитків освітлення приймаємо РП серії ПР 85 – ІН1. Для живлення ЩО використовуємо кабель марки АВВГ прокладений по елементах будівельних конструкцій відкрито на лотках. Для живлення світильників у виробничих приміщеннях використовуємо кабель марки АВВГ 5×2,5 прокладений в кабельних каналах, а для живлення світильників в приміщеннях використовуємо кабель марки АВВГ5×2,5, прокладений по стіні в кабельних каналах.

Розраховано навантаження низьковольтної мережі ремонтного цеху, де встановлено наступне обладнання: токарно-гвинторізний верстат, вертикально-свердлувальний верстат, круглошліфувальний верстат вертикально-фрезерний верстат, прес гідравлічний, кран-балка, вентилятор, токарний верстат, компресор, подовжньо-фрезерний верстат, оброблювальний центр, агрегатний верстат, обточувальний верстат та зварювальний випрямляч. Живлення приймачів цеху здійснюється від розподільчих пристроїв ПР85-ІН1-3-101 та ПР85-ІН1-3-102, за допомогою кабеля АВВГ; перерізи кабеля вибрано за розрахунковим струмом. Кабель прокладено в підлозі в металоконструкціях (графічна частина роботи).

В графічній частині роботи зображена однолінійна схема електропостачання адміністративного приміщення. Приміщення живиться, із захистом вимикачами та запобіжниками, від розподільчої шафи ШР-1, що в свою чергу живиться від розподільчого пристрою 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ кабелем

ААШВ 3× 120. В приміщенні виконується електропостачання: освітлення кімнат, коридорів та підвалу, вуличне освітлення, опалення насосів.

В роботі також здійснено (графічна частина роботи) вибір обладнання та комутаційно-захисної апаратури. На стороні 10 кВ встановлено комірки КСО-ІН99-КТН 202 УЗ та КСО-ІН99-КПС 303-630.12,5УЗ з запобіжниками типу ПКТ 101-10-20-12,5УЗ та ПКТ 101-10-31,5-12,5УЗ, відповідно. На стороні 0,4кВ – розподільчі шафи типу ШНВ-2,1 УЗ ЕЩ, ШНС-4 УЗ ЕЩ та ШНС-2 УЗ ЕЩ з ввідними та секційною комірками з автоматичними вимикачами ВА-51-39 та лінійними комірками з автоматичними вимикачами ВА51-25, ВА51-31, ВА51-33, ВА51-35. Для підвищення показників якості електричної енергії на підприємстві передбачено компенсацію реактивної потужності за допомогою низьковольтних комплектних конденсаторних установок УКЗ-0,38-75 УЗ. Також на підприємстві передбачено розрахунковий облік електричної енергії – на стороні 0,4 кВ ТП (для розрахунку з електропостачальною організацією).

### **3.4 Висновки до Розділу 3.**

1. Проведено розрахунок заземляючого пристрою.
2. Розглянуто грозозахист будівлі цеху.
3. Проведено розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Надзвичайні ситуації: визначення причини, класифікація.

Щодня в світі фіксуються тисячі подій, при яких відбувається порушення нормальних умов життя і діяльності людей і які можуть призвести або призводять до загибелі людей та/або до значних матеріальних втрат. Такі події називаються надзвичайними ситуаціями.

Засоби масової інформації, як правило, привертають увагу громадськості до надзвичайних ситуацій, особливо коли вони пов'язані з життям відомих особистостей, призвели або можуть призвести до великої кількості жертв, становлять загрозу нормальному життю і діяльності груп людей, цілих регіонів чи навіть країн. Майже жодне газетне видання, жоден випуск радіо або телевізійних новин не виходить без таких повідомлень.

Загальні ознаки НС:

- наявність або загрози загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності;
- заподіяння економічних збитків;
- істотне погіршення стану довкілля.

До надзвичайних ситуацій, як правило, призводять аварії, катастрофи, стихійні лиха та інші події, такі як епідемії, терористичні акти, збройні конфлікти тощо. Аварії поділяються на дві категорії:

1. До I категорії належать аварії, внаслідок яких:

- загинуло 5 чи травмовано 10 і більше осіб;
- стався викид отруйних, радіоактивних, біологічно небезпечних речовин за санітарно-захисну зону підприємства;
- збільшилась концентрація забруднюючих речовин у навколишньому природному середовищі більш як у 10 разів;

- зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я значної кількості працівників підприємства чи населення.

2. До II категорії належать аварії, внаслідок яких:

- загинуло до 5 чи травмовано від 4 до 10 осіб;
- зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я працівників цеху, дільниці (враховуються цех, дільниця з чисельністю працівників 100 осіб і більше).

Випадки порушення технологічних процесів, роботи устаткування, тимчасової зупинки виробництва в результаті спрацювання автоматичних захисних блокувань та інші локальні порушення у роботі цехів, дільниць і окремих об'єктів, падіння опор та обрив дротів ліній електропередач не належать до аварій, що мають категорії.

Події природного походження або результат діяльності природних процесів, які за своєю інтенсивністю, масштабом поширення і тривалістю можуть вражати людей, об'єкти економіки та довкілля, називаються небезпечними природними явищами. Руйнівне небезпечне природне явище — це стихійне лихо.

Надзвичайні ситуації мають різні масштаби за кількістю жертв, кількістю людей, що стали хворими чи каліками, кількістю людей, яким завдано моральної шкоди, за розмірами економічних збитків, площею території, на якій вони розвивались, тощо.

Вагомість надзвичайної ситуації визначається передусім кількістю жертв та ступенем впливу на оточуюче життєве середовище, тобто рівнем системи "людина — життєве середовище" (далі — "Л — ЖС"), якої вона торкнулася, і розміром шкоди, спричиненої цій системі. Виходячи з ієрархії систем "Л — ЖС", можна говорити про:

- індивідуальні надзвичайні ситуації, коли виникає загроза для порушення життєдіяльності лише однієї особи;

- надзвичайні ситуації рівня мікроколективу, тобто коли загроза їх виникнення чи розповсюдження наслідків стосується сім'ї, виробничої бригади, пасажирів одного купе тощо;

- надзвичайні ситуації рівня колективу;
- надзвичайні ситуації рівня макроколективу;
- надзвичайні ситуації для жителів міста, району;
- надзвичайні ситуації для населення області;
- надзвичайні ситуації для населення країни;
- надзвичайні ситуації для жителів континенту;
- надзвичайні ситуації для всього людства.

Як правило, чим більшу кількість людей обходить надзвичайна ситуація, тим більшу територію вона охоплює. І навпаки, при більшій площі поширення катастрофи чи стихійного лиха від нього страждає більша кількість людей. Через це в основу існуючих класифікацій надзвичайних ситуацій за їх масштабом найчастіше кладуть територіальний принцип, за яким надзвичайні ситуації поділяють на локальні, об'єктові, місцеві, регіональні, загальнодержавні (національні), континентальні та глобальні (загальнопланетарні).

Сьогоднішня ситуація в Україні щодо небезпечних природних явищ, аварій і катастроф характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості надзвичайних ситуацій, важкість їх наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та навколишньому середовищу, а також стабільності розвитку економіки країни.

До роботи в районі надзвичайної ситуації необхідно залучати значну кількість людських, матеріальних і технічних ресурсів. Запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків перетворилося на загальнодержавну проблему і є одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади і управління всіх рівнів.

## 4.2 Розробка конкретних заходів щодо боротьби із статичною електрикою

З дитинства кожен з нас стикався з проявами статичної електрики – коли гладив кішку або знімав вовняний светр, а потім торкався до металевого корпусу електроприладів. Даний ефект супроводжується тихим потріскуванням, а на кінчиках пальців відчувається дуже дискомфортне поколювання. Сама по собі статична електрика не є небезпечною, проте якщо природа її виникнення походить від побутової електромережі, є причини для хвилювання. Сьогодні ми поговоримо про це явище та вивчимо його з самих різних боків.

Небезпека від статичної електрики виходить у тому випадку, якщо вона спровокована попереднім впливом напруги на корпус якого-небудь приладу, який потім було відключено від мережі. У цьому випадку міг накопичитися великий заряд, здатний серйозно вразити людину струмом. Наслідком цього можуть стати опіки або тимчасове оніміння кінцівок, які контактували з пристроєм. Часом у побуті подібна небезпека також може виходити від розеток через те, що при їх нормальній експлуатації електроди вилок труться об пластик та отримують певний статичний заряд, здатний багаторазово посилитися за рахунок навколишнього електромагнітного поля.

Крім того, статична електрика може бути небезпечно не сама по собі, а як фактор, який провокує загоряння. Наприклад, маленька іскра, яка народжується від тертя декількох різнорідних матеріалів, може перекинутися на сусідні об'єкти. Пожежі, причиною яких послужила електростатика, нерідко відбуваються на складах зерна та різних отрутохімікатів, а також палива та різноманітних спиртовмісних рідин. Усі речовини, які мають гарну горючість, а також дрібнодисперсні порошки потенційно можуть спалахнути від, здавалося б, абсолютно безпечної статичної електрики.

Серед негативних ефектів даного явища, які іноді зустрічаються, слід особливо згадати електромагнітні перешкоди. Якщо статика виявляє себе біля приладів та пристроїв, що мають чутливі до радіохвиль компоненти, вона здатна

збити їхні налаштування або навіть вивести з ладу конденсатори. Через статичну електрику можуть виникати спотворення сигналу при прослуховуванні радіо або збої у роботі дистанційних пультів від телевізорів, підсвічування зі світлодіодних стрічок, радіокерованих моделей або іншого подібного обладнання.

По суті, усе різноманіття методів захисту від електростатики зводиться до вибору з двох шляхів: або необхідно створити умови для того, щоб не пов'язані електрони розсіювалися самі по собі, не провокуючи перехід зі стрекотом, або попередити саме виникнення ефекту, не даючи накопичитися заряду. Найпростішим способом позбутися від будь-яких можливих електроударів статикою є банальне заземлення електроприладів. Передбачається, що корпуси пристроїв, хоча й не перебувають під напругою безпосередньо, можуть поступово накопичувати заряд. Якщо ми забезпечимо стік цього заряду у землю через окремий кабель, то дотики до корпусу перестануть становити загрозу для здоров'я.

У побутових приладах заземлення зазвичай виконується за допомогою третьої жовто-зеленої жили у живильному шнурі. Вона з'єднується з відповідним контактом у розетці та по дроту веде до захисного заземлення та на вулиці. У автомобілях та багатьох пересувних механізмах заземлення ще більш очевидне: до кузова або корпусу кріпиться смужка зі струмопровідного матеріалу або ланцюжок, який при їзді торкається асфальту та забезпечує стік статичного заряду у землю.

Ще один широко відомий спосіб позбутися від зайвих електронів на предметах полягає у тому, щоб збільшити електропровідність діелектричних матеріалів. Зробивши це, Ви отримаєте можливість відводити зайвий заряд на інші об'єкти, знижуючи сумарний потенціал. Потрібний ефект досягається із застосуванням різних спреїв та аерозолів, які наносяться на предмети. Окрім того, на великі прилади та пристрої можна наклеювати спеціальні плівки, які збирають заряд на себе. Принцип дії й у тих, і у інших однаковий: просто у



другому випадку плівка наклеюється відразу, а у першому вона стає результатом висихання складу на поверхні об'єкту.

Схожий ефект дає й банальне зволоження повітря: якщо у будинку висока вологість, предмети меблів та інші поверхні набувають дуже тонкої плівки-нальоту, яка забезпечує підвищену електричну провідність. Ще краще іонізувати повітря у приміщенні: іонізатор відразу генерує необхідну кількість позитивно та негативно заряджених частинок та викидає їх потоком за допомогою вентилятора. Завдяки гарному поширенню, кожен іон швидко «знаходить своє місце», притягаючись до мікрочасток протилежної полярності та нейтралізуючи заряд.

У промисловості, де будь-яка іскра може представляти серйозну небезпеку, застосовують інші підходи. Наприклад, розробляють нові принципи здійснення виробничого процесу, які повністю виключають або мінімізують ймовірність накопичення заряду на поверхні верстатів та агрегатів, готують мікроклімат відповідним чином, використовують антистатичні речовини при обробці обладнання та спецодягу персоналу. За рахунок того, що світильники та допоміжні засоби виробництва знаходяться поза зоною можливого торкання людиною, знижується ймовірність контакту між різнозарядженими тілами та виникнення іскри. На високонебезпечних виробництвах співробітники проходять через так звану клітку Фарадея – це великий бокс, стінки якого сформовані з металевої сітки з маленькими клітинками. Конструкція переймає на себе будь-який розряд та відводить його у землю окремими кабелем.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено вибір системи і видів освітлення. Для всіх виробничих приміщень проєктованого цеху прийнято пристрій загального рівномірного робочого освітлення.

2. Проведено вибір світильників, їх висоти підвісу та розміщення. Вибрано світильники типу ЛСП02, які розміщуються на стелі, висота підвісу становить 4 м. Для теплої стоянки для тракторів вибрано світильник типу РСР02, розміщується на тросах, висота підвісу становить 3,5 м.

3. Проведено світлотехнічний розрахунок системи загального рівномірного освітлення.

4. Складено схему живлення мережі цеху. У зв'язку з незначним навантаженням проєктованого цеху, живлення силових і освітлювальних електроприймачів передбачено здійснювати від РП, що живиться у свою чергу від найближчої ТП по кабельній лінії 0,4 кВ.

5. Визначено місця розміщення щитків освітлення і лінії освітлювальної мережі. Прийнято до встановлення групові щитки освітлення серії ЩО 31-21, для ЩО – пункт розподільний серії ПР 85 – Ін1. Для живлення ЩО використовується кабель марки АВВГ прокладений по елементах будівельних конструкцій відкрито на лотках. Для живлення світильників у виробничих приміщеннях використовується кабель марки АВВГ, прокладений в кабельних каналах, для живлення світильників в приміщеннях використовується кабель марки АВВГ прокладений по стіні в кабельних каналах.

6. Проведено розрахунок перерізів проводів (кабелів) групової мережі та мережі живлення та перевірка по втраті напруги.

7. Проведено вибір апаратів захисту освітлювальної мережі.

8. Обґрунтовано варіант вибору схеми електропостачання. Для живлення електроприймачів цеху застосовано магістральну схему електропостачання. Всі групи електроприймачів живляться від розподільних шаф типу ПР-85-ІН1.

9. Проведено розрахунок електричних навантажень.
10. Проведено розрахунок потужності компенсуючого пристрою. Вибрано для компенсації реактивної потужності конденсаторну установку УКЗ-0,38-75 УЗ потужністю  $Q_k = 75$  кВАр. Фактичний коефіцієнт потужності  $\cos\varphi_2$  після компенсації становить 0,98.
11. Проведено вибір числа та потужності трансформаторів КТП. Для живлення електричного навантаження цеху вибрано силовий трансформатор КТП потужністю  $S_{тр-ра} = 160$  кВА.
12. Проведено розрахунок параметрів та вибір апаратів захисту розподільчої мережі.
13. Проведено розрахунок мережі живлення і вибір електроустаткування КТП.
14. Проведено розрахунок заземляючого пристрою.
15. Розглянуто грозозахист будівлі цеху.
16. Проведено розрахунок електричних навантажень розподільчих шаф.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с.
2. В.Є. Шестеренко. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
3. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
4. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
5. В.Я. Решетник, І.М. Сисак. Конспект лекцій з дисципліни “Електричні системи та мережі” спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Тернопіль: ТНТУ. - 2016.- 152 с.
6. Бабюк, С. М., Клебан, К. М., & Танасійчук, В. В. (2021). Шляхи підвищення надійності електропостачання. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 5-6.
7. Буняк, О. А., & Курочкін, Д. О. (2017). Забезпечення системи гарантованого електропостачання підприємства. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 93-93.
8. Бацюра, Є. В., Шинькар, Р. І., Ухін, А. Р., Костецький, П. Б., Осадчук, С. В., & Сисак, І. М. (2021). Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів. Збірник тез доповідей X

- Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 9-10.
9. Купчик, В. О., Сердюк, Т. Т., Головачук, Г. І., Волосинецький, Р. Б., Мовчан, Л. Т., & Сисак, І. М. (2022). Підвищення надійності та пропускну здатності трансформаторних підстанцій. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 80-81.
  10. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України, - К., 2017.
  11. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.
  12. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.
  13. Бабанін, Н. В., Сисак, І. М., Гапонюк, А. В., & Максимчук, О. М. (2017). Вибір трансформаторів підстанцій за навантажувальною здатністю. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 89-89.
  14. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший ( бакалаврський ) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
  15. Белякова, І. В., Сисак, І. М., & Поважний, О. Т. (2023). Забезпечення роботи вітрової електростанції в електричній мережі. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 243-243.