

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
**Факультет електроенергетики та електромеханіки**  
(повне найменування інституту)  
**Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного**  
(повна назва кафедри)  
**менеджменту**

**Пояснювальна записка  
до бакалаврської дипломної роботи**

Бакалавр  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО  
АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ПОДІЛЛЯВТОРМЕТАЛ»,  
МІСТО ВІННИЦЯ**

Виконав: студент 3 курсу, групи Е-17мс  
6.050701 – електротехніка та електротехнології  
(шифр і назва напряму підготовки)

Черниш С.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Демов О.Д.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ - 2020 року

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ  
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Черниш Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Поділлявтрометал», м. Вінниця,  
керівник роботи Демов Олександр Дмитрович, к.т.н., доцент,  
затверджені наказом по ВНТУ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 року, № \_\_\_\_\_
2. Строк подання студентом роботи « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
  - Анотація.
  - Вступ.
  1. *Загальні відомості про підприємство*
    - 1.1 Відомості про технологічні процеси
    - 1.2 Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання
  2. *Аналіз системи електропостачання підприємства.*
    - 2.1 Розрахунок електричних навантажень
    - 2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій
    - 2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства
      - 2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання
      - 2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.3.3. Розрахунок засобів компенсації реактивної потужності

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

2.4.2. Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі

3. Дослідження з актуальної для підприємства тематики „ Розрахунок рівнів напруг і вибір відпайок трансформаторів ЦТП ”

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3 Пожежна безпека

**ВИСНОВКИ**

Література

5. Перелік графічного матеріалу.

- Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
- План цеху з силової та освітлювальною мережами
- Розрахунково-монтажна таблиця
- Однолінійна схема електропостачання підприємства

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «\_\_» грудня 2019 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства		
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник бакалаврської дипломної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Черниш С.О.

(прізвище та ініціали)

Демов О.Д.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Черниш С.О. Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «ПоділлявтрOMETAL» , м. Вінниця, Бакалаврська дипломна робота. Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020. – с.51

В бакалаврській дипломній роботі розроблені основні питання з електропостачання ПАТ «ПоділлявтрOMETAL». Проведено: розрахунок електричних навантажень підприємства та ремонтно-механічного цеху, визначено центр електричних навантажень, обрано відповідне комутаційне обладнання та марки і перерізи живлячих ліній. Окремо розглянуто питання регулювання напруги в мережах підприємства.

стор. 52 , табл. 11, рис. 7, креслень 5, бібл.6.

## АННОТАЦИЯ

Черниш С.А. Разработка системы электроснабжения Частого акционерного предприятия «Поділлявторметал», город Винница. Бакалаврская дипломная работа. Направление подготовки – 6.050701– электротехника и электротехнология - Винница: ВНТУ, ФЭЭЭМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2020. - с.51

В бакалаврской дипломной работе разработаны основные вопросы электроснабжения ЧАО «Поділлявторметал» на основе реальных исходных данных. Выполнены расчет электрических нагрузок предприятия и ремонтно-механического цеха, определен центр электрических нагрузок, выбрано соответствующее коммутационное электрооборудование, марки и сечение питающих линий. Отдельно рассмотрен вопрос регулирование напряжения в сетях предприятия.

стр. 45 , табл. 11, рис. 7, чертежей 5, библ.6.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....	8
1.1 Коротка характеристика технологічного процесу.....	8
1.2 Відомості про електричні навантаження.....	10
2. РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ І ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ.....	14
2.1 Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху.....	14
2.2 Вибір комутаційного та захисного обладнання силових мереж цеху.....	18
2.3 Розрахунок системи електричного освітлення одного із об'єктів.....	22
3 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТП І ЖИВИЛЬНОЇ ЛІНІЇ.....	28
3.1 Визначення середніх та розрахункових навантажень цехів та заводу методами коефіцієнтів використання та попиту .....	28
3.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП.....	31
3.3 Вибір оптимальної напруги живлення.....	32
3.4 Вибір числа та потужності цехових ТП .....	33
3.5 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення.....	36
4 РОЗРАХУНОК ЦЕН ПІДПРИЄМСТВА .....	38
5. РОЗРАХУНОК РІВНІВ НАПРУГ І ВИБІР ВІДПАЙОК ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦТП.....	40
6 ВИБІР СХЕМИ ТА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ.....	44
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	48
ВИСНОВКИ.....	61
ЛІТЕРАТУРА.....	62
ДОДАТКИ.....	64

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В бакалаврській дипломній роботі виконано розробку системи електропостачання ПАТ «Поділлявторметал». Актуальність роботи обумовлена розташуванням підприємства в межах міста з великою кількістю будівель різного призначення, що накладає велику відповідальність на проектування його системи електропостачання, вибору зовнішнього джерела живлення та виконання всього комплексу електромонтажних робіт.

**Мета роботи:** виконати розрахунок системи електропостачання підприємства, обрати оптимальну схему електропостачання та основне електротехнічне обладнання.

**Основні задачі** даної роботи обумовленні специфічним розташуванням підприємства та використанням на ньому для забезпечення технологічного процесу особливого електрообладнання, що накладає певні вимоги до проектування системи електропостачання і вибору основного обладнання і матеріалів.

**Об'єктом** бакалаврської дипломної роботи є процес функціонування системи електропостачання.

**Предметом** даної роботи є оптимальний вибір і застосування методів та засобів, що покладені в основу оптимального синтезу системи електропостачання і базуються на сучасних Нормах та Правилах.

**Короткий зміст розділів.** В роботі розраховується електричні навантаження підприємства та ремонтно-механічного цеху, обирається схема електропостачання, напруга та джерела живлення, комутаційно-захисна апаратура та провідники заводської та цехової мережі. В окремому розділі розроблено питання регулювання напруги, що є актуальним для підприємства, яке вбудовано в діючу мережу енергопостачальної організації, також прийнято ряд технічних рішень з безпечної експлуатації об'єкту.

**Методи.** Під час виконання бакалаврської дипломної роботи використовувались діючі методи визначення електричних навантажень, елементи методів розрахунку електричних мереж, основні закони електротехніки.



## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

### 1.1 Коротка характеристика технологічного процесу

ПрАТ “Поділлявторметал” спеціалізується на прийомі металобрухту і подальшої реалізації брухту чорних металів, брухту чавуну і металевої стружки, розташованих в різних регіонах України.

Підприємство спеціалізується на демонтаж конструкцій, демонтаж металоконструкцій. Виробляємо диференціацію відходів при зносі і демонтаж з подальшим прийомом металобрухту і вивезенням відходів бетону. Наше підприємство укладає договори на вивіз брухту металів. Вивіз металобрухту здійснюється нашим транспортом. Також в якості альтернативи оренду вантажного транспорту для вивезення металобрухту, надаємо контейнери під брухт чорних металів, розташовані на вашій території.

Кожна партія прийнятого металобрухту проходить піротехнічний і радіологічний контроль з метою виявлення та вилучення вибухонебезпечних предметів і легкозаймистих речовин, а також лому з підвищеним радіаційним фоном.

#### Технологічний процес

Обробка металів тиском — це сукупність технологічних процесів, в яких під дією зовнішніх сил здійснюється пластичне формоутворення металевих заготовок без порушення їх суцільності. Обробка металів тиском ґрунтується на використанні їх пластичності. В холодному стані пластична деформація металу приводить до виникнення фізичного зміцнення (наклепу). Після сильного наклепу подальша деформація металу стає неможливою через небезпеку його руйнування. Усунути наклеп можна рекристалізаційним відпалюванням. У процесі відпалювання структура наклепаного металу відновлюється, зменшується твердість і міцність, підвищується пластичність. Температуру, за якої зароджуються нові кристали, називають температурою рекристалізації. Якщо за температурними умовами при деформуванні рекристалізація може здійснитися, то

такий процес називають гарячою обробкою тиском. Процеси, за яких рекристалізація металу не здійснюється, називають холодною обробкою тиском. У процесі гарячої деформації пластичні властивості металів вищі, ніж у процесі холодної, крім того гаряча деформація супроводжується меншими енергетичними затратами, ніж холодна. Обробка тиском перетворює структуру литого металу на характерну волокнисту структуру, яка поліпшує механічні властивості металу — збільшується його в'язкість та міцність. Це явище дає можливість скоротити витрати металу і збільшити навантаження на конструкцію. Наприклад, колінчатий вал, зроблений куванням, має однаково високі механічні властивості в усіх частинах, тому що волокниста структура його відповідає конфігурації деталі. Колінчатий вал, зроблений механічною обробкою, у місцях згинань має нижчі механічні властивості, тому що волокниста структура його перерізана.

Велике значення в технологічному процесі мають мостові крани, що виконують роль транспортних механізмів. Мостовими кранами називаються вантажопідйомні пристрої, призначені для горизонтального і вертикального переміщення вантажів на невеликі відстані (в межах цеху, ділянки і т. д.).

Міст крана є несучою зварною конструкцією, перекинutoю через проліт цеху в поперечному напрямі у верхній його частині. На кінцевих балках моста встановлені ходові колеса (4 шт.), які переміщуються по рейках підкранового шляху, закріплених на підкранових балках. Уздовж моста прокладені рейки, по яких переміщається на чотирьох колесах візок з вантажопідйомною лебідкою. На барабан лебідки намотуються канати з підвішеним до них на блоках вантажозахватним пристроєм (крюком).

Привід механізмів крана здійснюється від електродвигунів через редуктори. Управління краном проводиться з кабіни за допомогою контролерів, за допомогою яких здійснюється перемикання режимів роботи електродвигунів механізмів крана (швидкість, реверс, гальмування), встановлена панель освітлення і сигналізації, панель вимірювальних приладів і захисна панель. Апаратура управління краном (контактори, проміжні реле, реле часу)

встановлена в шафах, розташованих на мосту крана, тут також розташовуються шафи з ящиками пускорегулюючих резисторів.

Електроенергія до механізмів кранів підводиться за допомогою ковзаючих токознімачів. Електроенергія до візка підводиться за допомогою гнучкого кабелю, підвішеного на тросі. Ввідним пристроєм електроенергії є захисна панель. Для експлуатації і ремонту електроустаткування передбачений вихід оператора на міст крана через люк кабіни або інвентарну люльку.

Таким чином, в мостовому крані є три механізми: механізм підйому, механізм переміщення візка і механізм переміщення моста. Кожен механізм має електромеханічний гальмівний пристрій, який встановлюється на сполучній муфті між двигуном і редуктором або на спеціальному гальмівному шківі, розташованому на вільному кінці валу електродвигуна. Механізм підйому кранів транспортуючих метал повинен мати два незалежні електромеханічні гальма.

## 1.2 Відомості про електричні навантаження

Завод живиться дволанцюговою КЛ 10кВ від ТП8, яка розташована на відстані 0,7 км від заводу. Потужність короткого замикання на стороні 10 кВ живлячої підстанції  $S_{кз} = 50$  МВА.

Вхідна реактивна потужність  $Q_{ВХ} = 145$ квар.

Час використання максимального навантаження  $T_m = 2000$  год [4].

Час максимальних втрат  $\tau_m = 919,58$  год.

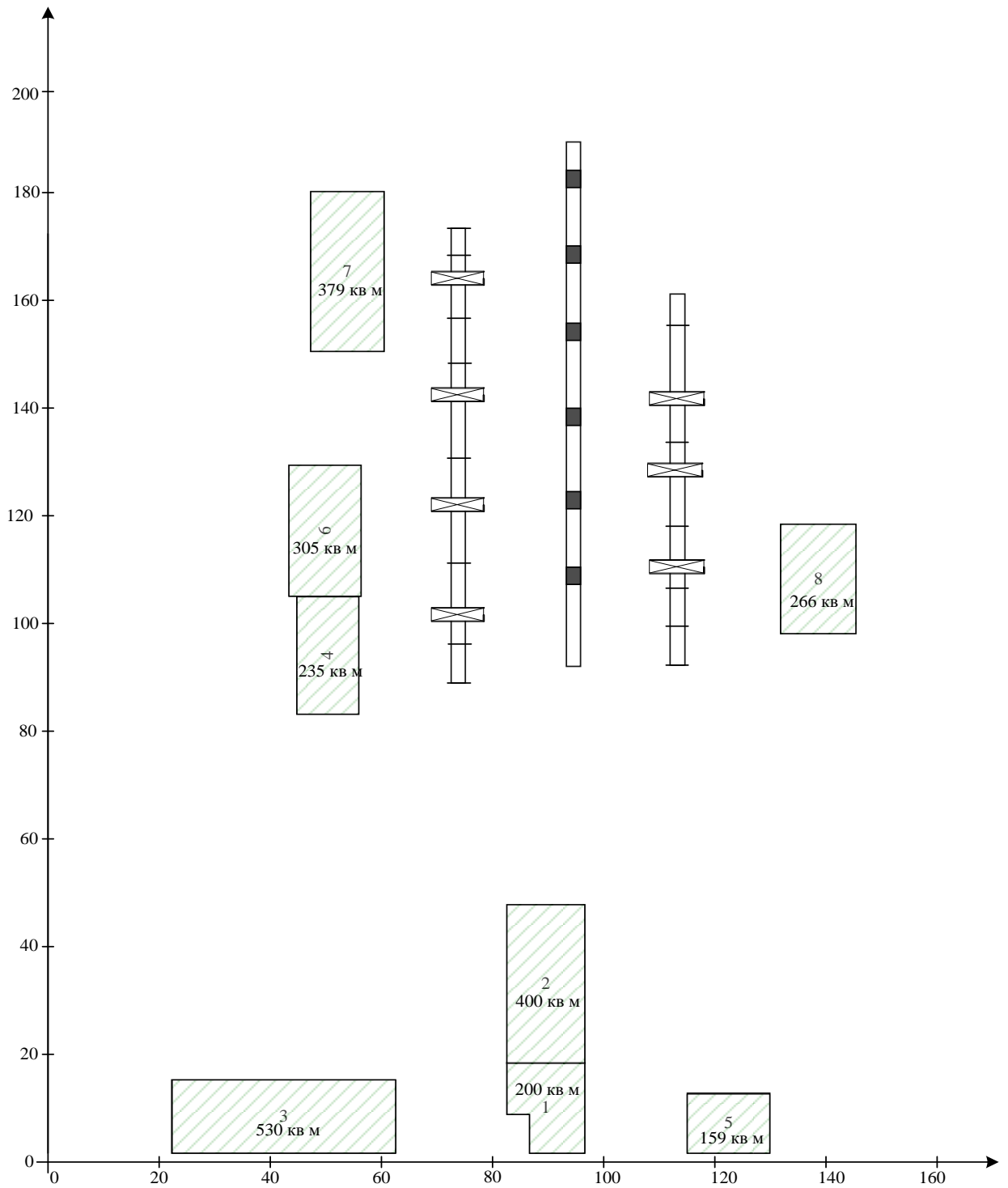


Рисунок 1.1 - Генеральний план ПрАТ “Поділлявторметал”

Відомості про електричні навантаження підприємства наведені в таблиці 1.1, а відомості про електричні навантаження ремонтно-механічного цеху - в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 - Потужність та категорія надійності споживачів.

№	Назва цеху (приміщення)	Потужність, кВт	Категорія надійності
1	Адміністративний корпус	70	3
2	Ремонтно-механічний	142	3
3	Вагова	20	3
4	Приміщення АТЦ	95	2
5	Котельня	25	3
6	Склад металопрокату (МК)	180	2
7	Прес СРА-630	270	2
8	Склад кольорового металу (МК)	245	2

Таблиця – 1.2 Відомості про електричні навантаження цеху

№ на плані	Назва обладнання	Рн, кВт
1	Станок токарно гвинторізний	12
2	Станок токарно гвинторізний	10
3	Станок верт. фрезерувальний	12,8
4	Сушільна шафа	10
5	Станок зубонарізний	5
6	Станок рад. свердлильний	15
7	Зварювальний пост	25
8	Ножниці механічні	10
9	Наждак	4,5
10	Вентилятор	1,5
11	Наждак	1,5
12	Прес	20
13	Ножниці механічні	5
14	Станок верт. свердлильний	4,5
15	Станок токарно гвинторізний	5

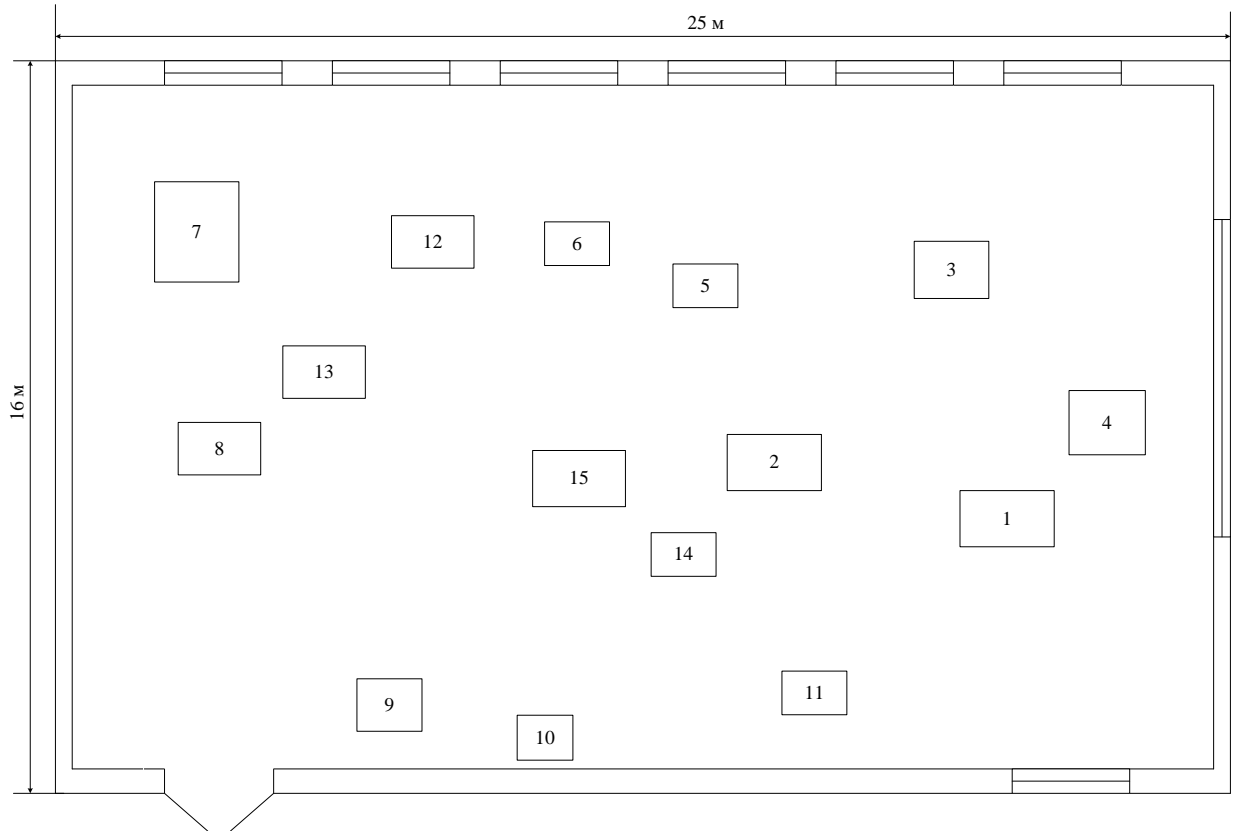


Рисунок 1.2 – План ремонтно-механічного цеху

## 2. РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ І ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЦЕХУ

### 2.1 Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

Схема електропостачання ремонтно-механічного цеху приведена на рисунку 2.1

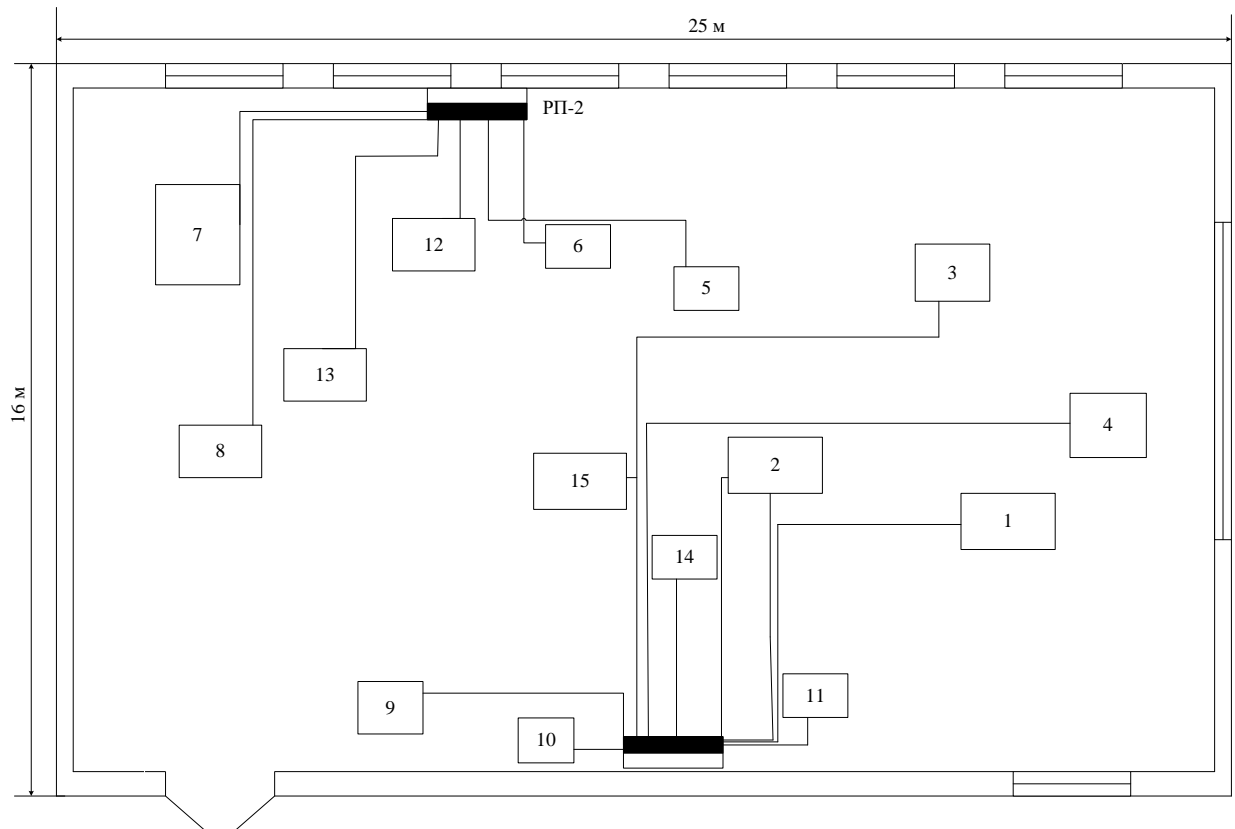


Рисунок 2.1– Схема електропостачання ремонтно-механічного цеху

Враховуючи те, що обладнання в цеху поділено на дві технологічні групи, а також розміщення електроприймачів в цеху, вибираємо радіальну схему цехової мережі, при якій кожна з груп буде житись від окремого РП.

Визначаємо потужність для електроприймача (ЕП) – токарно-гвинторізного станка за формулою (2.1):

$$\begin{aligned}
 P_H &= n \cdot p_H, \\
 P_H &= 2 \cdot 3 = 6(\text{кВт}).
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

де  $p_H$  – потужність верстата,

$n$ - кількість верстатів.

Визначаємо середню активну та реактивну потужності:

$$\begin{aligned} P_{CM} &= n \cdot p_H \cdot \kappa_B, \\ P_{CM} &= 1 \cdot 12 \cdot 0,17 = 2,04(\text{кВт}), \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} Q_{CM} &= P_{CM} \cdot \text{tg} \varphi, \\ P_{CM} &= 2,04 \cdot 1,77 = 2,39(\text{кВт}). \end{aligned} \quad (2.3)$$

де  $\kappa_B$  – коефіцієнт використання.

Груповий коефіцієнт використання та ефективне число ЕП визначаються за формулами:

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}} = \frac{13,83}{61,8} = 0,22 \quad (2.4)$$

$$n_e = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot n \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2 \cdot n} \quad (2.5)$$

$$n_e = \frac{61,8^2}{577,84} = 6,61 \approx 7$$

Коефіцієнт розрахункового максимуму навантажень  $K_M$  ми знаходимо за ефективним числом ЕП та коефіцієнтом використання [1] для мереж живлення напругою до 1000 В. В даному випадку  $K_M = 1,54$ .

Визначаємо розрахункову активну та реактивну потужність:

$$P_M = K_M \cdot P_{CM} = 1,54 \cdot 13,83 = 21,3(\text{кВт}), \quad (2.6)$$

$$Q_M = 1,1 \cdot Q_{CM} = 1,1 \cdot 17,16 = 26,43(\text{кВар}). \quad (2.7)$$

Та сумарну потужність:



$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{21.3^2 + 26.43^2} = 33.94(\text{кВА}) \quad (2.8)$$

Розрахункові струми на 1 рівні електропостачання, визначаються за формулою:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H} = \frac{18.48}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 28.08(\text{А}). \quad (2.9)$$

Розрахунки для інших ЕП виконують аналогічно та наведені в таблицю 2.1.

Розрахувавши значення для кожного з РП виконуємо розрахунки по цеху в цілому. Такої ж послідовності дотримуються і при визначенні розрахункових навантажень  $P_M$ ,  $Q_M$ ,  $S_M$ ,  $I_M$  і в цілому по цеху. За однією відмінністю, значення  $K_M$  ми вибираємо з таблиці 1,2 [1] на шинах НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1000В.

Визначаємо ефективне число ЕП по цеху в цілому:

$$n_e = \frac{141,8^2}{1977,84} = 10,166 \approx 10$$

Тоді  $K_M = 1,39$ , за формулами визначаємо розрахункові активну, реактивну та сумарну потужність:

$$P_M = 1.39 \cdot 32.48 = 45.15(\text{кВт}),$$

$$Q_M = 1.39 \cdot 42.95 = 59.69(\text{кВар}),$$

$$S_M = \sqrt{45.15^2 + 59.69^2} = 74.845(\text{кВА})$$

Розрахунковий струм визначаються за формулою (2.9):

$$I_M = \frac{33.94}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 51.63(\text{А}) \quad (2.10)$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень цеху

Найменування ЕП	п, шт	$P_H$ , кВт	$P_H^2$	$n \cdot P_H$ , кВт	Кв	$tg\phi$	$n \cdot P_H \cdot Kв$ , кВт	$n \cdot P_H \cdot Kв \cdot tg\phi$ , квар	$n \cdot P_H^2$	$pe$	Км	$P_M$ , кВт	$Q_M$ ,квар	$S_M$ ,кВА
РП-1														
Станок верт. Фрезерувальний (3)	1	12,8	163,84	12,8	0,30	0,75	3,30	160	163,84					
Сушильна шафа (4)	1	10	100	10	0,30		3,30	95	100					
Станок такарно-гвинторізний (2)	1	10	100	10	0,30			96	100					
Станок такарно-гвинторізний (1)	1	12	144	12	0,65	1,02	171,60	130	144					
Станок такарно-гвинторізний (15)	1	5	25	5	0,30			20	25					
Станок верт. Свердлильний (14)	1	20	400	20	0,30			390	400					
Наждак (9)	1	5	25	5	0,30			20	25					
Вентилятор (9)	1	9	81	9	0,30			78	81					
Наждак (11)	1	15	225	15	0,65		171,60	218	225					
Всього по РП-1										8	2,67	99	80	152
РП-2														
Зварювальний пост (7)	1	1,5	2,25	1,5	0,20	0,75	3,60	2,70	324					
Ножниці механічні (8)	1	4,5	20,25	4,5	0,25	1,17	1,50	1,76	36					
Ножниці механічні (13)	1	10	100	10	0,21		5,10	4,46	360,00					
Прес (12)	1	1,25	1,56	1,25										
Станок радіально-свердлильний (6)	1	1,5	2,25	1,5	0,65	0,75	33,15	24,86	867					
Станок зубонарізний (5)	1	4,5	20,25	4,5	0,65	0,75	149,50	112,13	10580					
Всього по РП-2												140	131	210
Всього навантаження цеху	15	23,25										239	211	360

## 2.2 Вибір комутаційного та захисного обладнання силових мереж цеху.

Умови вибору автоматичних вимикачів мають такий вигляд:

$$1. \quad I_{н.розч.} \geq K_{відс.} \cdot I_M \quad (2.11)$$

де  $I_{н.розч.}$  - номінальний струм розчіплювача,

$I_M$  - розрахунковий струм окремого ЕП,

$K_{відс.}$  - коефіцієнт відстроювання, що визначається з умов надійності.

$$2. \quad I_{с.в} \geq K_n \cdot I_n \quad (2.12)$$

де  $I_{с.в.}$  - струм спрацювання відсічки,

$K_n$  - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки,

$I_n$  - піковий струм.

Вибір автоматичних вимикачів для лінії РП1 – ЕП1, для цього визначимо розрахунковий струм цієї лінії:

$$I_M = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{18.48}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 28.08(A) \quad (2.13)$$

Розрахуємо піковий струм:

$$I_n = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 28.08 = 140.41(A) [1]. \quad (2.14)$$

Для цієї лінії вибираємо тип вимикача серії ЕВ2 з тепловим та електромагнітним розчеплювачами.

Розрахуємо також номінальний струм розчеплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч.} \geq 1 \cdot 28.08 = 28.08(A),$$

$$I_{с.в} \geq 2.1 \cdot 140.41 = 294.87(A)$$

Виходячи з розрахунку обираємо автоматичний вимикач типу ЕВ2 з тепловим та електромагнітним розчеплювачами з номінальними струмом розчеплювача 31,5

А, та номінальним струмом вимикача 100 А, за допомогою заданої кратності вимикача ,яка дорівнює 10, знаходимо струм спрацювання відсічки 315А.

Аналогічно проводимо розрахунок для інших ЕП та записуємо в таблицю 2.2.

Виберемо автомати для захисту РП1,РП2,які встановлюються в ТП.

Вибір автоматів для ТП-РП1:

$$I_M = \frac{33.94}{\sqrt{3} \cdot 0.38} = 51.63(A)$$

Визначаємо піковий стум за формулою (1.14):

$$I_n = I_M - K_v \cdot I_{н.макс} - I_{п.макс}. \quad (2.15)$$

де  $I_{н.макс}$  і  $I_{п.макс}$  – номінальний і піковий струми найбільш потужних електроприймачів.

$$I_n = 51.63 - 0.14 \cdot 30.39 + 151.93 = 201.62(A)$$

Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч} \geq 1,1 \cdot 51.63 = 56.8(A),$$

$$I_{св} \geq 1,5 \cdot 201.62 = 302.4(A).$$

Вибираємо для захисту цієї лінії вимикач серії EB2 – автоматичний вимикач з напівпровідниковим розчеплювачем (селективним) з номінальними струмом розчіплювача 100,8А, та номінальним струмом вимикача 160 А, заданої кратності вимикача ,яка дорівнює 5, знаходимо струм спрацювання відсічки 800А.

Таблиця 2.2 Вибір комутаційно – захисної апаратури

Лінія	$I_M$ , А	$I_p$ , А	Тип захисного апарата	$I_{ном в}$ , А	$I_n$ розч (розр), А	$I_n$ розч, А	$I_{св}$ (розр), А	$I_{св}$ , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТП - РП-1	51,63	201,62	EB2 160/3S	160	56,8	100,8	302,42	504
ТП - РП-2	83,26	432,89	EB2 160/3S	160	91,59	128	647,83	896
РП1-ЕП1	28,08	140,41	EB2 100/3S	100	28,08	31,5	294,87	315
РП1-ЕП2	30,42	152,11	EB2 100/3S	100	30,42	31,5	319,44	315
РП1-ЕП3	29,95	149,77	EB2 100/3S	100	29,95	31,5	314,53	315
РП1-ЕП4	23,4	117,01	EB2 100/3S	100	23,4	25	175,52	250

РП1-ЕП9	7,61	38,03	ЕВ2 100/3S	25	7,61	8	79,86	80
РП1-ЕП10	2,85	14,26	ЕВ2 100/3S	25	2,85	6,3	29,95	44
РП1-ЕП11	5,07	25,35	ЕВ2 100/3S	25	5,07	6,3	53,24	63
РП1-ЕП14	15,21	76,06	ЕВ2 100/3S	25	15,21	20	159,72	200
РП1-ЕП15	16,9	84,51	ЕВ2 100/3S	25	16,9	20	177,47	200
РП2-ЕП5	16,06	80,28	ЕВ2 100/3S	25	16,06	20	168,59	200
РП2-ЕП6	33,35	166,74	ЕВ2 100/3S	100	33,35	40	350,16	400
РП2-ЕП7	72,25	361,27	ЕВ2 100/3S	100	72,25	80	758,67	800
РП2-ЕП8	24,08	120,42	ЕВ2 100/3S	100	24,08	25	252,89	250
РП2-ЕП12	34	170,01	ЕВ2 100/3S	100	34	40	357,02	400
РП2-ЕП13	14,45	72,25	ЕВ2 100/3S	25	14,45	16	151,73	160

Виконуємо вибір провідників. Переріз провідників вибираємо за допустимим нагріванням. Так як дане приміщення не відноситься до вибухонебезпечних то умова вибору:

$$I_{\text{доп}} \geq I_M \quad (2.16)$$

Живлення виконуємо алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ прокладеними в підлозі в трубах. Для лінії ЕП1-РП1 з  $I_M = 10,72\text{А}$  вибираємо провід АПВ 4(1х2,5) з  $I_{\text{доп}} = 15\text{А}$ . Для лінії ТП- ЕП19 з  $I_M = 187,68\text{А}$  вибираємо кабель АВВГ 4х120 з  $I_{\text{доп}} = 200 \cdot 0,92 = 184\text{А}$ .

Для інших ліній вибір представлений в таблиці 2.3

Перевіримо втрати напруги на найбільш віддалених споживачах:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{ном}} R_{\text{ном}} + Q_{\text{ном}} X_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} I. \quad (2.17)$$

Перевіримо втрати напруги для ЕП-3

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП-14}} = \Delta U_{\text{ТП-РП-1}} + \Delta U_{\text{РП-1-ЕП-14}}, \quad (2.18)$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП-1}} = \frac{61,8 \cdot 3,84 + 61,8 \cdot 0,7 \cdot 0,088}{380} 45 = 28,5 \text{ В},$$

$$\Delta U_{РП-1-ЕП-3} = \frac{12,8 \cdot 6,41 + 12,8 \cdot 0,75 \cdot 0,094}{380} 12,5 = 2,72 \text{ В,}$$

$$\Delta U_{ТП-ЕП-3} = 28,5 + 2,72 = 31,2 \text{ В,}$$

$$\Delta U_{\%ТП-ЕП-3} = \frac{31,2}{380} 100\% = 6,02\%$$

Дана втрата напруги є допустима.

Таблиця 2.3 Вибір провідників

Лінія	Ім, А	Тип провідника	Спосіб прокладки	S, мм <sup>2</sup>	Ідоп, А
ТП - РП-1	51,63	АВВГ	в підлозі в трубі	4x10	64,4
ТП - РП-2	83,26	АВВГ	в підлозі в трубі	4x25	105,8
РП1-ЕП1	28,08	АПВ	в трубах	4(1x6)	30
РП1-ЕП2	30,42	АПВ	в трубах	4(1x10)	37
РП1-ЕП3	29,95	АПВ	в трубах	4(1x6)	30
РП1-ЕП4	23,4	АПВ	в трубах	4(1x6)	27
РП1-ЕП9	7,61	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	15
РП1-ЕП10	2,85	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	15
РП1-ЕП11	5,07	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	15
РП1-ЕП14	15,21	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19
РП1-ЕП15	16,9	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19
РП2-ЕП5	16,06	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	19
РП2-ЕП6	33,35	АПВ	в трубах	4(1x10)	39
РП2-ЕП7	72,25	АПВ	в трубах	4(1x35)	85
РП2-ЕП8	24,08	АПВ	в трубах	4(1x6)	27
РП2-ЕП12	34	АПВ	в трубах	4(1x10)	37
РП2-ЕП13	14,45	АПВ	в трубах	4(1x2,5)	15

### 2.3 Розрахунок системи електричного освітлення ремонтно-механічного цеху

Розрахунок робочого освітлення методом коефіцієнта використання

Розрахунок освітлення ремонтно-механічного цеху (рисунок 2.2) будемо проводити методом коефіцієнта використання, який враховує відбивну складову освітленості від робочої поверхні, стелі та стін приміщення також цей метод застосовують для розрахунку загального рівномірного внутрішнього освітлення горизонтальних поверхонь при відсутності затіняючого обладнання.

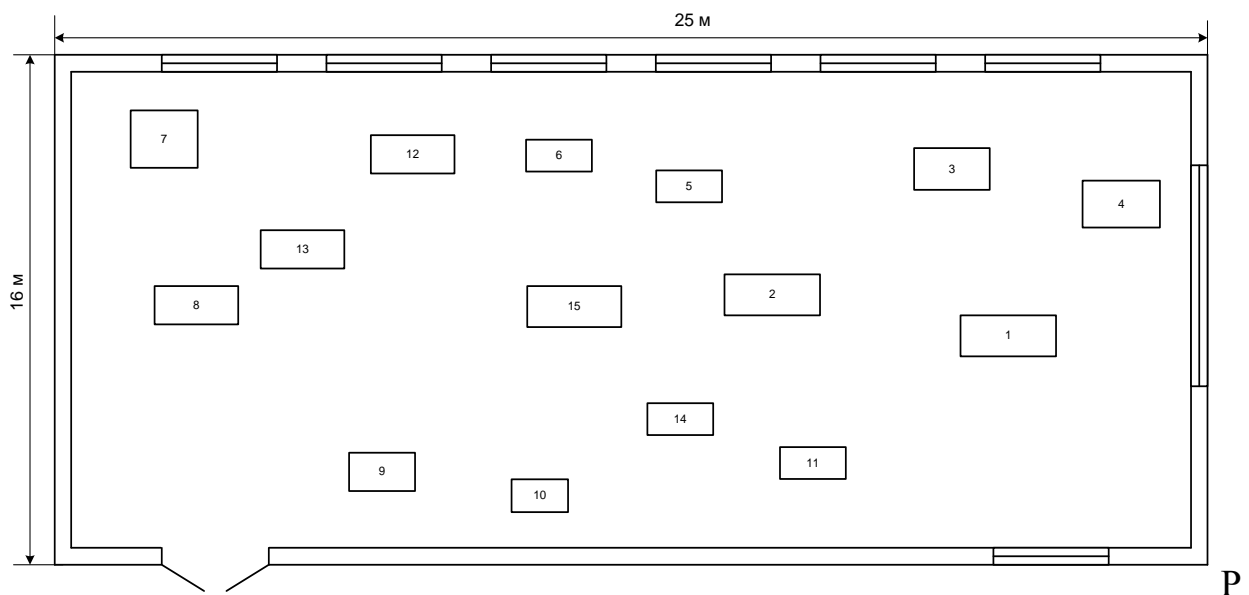


Рисунок 2.2 – Схема ремонтно-механічного цеху

Роботи в ремонтно-механічному цеху відносяться до IV розряду робіт (малої точності), тому приймаємо норму освітлення  $E_n = 150$  лк.

Висота цеху – 5 метрів, розміри відділення – 16 x25 м.

Визначимо розрахункову висоту, м :

$$h = H - (h_p + h_c) = 5 - (0,8 + 0) = 4,2 \text{ (м)} \quad (2.19)$$

$h$  – висота приміщень даного цеху, м;

$h_c$  – висота звісу світильника, м;

$h_p$  – висота робочої поверхні від підлоги, м;

За таблицею 5-1 [5] приймаємо коефіцієнти відбивання поверхонь:

$$\rho_{\text{п}} = 50 \%, \rho_{\text{с}} = 30 \%, \rho_{\text{р}} = 10 \%,$$

де  $\rho_{\text{п}}$ ,  $\rho_{\text{с}}$ ,  $\rho_{\text{р}}$  – коефіцієнти відбивання стелі, стін і робочої поверхні відповідно.

За розмірами приміщення визначаємо індекс приміщення:

$$i_{1,3} = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{16 \cdot 25}{4,2 \cdot (16 + 25)} = 2,32, \quad (2.20)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м.

За знайденим індексом приміщення по таблиці П.2.1 [2] вибираємо коефіцієнт використання:  $\eta_{1,3} = 55,5 \%$ .

Враховуючи тип світильників, задаємось коефіцієнтом запасу:  $k_3 = 1,6$ , і коефіцієнту нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп  $z = 1,1$ .

Визначаємо необхідну кількість світильників при розрахунковому світловому потоці люмінесцентних ламп PHILIPS TL5 80 Фл = 4960 лм:

$$N_{\text{світ1,2}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 400 \cdot 1,6 \cdot 1,1}{4960 \cdot 2 \cdot 0,55} \approx 19,35 = 20, \quad (2.21)$$

де  $S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$\Phi_{\text{л}}$  – світловий потік люмінесцентних лампи ЛБ-80, лм;

$n$  – кількість ламп.

Розташуємо світильники в два ряди таким способом щоб в двох рядах було по 10 світильників.

Визначимо величину розривів між світильниками:



$$\Delta L = L_{\text{гр}} - \sum l_{\text{св}} = 25 - 10 \cdot 1,5 = 10 \text{ м}, \quad (2.22)$$

$$\lambda = \frac{\Delta L}{N - 1} = \frac{10}{9} = 1,11 \text{ м}. \quad (2.23)$$

Загальна установлена потужність світильників:

$$P_{\text{уст}} = N \cdot n \cdot P_{\text{л}} = 20 \cdot 2 \cdot 0,08 = 3,2 \text{ (кВт)} \quad (2.24)$$

де  $P_{\text{л}}$  – потужність лампи, Вт;

Споживана потужність з врахуванням ПРА:

$$P_{\text{по}} = P_{\text{уст}} \cdot k_c \cdot k_{\text{ПРА}} = 3,2 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 3,65 \text{ (кВт)} \quad (2.25)$$

Отже в даному цеху встановимо по 10 світильників в ряду з лампами PHILIPS TL5 потужністю 80 Вт з освітленістю 4960 лм.

Розрахунок системи електричного освітлення точковим методом

Здійснимо розрахунок освітлення точковим методом, який не враховує відбиваючі складові і освітленість від віддалених світильників.

1. На плані зображаємо освітлювальні лінії (рисунок 2.3)

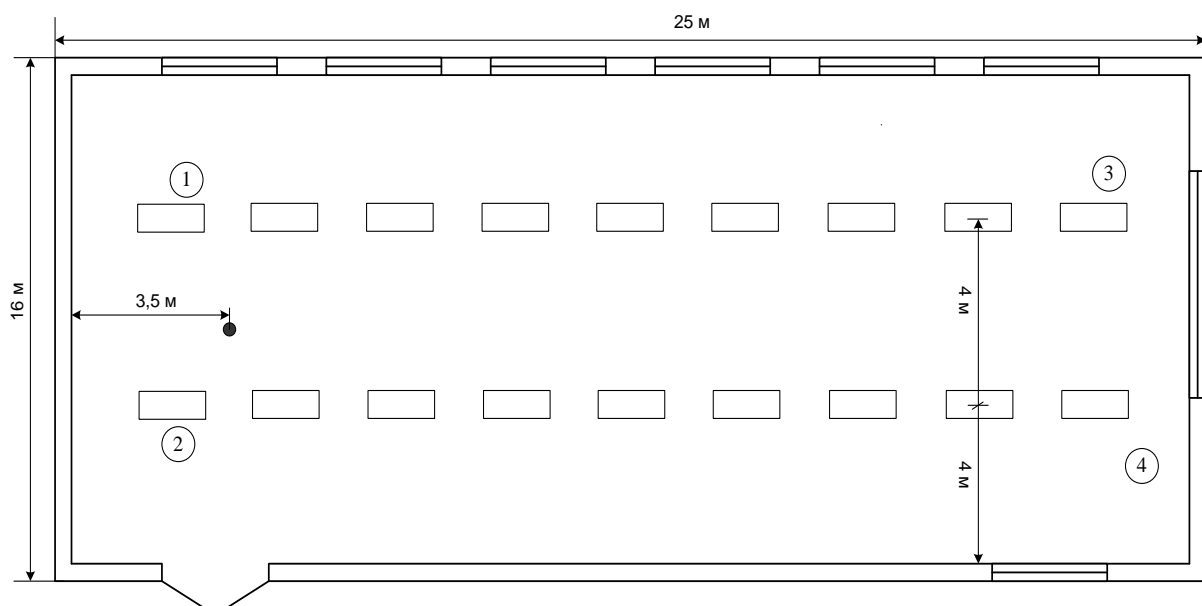


Рисунок 2.3 – Освітлювальні лінії для ремонтно-механічного цеху

Вибираємо розрахункову точку на відстані від торцової стіни 3,5 м і 4 м – від освітлювальної лінії.

2. Виділяємо ділянки освітлювальних ліній, визначаємо  $p_n$  та  $L_n$ . ( $p_n^l = p_n / h$ ;  $L_n^l = L_n / h$ ).

3. Для зручності результати заносимо до таблиці 2.4

4.

Таблиця 2.4 - Результати розрахунки освітленості від освітлювальних ліній

№ ділянки	$p_n$ м	$p_n^l$ в.о.	$L_n$ м	$L_n^l$ в.о.	$e$ м	$n$	$e \cdot n$ м
1,2	1	0,24	4	0,95	140	2	280
3,4	1	0,24	21	5	180	2	360
							$\sum e = 620$

5. Знаходимо світловий потік за формулою:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot k \cdot h}{\mu \cdot \sum e} = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,6 \cdot 4,2}{1,1 \cdot 480} = 1478 \text{ лм} \quad (2.26)$$

6. Отже, вибираємо лампи PHILIPS TL5 -30 з світловим потоком  $\Phi_{\text{л}} = 1560$  лм.

7. Повний світловий потік ламп в ряду :

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 1560 \cdot 25 = 39000 \frac{\text{лм}}{\text{м}} \quad (2.27)$$

8. Кількість світильників з двома лампами PHILIPS TL5 -30 при розрахунковому світловому потоці лампи в ряду:

$$N_p = \frac{\Phi}{n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{39000}{2 \cdot 1560} = 12,5 \approx 13 \text{ світ.} \quad (2.28)$$

9. Сумарна довжина світильників і ряду:

$$N = N_p \cdot L = 13 \cdot 1,5 = 19,5 \text{ м} \quad (2.29)$$

Вибираємо для установки світильники з лампи PHILIPS TL5 30 з світловим потоком  $\Phi_{\text{л}} = 1560$  лм.

Визначення дійсних втрат напруги для схеми освітлювальної мережі

Після проведених розрахунків за двома методами, ми бачимо, що по результатам розрахунку який був проведений методом коефіцієнта використання ми можемо вибрати світильники з лампами PHILIPS TL5 –80 Вт, а при точковому методі нам треба вибирати ті ж самі світильники тільки з лампами PHILIPS TL5 - 30Вт. Для подальшого розрахунку перерізу, марки кабелю і втрати напруги приймемо дані отримані за методом коефіцієнта використання.

Визначимо поперечний переріз провідників живлячих ліній М1 та М1а; напруга мережі 380/220 В. Втрати напруги в лініях не повинні перевищувати 2,5%.

Для М1 визначаємо момент навантаження від ЦТП1 до ЩО:

$$M_{\text{м}} = P_{\text{ср.о.}} \cdot l_{\text{м}} = 3,65 \cdot 27 = 98,55 \text{ (кВт}\cdot\text{м)} \quad (2.30)$$

Визначаємо коефіцієнт С:

$C = 44$  для 4-ох провідного алюмінієвого проводу мережі 380/220 В.

Розраховуємо переріз проводу для ЩО :

$$S_{\text{розр}} = \frac{M_{\text{м}}}{C \cdot \Delta U_{\text{ж.м.}}} = \frac{98,55}{44 \cdot 2,5} = 0,89 \text{ (мм}^2\text{)} \quad (7.12)$$

$$S_{\text{розр}} = 0,89 \approx 2,5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Так як мінімальний переріз алюмінієвого проводу  $2,5 \text{ мм}^2$ , то приймаємо кабель АВВГ 4х2,5 для ЩО.

Фактичне значення втрат напруги:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{S_{\text{розр}}}{S} = 2,5 \cdot \frac{0,89}{2,5} = 0,09 \text{ \%}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Вибір перерізів живлячих ліній

	ЩО
Переріз, S, мм <sup>2</sup>	2,5
Фактичні втрати напруги, ΔU, %	0,9

Схема робочого та аварійного освітлення ремонтно-механічного цеху, що розраховувалась, зображена на рисунку (2.4).

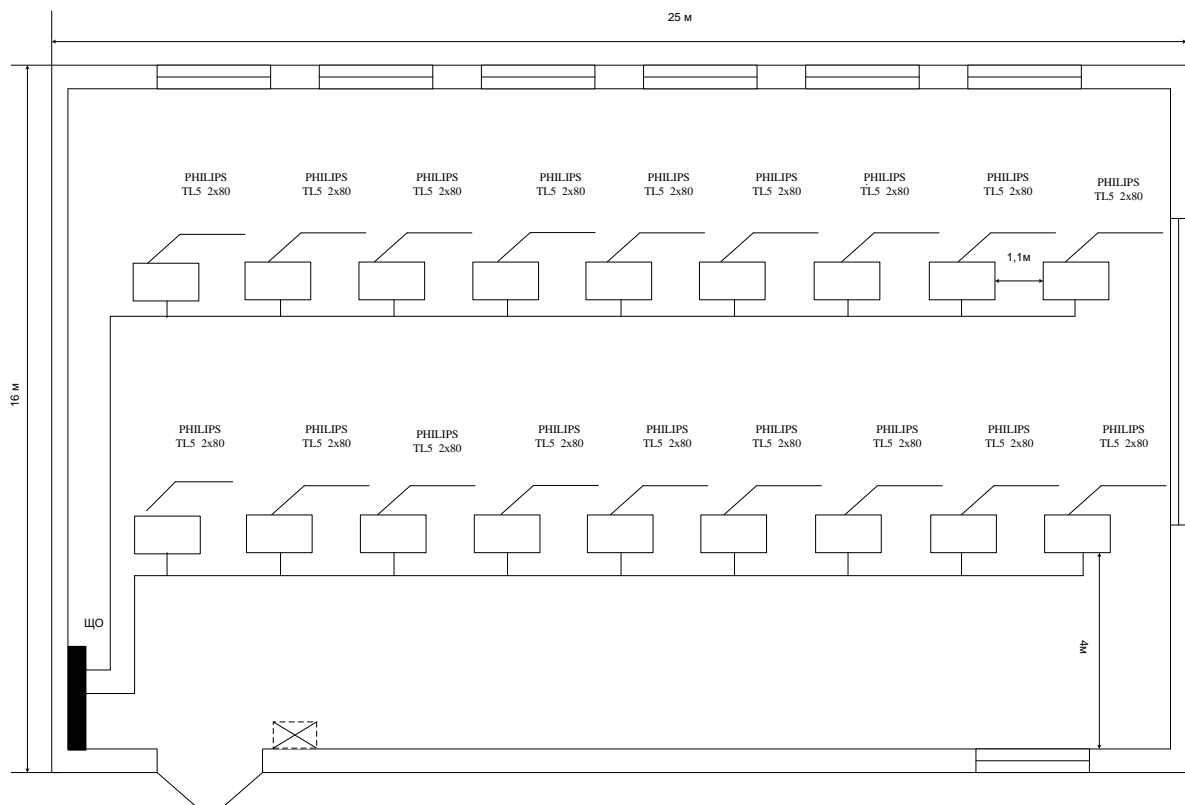


Рисунок 2.4 – Схема робочого та аварійного освітлення цеху

В даному розділі були проведені світлотехнічні розрахунки з вибором робочого освітлення, а також визначення потужності та кількості джерел світла. В якості робочого освітлення ми вибрали світильники PHILIPS 2x80 з лампами PHILIPS TL5 –80 Вт. Також ми вибрали кабель АВВГ 4x2,5 для живлення ЩО. Для перерізів вибраних кабелів були пораховані втрати напруги які не перевищують нормовані значення.

### 3 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТП І ЖИВИЛЬНОЇ ЛІНІЇ

3.1 Визначення середніх та розрахункових навантажень цехів та заводу методами коефіцієнтів використання та попиту

Визначення середніх та розрахункових навантажень здійснюється за методами коефіцієнтів використання та попиту відповідно [2].

Розрахунок електричних навантажень виконується по наступному алгоритму:

1) Активне навантаження освітлювальних установок, кВт:

$$P_o = F \cdot P_{o.пит} \cdot K_{п.о}; \quad (3.1)$$

де  $F$  – площа освітлення,  $m^2$ ;  $P_{o.пит}$  – питоме освітлювальне навантаження, кВт/ $m^2$ ;  $K_{п.о}$  – коефіцієнт освітлення;

2) Активне середнє силове навантаження, кВт:

$$P_c = P_B \cdot K_B; \quad (3.2)$$

де  $P_B$  – встановлена потужність навантаження;  $K_B$  – коефіцієнт попиту;

3) Реактивне середнє силове навантаження кВАр:

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (3.3)$$

4) Повне середнє силове навантаження, кВА:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}; \quad (3.4)$$

5) Сумарний середній струм, А:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3}U}; \quad (3.5)$$

6) Сумарне розрахункове активне навантаження, кВт:

$$P_p = P_B \cdot K_{\Pi} + P_o; \quad (3.6)$$

7) Сумарне розрахункове реактивне навантаження, кВАр:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (3.7)$$

8) Сумарне повне розрахункове навантаження, кВА:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (3.8)$$

9) Повний розрахунковий струм, А:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U}; \quad (3.9)$$

10) Сумарне середнє активне навантаження підприємства, кВт:

$$P_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_{ci}; \quad (3.10)$$

11) Сумарне середнє реактивне навантаження підприємства, кВАр:

$$Q_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{ci}; \quad (3.11)$$

12) Сумарне середнє повне активне навантаження підприємства, кВА:

$$S_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{ci} \quad (3.12)$$

13) Сумарне розрахункове активне навантаження підприємства, кВт:

$$P_{p\Sigma} = K_M \sum_{i=1}^n P_{pi}; \quad (3.13)$$

14) Сумарне розрахункове реактивне навантаження підприємства, кВАр:

$$Q_{p\Sigma} = K_M \sum_{i=1}^n Q_{pi}; \quad (3.14)$$

15) Сумарне повне активне навантаження підприємства, кВА:

$$S_{p\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{pi}. \quad (3.15)$$

Повна середня потужність заводу становить:  $S_{\text{сум}}=869,47$  кВА, а повна розрахункова потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності максимумів навантаження складає:  $S_{\text{рсум}}=968,71$  кВА.

Результати розрахунків наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Навантаження підприємства

№	Найменування цехів	Дані сили					Дані світла					Середні навантаження			Розрахункове навантаження				ρ <sub>0</sub> , кВА/м <sup>2</sup>				
		Р <sub>ц</sub> , кВт	cos	tg	Кп	Кв	Площа, м <sup>2</sup>	Кпо	Рплг, Вт/м <sup>2</sup>	Кпра	cos <sub>o</sub>	tg <sub>o</sub>	Р <sub>р0</sub> , кВт	Q <sub>р0</sub> , квар	Р <sub>с</sub> , кВт	Q <sub>с,квар</sub>	Sc,кВА	I <sub>с</sub> , А		Р <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	Sp,кВ А	Ip, А
1	Адміністративний корпус	70	0,7	1,02	0,7	0,6	200	0,8	0,016	1,2	0,9	0,484	3,07	1,49	45,1	47,47	65,46	99,5	52,07	54,6	75,46	114,6	0,377
2	Ремонтно-механічний	142	0,7	1,02	0,7	0,6	400	0,9	0,014	1,1	0,9	0,484	5,54	2,69	90,7	95,262	131,6	200	104,9	110	151,8	230,7	0,38
3	Вагова	20	0,8	0,75	0,8	0,6	530	0,6	0,011	1,2	0,9	0,484	4,2	2,03	16,2	14,181	21,53	32,7	20,2	17,2	26,52	40,29	0,05
4	Приміщення АТЦ	95	0,8	0,75	0,4	0,3	235	0,6	0,011	1,1	0,9	0,484	1,71	0,83	30,2	23,481	38,26	58,1	39,71	30,6	50,13	76,17	0,213
5	Котельня	25	0,8	0,75	0,7	0,6	159	0,85	0,012	1,2	0,9	0,484	1,95	0,94	16,9	13,652	21,76	33,1	19,45	15,5	24,88	37,81	0,157
6	Склад металопрокату (МК)	180	0,6	1,33	0,6	0,5	305	0,6	0,011	1,1	0,9	0,484	2,21	1,07	92,2	124,02	154,5	235	110,2	148	184,5	280,4	0,605
7	Прес СРА-630	270	0,8	0,75	0,8	0,65	379	0,8	0,015	1,1	0,9	0,484	5	2,42	181	137,8	227,1	345	221	168	277,7	421,9	0,733
8	Склад кольорового металу (МК)	245	0,7	1,02	0,7	0,6	266	0,6	0,011	1,1	0,9	0,484	1,93	0,94	149	152,88	213,4	324	173,4	178	248,4	377,4	0,934
9	Всього:	1047			0,7	0,57	2474						25,6	12,4	621	608,75	869,5	1321	705,2	664	968,7	1472	0,392

### 3.2 Визначення кількості, потужності та місця розташування цехових ТП.

Для живлення споживачів підприємства необхідно встановлення ЦРП, від якого будуть отримувати живлення цехові підстанції.

Для визначення кількості та потужності цехових ТП потрібно провести групування цехів.

Таблиця 3.2 – Групування цехів по ТП

№ТП	Цех	Pc кВт	Qc квар	Sc кВА	Pr кВт	Qp, квар	Sp кВА
	№						
ТП1	4	30,2061	23,4809	38,2591	39,7061	30,6059	50,1328
	6	92,2143	124,025	154,55	110,2143	148,025	184,55
	7	180,5028	137,8	227,091	221,0028	168,175	277,714
Всього		302,9232	285,306	416,127	370,9232	346,806	507,797
ТП2	1	45,072	47,4705	65,4594	52,072	54,6119	75,4583
	2	90,744	95,2625	131,565	104,944	109,749	151,849
	3	16,1976	14,1812	21,5283	20,1976	17,1812	26,5167
	5	16,94616	13,6522	21,7613	19,44616	15,5272	24,8847
	8	148,9312	152,875	213,428	173,43116	177,87	248,428
Всього		317,8909	323,442	453,508	370,09092	374,94	526,828



### 3.3 Вибір оптимальної напруги живлення

Підприємства невеликої потужності  $P_M \leq 5$  МВт можуть отримувати електроенергію на напрузі 10 кВ.

В будь-якому випадку обов'язковою умовою вибору є технічні умови, які надає енергопостачальна компанія.

Для наближених розрахунків на стадії ескізного проектування застосовується така методика:

а) визначається орієнтовне економічно доцільне значення напруги з використанням економічних інтервалів або емпіричних формул, наприклад, формули Стілла (США)

$$U_{ек} = 4,34 \cdot \sqrt{l + 16P_M} \quad (3.16)$$

де  $l$  [км],  $P_M$  [МВт],  $U_{ек}$  [кВ] – відстань, розрахункова потужність та економічне значення напруги;

б) проводяться техніко-економічні розрахунки декількох варіантів з вищою і нижчою номінальними напругами. Варіанти повинні бути порівнюваними за енергетичним ефектом.

За способом приєднання до мережі живлення понижувальні підстанції поділяють на: а) тупикові; б) відгалужувальні; в) прохідні (транзитні).

$$U_{ек} = 4,34 \cdot \sqrt{0,8 + 16 \cdot 0,6} = 7,25 \text{ кВ.}$$

Отже, потрібно провести техніко-економічний аналіз напруги живлення 10 кВ та 35 кВ. Доведено, що в межах населених пунктів доцільно використовувати напругу 10 кВ.

Оскільки дане підприємство живиться на напрузі 10 кВ, тобто напруга зовнішньої і внутрішньої заводських мереж однакові, то для прийому і розподілу електроенергії споруджуємо центральний розподільчий пристрій (ЦРП) напругою 10 кВ.

Потужність цехових ТП істотно впливає на техніко-економічні показники як заводської, так і цехових мереж. Встановлено, що при виборі цехових ТП вирішальним є вплив цехових мереж.

Вибирається кількість ТП так, щоб потужні цехи жили від окремих ТП, а територіально близько розташовані малопотужні цехи були додатковими споживачами цих підстанцій. ТП розміщується так, щоб вони були максимально наближені до центрів навантажень своїх цехів і водночас не заважали основному технологічному процесу.

### 3.4 Вибір числа та потужності цехових ТП

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,4 кВ:

$$S_{\Sigma} = 968,7 \text{ (кВА)}. \quad (3.17)$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{16} F_i = 22892 \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.18)$$

Середнє питоме навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі:

$$S_{\text{ном}} = \frac{968,7}{22892} = 0,04 \text{ (кВА/м}^2\text{)}; \quad (3.19)$$

В [1] пропонується при такій питомій потужності використовувати трансформатори потужністю до 1000 кВА.

Розглянемо 2 варіанти спорудження двотрансформаторних підстанцій з  $S_{ном.ТР} = 400 \text{ кВА}$  та  $S_{ном.ТР} = 630 \text{ кВА}$ :

Варіант 1:  $S_{ек} = S_{ном.ТР} = 400 \text{ кВА}$ .

Визначаємо економічне число підстанцій:

$$N_{ек} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{ном.ТР} \cdot k_3}, \quad (3.20)$$

де  $k_3 = 0,8 \div 0,85$  - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції при переважанні споживачів II та III категорії надійності електропостачання.

$$N_{ек} = \frac{968,7}{2 \cdot 400 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,31 \div 1,39 \text{ (шт.)}$$

Отже, необхідно встановити 2 двохтрансформаторні підстанції.

Варіант 2:  $S_{ек} = S_{ном.ТР} = 630 \text{ кВА}$ .

$$N_{ек} = \frac{968,7}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 0,83 \div 0,88 \text{ (шт.)}$$

Отже, необхідно встановити 1 двохтрансформаторну підстанцію.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження.

Дані розрахунку приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Варіант 1				Варіант 2			
№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном.ТР} = 400 \text{ кВА}$		№ на генплані	Sp, кВА	$S_{ном.ТР} = 630 \text{ кВА}$	
		N, шт	$k_3$			N, шт	$k_3$
4, 6,7	404,98	2	0,51	1, 2, 3, 4,5, 6,7	404,98	1	0,64
1,2,3,5,8	484,64	2	0,61	8, 9, 10,11 12, 13, 14,15, 16	484,64	1	0,77

В даному випадку, порівнявши обидва варіанти, вибираємо варіант 1, так як коефіцієнт завантаження трансформаторів підстанцій є оптимальнішим.

Таблиця 3.4 – Максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформаторів в нормальному режимі

Температура середовища	Перевищення температури найбільш нагрітої точки	Трансформатори			
		розподільчі		середньої та великої потужності	
		ONAN	ON	OF	OD
-25	123	1,37	1,33	1,31	1,24
-20	118	1,33	1,30	1,28	1,22
-10	108	1,25	1,22	1,21	1,17
0	98	1,17	1,15	1,14	1,11
10	88	1,09	1,08	1,08	1,06
20	78	1,00	1,00	1,00	1,00
30	68	0,91	0,92	0,92	0,94
40	58	0,81	0,82	0,83	0,87

Коефіцієнт перевантаження трансформатора в п.а. режимі виберемо для найгірших умов. Прийmemo, що аварійний режим буде влітку при денній температурі 30°C, відповідно температура середовища складає:  $\Theta_c = 30 + 5 = 35^\circ C$ , тому прийmemo  $k_{па} = 1,2$  для ONAN при температурі 40 °C.

Таблиця 3.5 – Допустимі аварійні перевантаження без врахування попереднього навантаження

Тривалість перевантаження протягом доби, год	Перевантаження в долях номінального струму, в залежності від температури середовища під час перевантаження							
	30°C				40°C			
	ONAN	ON	OF	OD	ONAN	ON	OF	OD
0,5	1,4	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2
1,0	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1
2,0	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1
4,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1
8,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1
24,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1

Для живлення приміщення АТЦ, складу металопрокату, пресу СРА-630 було вибрано двотрансформаторну підстанцію ТП з трансформаторами марки

ТМ-400/10. Вибір ТП для інших цехів проводиться аналогічно. Дані розрахунків зведено в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – дані по ЦТП

Номер ТП	Кількість трансформаторів	Марка трансформатора
ТП-1	2	ТМ-40010
ТП-2	2	ТМ-400/10

### 3.5 Визначення оптимального перерізу зовнішньої лінії живлення

Дане підприємство невеликої потужності, тому доцільно для його живлення обрати кабельну лінію на напрузі 10 кВ довжина лінії становить 0,7 км. Так як категорія підприємства по надійності 2-га, то живляча лінія буде двоколовою.

Згідно ПУЕ §1.3.1 та §1.3.2 необхідно перевіряти допустимість роботи КЛ по критерію нагріву розрахунковим струмом в нормальному та післяаварійному режимі, якщо такий існує, та на допустимість втрат напруги в вище вказаних режимах роботи КЛ.

Для живлення підприємства на напрузі 10 кВ обираємо двоколову КЛ, виконану кабелем перерізом 50мм<sup>2</sup>.

Визначення струмів к.з. з врахуванням еквівалентного опору системи

Для перевірки обмеження на мінімальний переріз по струму КЗ нам потрібно розрахувати значення струму КЗ на початку лінії ЦРП.

Струм короткого замикання знаходиться за законом Ома:

Опір системи:

$$X_c = \frac{U^2}{S_{кз}} = \frac{10^2}{50} = 2(Ом) \quad (3.21)$$

Напруга живлення:

$$U = 10(\text{кВ}) \quad (3.22)$$

Реактивний опір лінії живлення:

$$X_L = 0,063(\text{Ом}) \quad (3.23)$$

Активний опір лінії живлення:

$$R_L = 0,434(\text{Ом}) \quad (3.24)$$

Еквівалентний опір системи:

$$Z = \sqrt{R_L^2 + (X_L + X_C)^2} = \sqrt{0,434 + (0,063 + 2)^2} = 2,108(\text{Ом}) \quad (3.25)$$

*I<sub>кзсум</sub>* – струм короткого замикання системи

$$I_{кзсум} = \frac{S_{кз}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{50}{\sqrt{3} \cdot 10} = 2,887(\text{А})$$

#### 4 РОЗРАХУНОК ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

Для визначення місця розташування ТП та ЦРП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства.

Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності

$$P_p = m_p \cdot \pi \cdot r^2, \quad (4.1)$$

де  $m_p$  – масштаб побудови, вибирають кратним 1, 2, 5.

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень: приймемо радіус круга навантаження цеху планового ремонту 50 м, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2}, \quad (4.2)$$

де  $P_p$  – розрахункова активна потужність цеха, кВт;

$r$  – радіус круга навантаження, м.

Визначаємо масштаб побудови для головного корпусу №1:

$$m_p = \frac{111,28}{\pi \cdot 50^2} = 0,014 \quad (\text{кВт/м}^2).$$

Приймаємо  $m_p = 0,01$  кВт/м<sup>2</sup>. Визначимо радіус круга при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{111,28}{3,14 \cdot 0,01}} = 60 \quad (\text{м}). \quad (4.3)$$

Сектор освітлювального навантаження для цеху планового ремонту складає:

$$\alpha_1 = \frac{360^\circ \cdot P_{mo}}{P_{p1}} = \frac{360^\circ \cdot 31,03}{111,28} = 100,4^\circ. \quad (4.4)$$

Аналогічні розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Визначення оптимальних координат розміщення ЦТП

ТП споживача	X, м	У, м	F, мм <sup>2</sup>	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м
ЖЛ КЛ	10	0	50	2	718,9156619	727,810918	29,5317409	0,62	27,12	47,4233
ТП 1	45	112	50	2	377,5774618	353,823058	14,9375226	0,62	27,12	80,00043
ТП 2	93	32	50	2	401,3954476	407,352177	16,5089395	0,62	27,12	48,00044

Складні прилади різні застосовані в мережах БСН

Координати розміщення ЦРП: X=45 м, Y=32 м. ЦРП буде розміщена на генеральному плані згідно знайдених координат. (рис. 4.1)

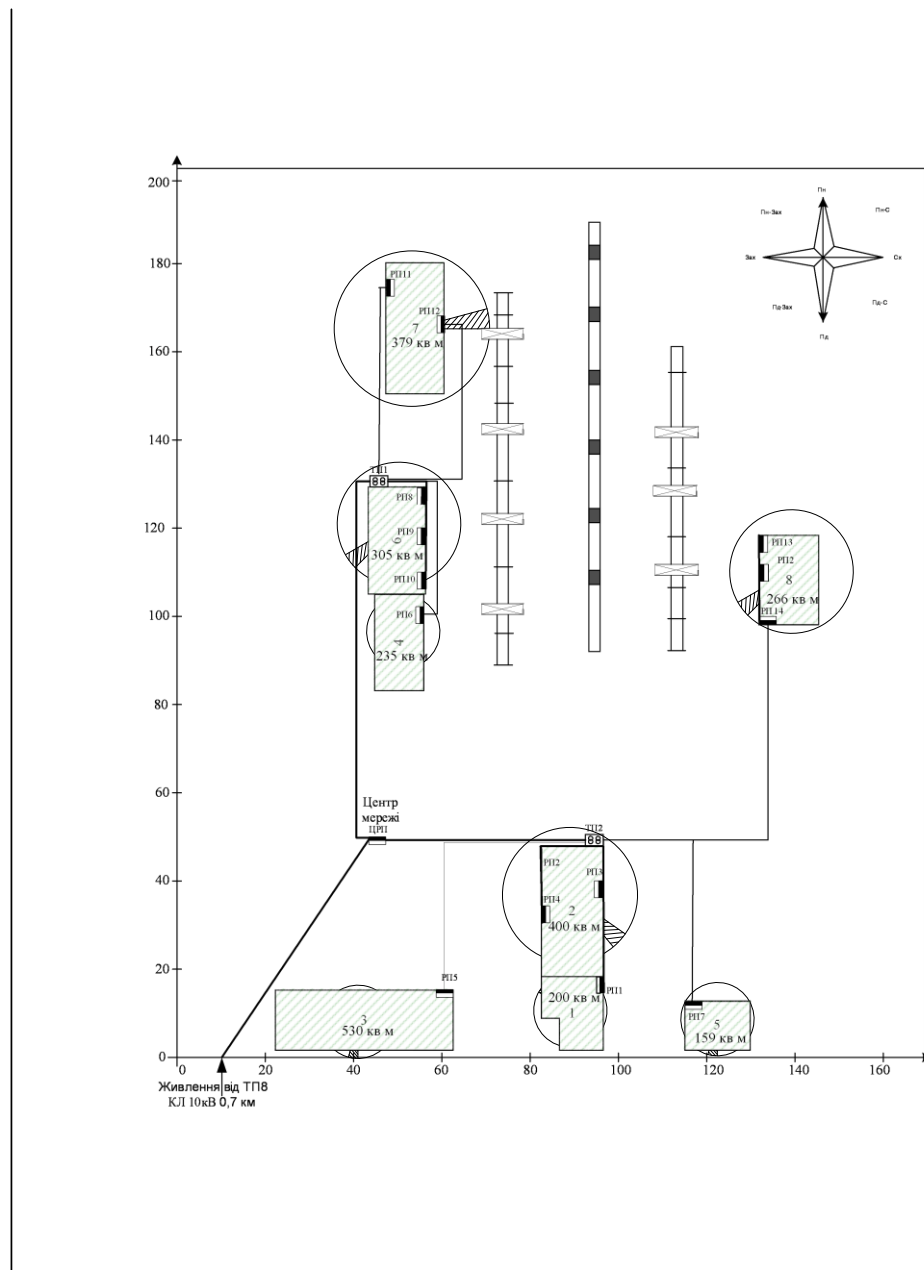


Рисунок 4.1 – Розміщення ЦРП, ТП та центру мережі на плані



## 5. РОЗРАХУНОК РІВНІВ НАПРУГ І ВИБІР ВІДПАЙОК ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦТП

Мета розрахунку - забезпечити допустимі рівні напруги на зажимах споживачів за рахунок правильного виду регулюючих відгалужень на трансформаторах заводських підстанцій, правильна побудова розподільчих мереж підприємства і місцевих засобів регулювання напруг. При розрахунку потрібно врахувати те, що система може забезпечити рівень напруги  $1,05U_n$  в максимальному режимі роботи підприємства, і рівень напруги  $1,1U_n$  в мінімальному режимі роботи підприємства.

Розв'язок задачі для підприємства, яке живиться від ЦРП.

Для цього виконаємо розрахунок відхилень напруги в режимах максимального та мінімального споживання електроенергії (відповідно в максимальному та мінімальному режимах роботи заводу) в усіх характерних вузлах мережі починаючи від джерела живлення до шин 0,38 кВ. Напруги у найближчих та віддалених споживачів розраховуються відповідно в режимах мінімального та максимального навантаження підприємства. Підприємство отримує живлення від мережі енергосистеми напругою  $U_n = 10$  кВ через ЦРП.

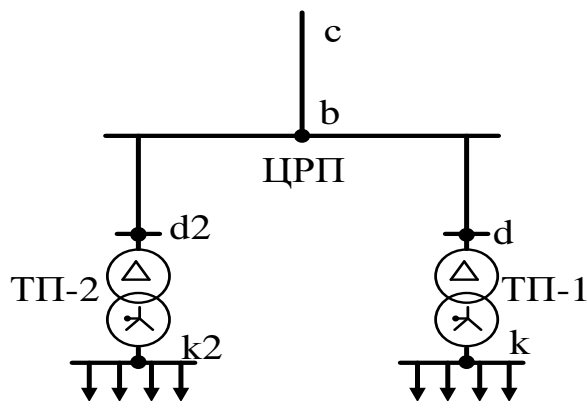


Рисунок 5.1 – Схема для розрахунку відхилень напруги.

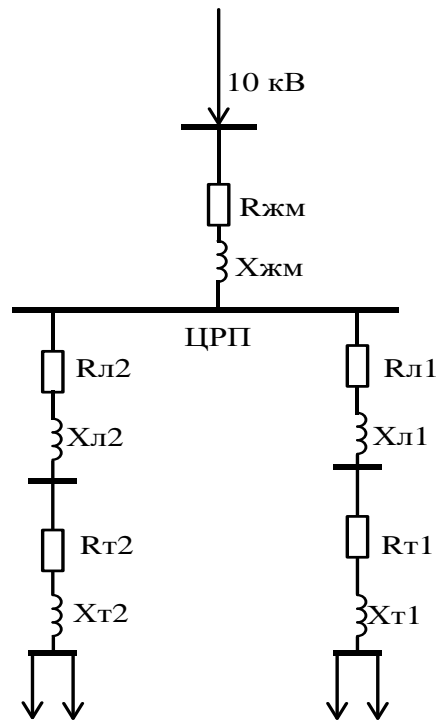


Рисунок 5.2 – Схема заміщення для розрахунку відхилень напруги.

Розрахунок проводимо для режимів максимального та мінімального навантаження (для прикладу розрахуємо вибір відпайок на ТП1):

а) Режим максимального навантаження:

$$\Delta U_{CB} = \frac{P_k^{\max} \cdot R_1 + Q_k^{\max} \cdot X_1}{U_c^{\max}} = \frac{718,92 \cdot 0,62 + 727,81 \cdot 0,09}{10,5} = 0,0487 \text{ (кВ)}$$

$$U_b^{\max} = U_c^{\max} - \Delta U_{CB} = 10,5 - 0,0487 = 10,451 \text{ (кВ)}$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{370,9232 \cdot 0,62 + 346,8058 \cdot 0,09}{10,451} = 0,02499 \text{ (кВ)}$$

$$U_d^{\max} = 10,451 - 0,025 = 10,426 \text{ (кВ)}$$

$$\Delta U_{DK} = \frac{370,9232 \cdot 0,00369 + 346,8058 \cdot 0,01063}{10,426} = 0,000485 \text{ (кВ)}$$

$$U_k^{\max} = 10,426 - 0,00048 = 10,4258 \text{ (кВ)}$$

б) Режим мінімального навантаження (розрахунок проводиться аналогічно):

$$\Delta U_{CB} = \frac{P_k^{\min} \cdot R_1 + Q_k^{\min} \cdot X_1}{U_c^{\max}} = \frac{718,92 \cdot 0,62 + 727,81 \cdot 0,09}{10,1} = 0,0506 \text{ (кВ)}$$

$$U_b^{\min} = 10,1 - 0,0506 = 10,4494 \text{ (кВ)}$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{370,9232 \cdot 0,62 + 346,8058 \cdot 0,09}{10,4494} = 0,02499 \text{ (кВ)}$$

$$U_d^{\min} = 10,4494 - 0,02499 = 10,4244 \text{ (кВ)}$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{370,9232 \cdot 0,00369 + 346,8058 \cdot 0,01063}{10,4244} = 0,000485 \text{ (кВ)}$$

$$U_k^{\min} = 10,4244 - 0,000485 = 10,4239 \text{ (кВ)}$$

Проведемо розрахунок напруги при роботі трансформатора на різних відпайках.

Критерієм допустимості є нерівність:

$$U_n \leq U_k \leq 1,05U_n,$$

де  $U_n = 0,38$  кВ – номінальна напруга

Допустимість відповідних відпайок на відповідних ТП приведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Значення вторинної напруги при роботі трансформаторів на різних відпайках

	Режими	Uкmax	Відгалуж	Ктр	U2	Висновок
ТП1	max	10,426	5	26,25	0,397181	Допустимо
			2,5	25,625	0,406868	Недопустимо
			0	25	0,41704	Недопустимо
			-2,5	24,375	0,427733	Недопустимо
			-5	23,75	0,438989	Недопустимо
	min	10,424	5	26,25	0,397105	Допустимо
			2,5	25,625	0,40679	Недопустимо
			0	25	0,41696	Недопустимо
			-2,5	24,375	0,427651	Недопустимо
			-5	23,75	0,438905	Недопустимо

ТП2	max	10,426	5	26,25	0,397181	Допустимо
			2,5	25,625	0,406868	Недопустимо
			0	25	0,41704	Недопустимо
			-2,5	24,375	0,427733	Недопустимо
			-5	23,75	0,438989	Недопустимо
	min	10,424	5	26,25	0,397105	Допустимо
			2,5	25,625	0,40679	Недопустимо
			0	25	0,41696	Недопустимо
			-2,5	24,375	0,427651	Недопустимо
			-5	23,75	0,438905	Недопустимо

Висновок: результати розрахунку (див. табл.4.1) показали, що при виборі відпайки +5% рівні напруги на шинах задовольняють сформованим раніше технічним вимогам.

## 6 ВИБІР СХЕМИ ТА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ

Для забезпечення високої надійності електропостачання вибираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ.

Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями прокладеними в траншеях.

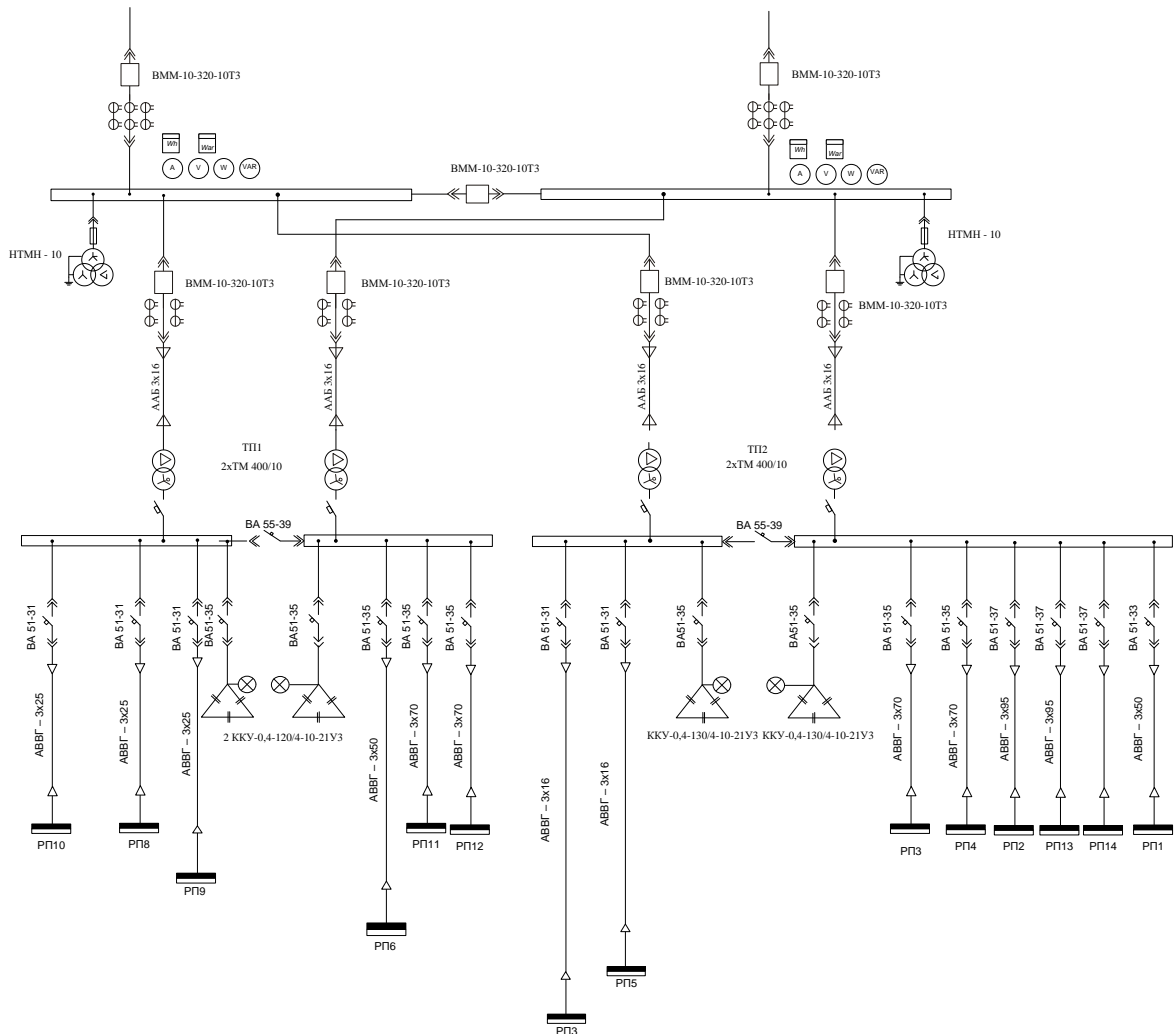


Рисунок 5.1 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі} \quad (6.1)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{м.ав}, \quad (6.2)$$

Розрахуємо струм для живлячої лінії:

$$I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{889,62}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 25,68 \quad (\text{А});$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВВ-10-400-10. Номінальний струм вимикачів  $I_{ном.в} = 400 \text{ А} > I_{м.ав}$ . Власний час відключення вимикача 0,105 с.

Для живлення заводу вибираємо броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭБВ-10 прокладені в траншеї. Вибір кабелю виконаємо за допустимим струмом.

Визначаємо переріз провідників для живлення ЦРП:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{доп} \quad (6.3)$$

$$72,8 \text{ (А)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 140 = 138,47 \text{ (А)}$$

де  $k_1$  - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища;

$k_2$  - поправочний коефіцієнт в залежності від глибини прокладання;

$k_3$  - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту;

$k_4$  - поправочний коефіцієнт в залежності від відстані між фазами;

$k_5$  - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів;

$k_6$  - поправочний коефіцієнт при прокладанні в трубах і каналах.

Вибираємо кабель АПвЭБВ-10 перерізом  $3 \times 50 \text{ мм}^2$  з  $I_{доп} = 140 \text{ А}$  [2].

Розрахуємо струми нормального та післяаварійного режимів для лінії ЦРП-ТП-1:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{416,127}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 11,69 \text{ (А)};$$

$$I_{M.ав} = \frac{1,3 \cdot S_{max}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{1,3 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 30 \text{ (А)}.$$

Вибираємо вакуумний вимикач ВВ-10-400-10. Номінальний струм вимикача  $I_{ном.в} = 400 \text{ А} > I_{M.ав}$ . Власний час відключення вимикача 0,105 с. Для всіх інших приєднань вимикачі вибираємо аналогічно і заносимо в таблицю 5.1.

Вибір кабелів 10 кВ проводимо за допустимим струмом:

$$30 \text{ (А)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 140 = 138,48 \text{ (А)}$$

Вибираємо кабель АПвЭБВ-10 3х50 з  $I_{доп} = 140 \text{ А}$ . Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Вибір вимикачів та кабелів 10 кВ

Лінія	$I_M$ , А	$I_{па}$ , А	Вимикач	$I_{ном}$ , А	Провідник	S, мм <sup>2</sup>	$I_{доп}$ , А
ЦРП-ТП-1	11,69	30	ВВ-10-400-10	400	АПвЭБВ-10	3×50	140
ЦРП-ТП-2	14	30	ВВ-10-400-10	400	АПвЭБВ-10	3×50	140

Виконуємо перевірку вибраних вимикачів.

Періодична складова струму від системи не зміниться:

$$I_{n.т.с} = I_{n.о.с} = 2,88 \text{ (кА)}.$$

Постійна часу аперіодичної складової  $T_{ac} = 0,03 \text{ с}$ . Аперіодична складова струму КЗ при  $\tau = 0,065 \text{ с}$ :

$$i_{a.t.c} = \sqrt{2}I_{n.o.c}e^{-t/T_{a.c.}} = \sqrt{2} \cdot 2,88 \cdot e^{-0,065/0,03} = 0,636(\text{кА}),$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{yд.c} = \sqrt{2}I_{n.o.c}(1 + e^{-0,01/T_{a.c.}}) = \sqrt{2} \cdot 2,88 \cdot (1 - e^{-0,01/0,03}) = 9,3(\text{кА}).$$

Визначимо тепловий імпульс в наступній послідовності.

Час відключення КЗ:

$$t_{\text{відк}} = t_{pз} + t_{n.в} = 0,05 + 0,1 = 0,6(\text{с});$$

Тепловий імпульс:

$$B_{\kappa} = I_{n.o.c}^2 (t_{\text{відк}} + T_{a.c.}) = 2,88^2 (0,6 + 0,03) = 9,24(\text{кА}^2 \text{с}).$$

Таблиця 6.2 – Перевірка вимикача ВВ-10-320-10УЗ

Умова вибору	Дані вимикача	Дані розрахунку
$U_{ном} \geq U_{вст}$	10 кВ	10 кВ
$I_{н.відкл} \geq I_{пт.с}$	$I_{н.відкл} = 10 \text{ кА}$	$I_{пт} = I_{пт.с} = 2,88 \text{ кА}$
$\sqrt{2}I_{н.відкл} \left(1 + \frac{\beta_n}{100}\right) \geq \sqrt{2}I_{пт.с} + i_{ат.с}$	$\sqrt{2} \cdot 10 \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 17,1$	$\sqrt{2}I_{пт.с} + i_{ат.с} = \sqrt{2} \cdot 2,88 + 0,35 = 5,8 \text{ кА}$
$i_{дин} \geq i_{yд}$	$i_{дин} = 25,5 \text{ кА}$	$i_{yд} = i_{yд.c} = 9,3 \text{ кА}$
$I_{дин} \geq I_{но}$	$I_{дин} = 10 \text{ кА}$	$I_{но} = I_{но.c} = 2,88 \text{ кА}$
$B_{\kappa} \leq I_{тер}^2 t_{тер}$	$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 10^2 \cdot 3 = 300$	$B_{\kappa} = 9,24 \text{ кА}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.



## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

У бакалаврській роботі розробляється система електропостачання підприємства «Поділлявторметал». Електричне обладнання цеху підприємства використовується в процесах гарячої обробки металу. В цехах передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці. Усі металеві неструмоведучі частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електромонтерів, що обслуговують технологічне обладнання []:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена рухливість повітря;

психофізіологічні небезпечних та шкідливих виробничих фактори:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці).

### 7.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирихпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цеху підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

#### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом

дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Роботи по обслуговуванню електропривода.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛ або КЛ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

При накладенні заземлювачів у шафах КРУ у випадку роботи на відходячих ПЛ необхідно враховувати слідуєчі вимоги: ПЛ напругою вище 1000 В заземлюються в усіх РУ і у секційних комутаційних апаратах, де відключена лінія.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або

від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна

проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження.

При роботі на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на

корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

### 3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізолюваними ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

## 7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і

швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 7.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий Холодний	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.
2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.
3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та приточна вентиляційні системи.

### 7.3 Виробниче освітлення

#### Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО ( $\epsilon$ ). КПО - відношення природного освітлення,

яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності;

Розряд - IV;

Підрозряд зорової роботи - а;

Контраст об'єкту розпізнавання - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Бокове КЕО, %:

- природне 1,5;
- суміщене 0,9

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$(7.1)$$

де  $K_{в}$  - значення КЕО для будинків;

$m$  - коефіцієнт сонячності клімату - 0,75, вікна зорієнтовані на схід.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване.

Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у



верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

Для забезпечення нормативного значення  $e_{min}$  передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСР08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

#### 7.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left( \frac{U}{U_0} \right), \quad (7.2)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$P$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість,  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 7.2- Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

### 7.5 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot s^{-2}$	ДБ	$m \cdot s^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
За	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;

- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

### 7.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека - стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону "Про пожежну безпеку".

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

Приміщення цеху лиття, згідно (ОНТП 24-86), відноситься до категорії Г. До цієї категорії відносяться негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я, а також горючі газу, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються у вигляді палива. Цех лиття розташована у будівлі II ступеня вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відноситься будівля із несучими та огорожуючими конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів.

Таблиця 7.4. - Дані по приміщенню

Категорія приміщення	Допустима поверхів Кількість	Ступінь вогнестійкості будівлі
Г	2	II

Приміщення категорії Г захищається вогнегасниками типу ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливого загоряння не повинна перевищувати 70 м.

На території підприємства встановлено 4 пожежних щита. До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються в ньому, слід включати: вогнегасники ВП-5 – 2 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті 2 м х 2 м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящик для піску має місткість 3 м<sup>3</sup> та укомплектовані совковою лопатою. У приміщеннях щит повинен бути в легкодоступному місці, ближче до виходу.

## ВИСНОВКИ

В роботі проведені розрахунки системи електропостачання, які направлені на забезпечення надійного та безперебійного живлення підприємства.

На базі розрахунку електричних навантажень підприємства і цеху прийнято рішення лінію зовнішнього живлення виконати кабелем з зшитого поліетилену перерізом  $50 \text{ мм}^2$ , та застосувати комутаційно-захисну апаратуру фірми ETI Словенія.

Запропоновано на підстанціях підприємства встановити вакуумні вимикачі, як більш надійні та збільшеної кількості спрацювань.

Система електропостачання підприємства живиться від двох двотрансформаторних підстанцій з трансформаторами типу ТМ-400, на яких виставленні і розраховані відпайки для досягнення оптимального рівня напруги.

Вибрана радіальна схема живлення споживачів цеху та виконанні відповідні розрахунку.

В розділі охорони праці прийнято ряд технічних рішень з безпечної експлуатації об'єкта.

Спроектвана система електропостачання задовольняє всім вимогам, які висуваються до них і відповідає діючим нормам ДБН і ПУЕ.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по проектированию электроснабжения. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576с.
2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
3. Правила устройства электроустановок. – Х.: Изд-во «Форт», 2009.
4. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок.
5. ГОСТ 14209-97 Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
6. ГОСТ 30323-95 Короткие замыкания в электроустановках
7. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.
8. СН 357-77 Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.
9. РД 153-34.0-15.501-00 Контроль качества электрической энергии
10. Перелік небезпечних шкідливих факторів. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:  
[http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik\\_nebezpechnih\\_shkidlivih\\_virobnichih\\_faktoriv](http://pidruchniki.ws/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv).
11. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:  
[http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_12000374\\_SSBT\\_Opasnye\\_i\\_v.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html)
12. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Електронний ресурс] - Режим доступу:  
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98>
13. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
14. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих

приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:  
<http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

15. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

16. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:  
<http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

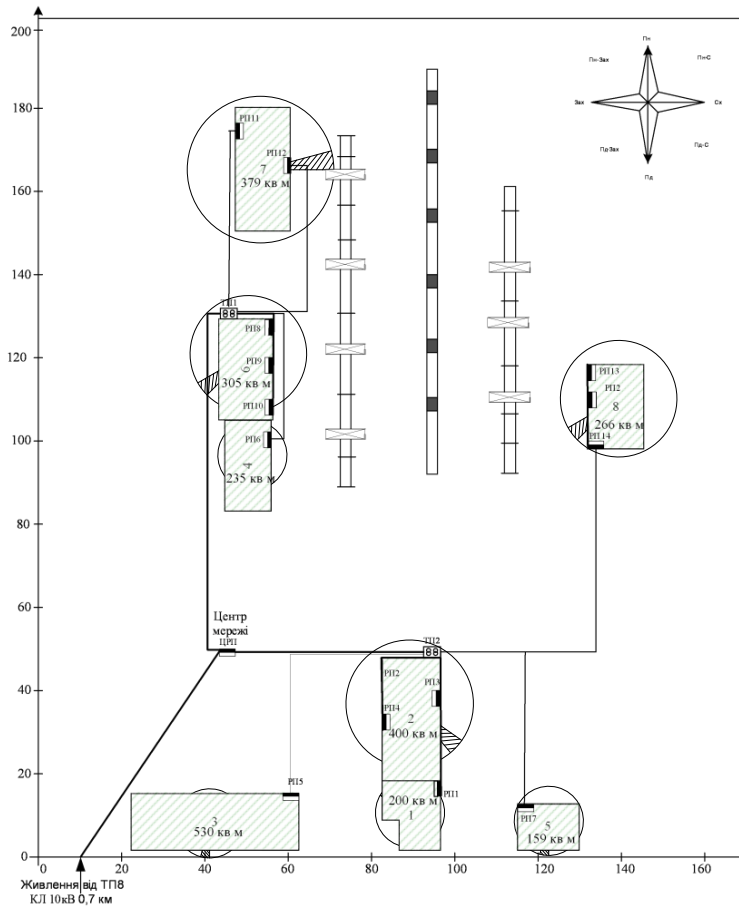
17. СанПіН 2.2.2 542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:  
<http://www.gippokrat.ru/help/sanpin96.php>



## Додатки

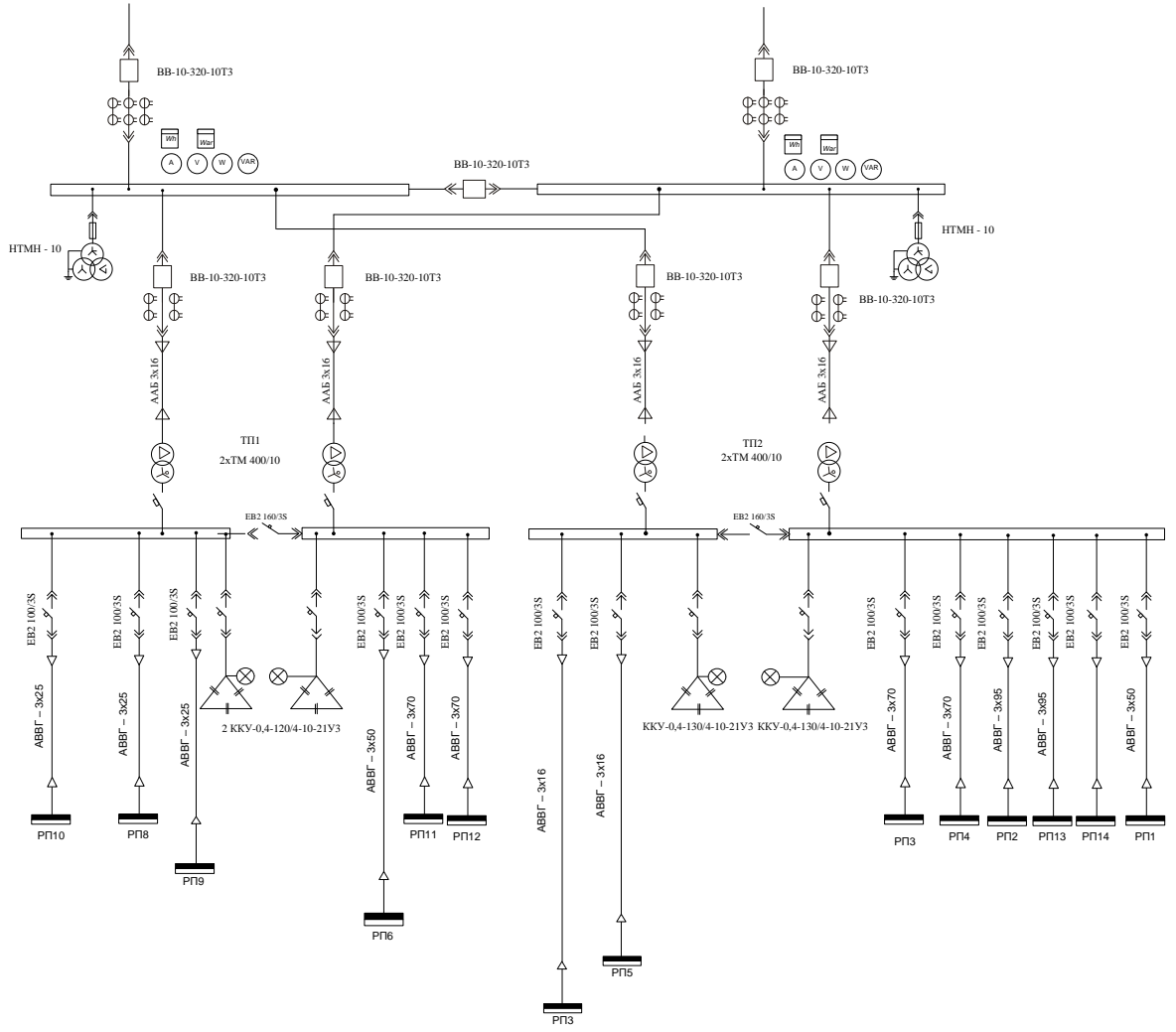
## Додаток А Графічна частина

### Генеральний план підприємства

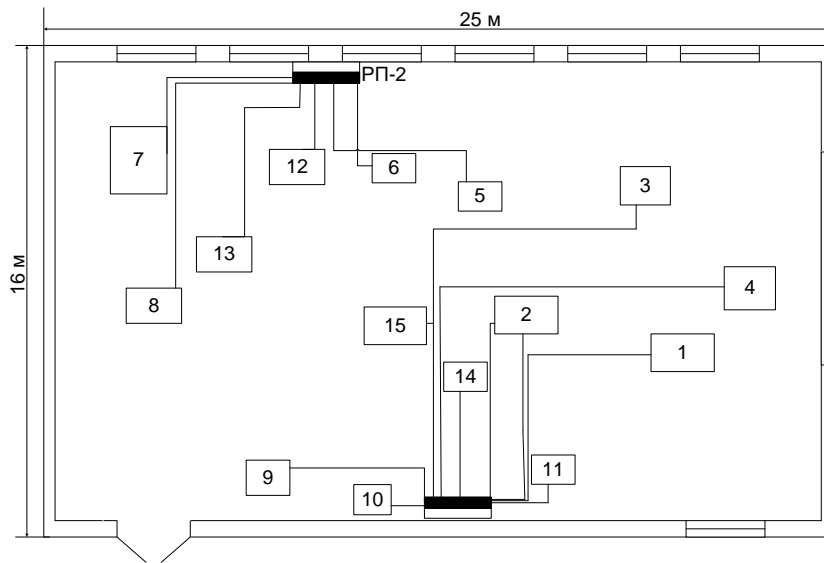


№	Назва цеху (приміщення)	Потужність, кВт
1	Адміністративний корпус	70
2	Ремонтно-механічний	142
3	Вагова	20
4	Приміщення АТЦ	95
5	Котельня	25
6	Склад металопрокату (МК)	180
7	Прес СРА-630	270
8	Склад кольорового металу (МК)	245

# Однолінійна схема електропостачання



## План цеху з силовою мережею



№	Найменування цехів	Р <sub>н</sub> , кВт
1	Станок токарно гвинторізний	12
2	Станок токарно гвинторізний	10
3	Станок верт. фрезерувальний	12.8
4	Сушільна шафа	10
5	Станок зубонарізний	4.5
6	Станок рад.свердильний	1.5
7	Зварювальний пост	1.5
8	Ножниці механічні	4.5
9	Наждак	5
10	Вентилятор	5
11	Наждак	15
12	Прес	25
13	Ножниці механічні	10
14	Станок верт.свердильний	20
15	Станок токарно гвинторізний	5

## Розрахунково монтажна таблиця

ТП	Захист					Струмозводча лінія				рп	Захист					Розподільча лінія				Електроприймачі				№ жерстата	Найменування приймача
	Тип авт	I <sub>н</sub> , А	I <sub>нст</sub> , А	I <sub>сп</sub> , А	I <sub>д</sub> , А	Спосіб прокладки	Марка і переріз	I <sub>доп</sub> , А	Тип авт		I <sub>н</sub> , А	I <sub>св</sub> , А	I <sub>д</sub> , А	Спосіб прокладки	Марка і переріз	I <sub>доп</sub> , А	I <sub>ука</sub> , А	R <sub>ном</sub> , кВт	№ жерстата						
[ ]	E82 160/S	160	160	504	51.63	в канал	АВВТ 4х10	64.4	рп1.1	E82 100/S	100	315	28,08	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х6)	30	145,41	12	1	Станок токарно гвинторізний					
										E82 100/S	100	315	30,42	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х6)	37	152,11	10	2	Станок токарно гвинторізний					
										E82 100/S	100	315	29,95	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х6)	30	149,7	12,8	3	Станок верт. фрезерувальний					
										E82 100/S	100	250	23,4	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х5)	27	117,60	10	4	Сушільна шафа					
	E82 160/S	160	160	896	83.26	в канал	АВВТ 4х25	105.8	рп1.2	E82 100/S	25	80	7,61	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2)	15	36,07	4,5	9	Наждак					
										E82 100/S	25	44	2,85	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2)	15	14,26	1,5	10	Вентилятор					
										E82 100/S	25	63	5,07	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2)	15	25,38	1,5	11	Наждак					
										E82 100/S	25	200	15,21	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2,5)	19	76,06	4,5	14	Станок верт.свердильний					
										E82 100/S	25	200	16,9	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2,5)	19	84,51	5	15	Станок токарно гвинторізний					
										E82 100/S	25	200	16,06	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2,5)	19	80,28	5	5	Станок зубонарізний					
	E82 160/S	160	160	896	83.26	в канал	АВВТ 4х25	105.8	рп1.2	E82 100/S	100	400	33,35	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х10)	39	166,74	15	6	Станок рад.свердильний					
										E82 100/S	100	800	72,25	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х15)	45	361,27	25	7	Зварювальний пост					
										E82 100/S	100	250	24,08	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х5)	27	120,42	10	8	Ножниці механічні					
										E82 100/S	100	400	34	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х6)	37	170,91	20	12	Прес					
										E82 100/S	25	160	14,45	в канал по таблиці	АВВТ-4(1х2)	15	72,25	5	13	Ножниці механічні					

# План цеху з освітлювальною мережею

