

Міністерство освіти і науки  
України Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавр**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Зосименко Владислава Валерійовича

(ПІБ)

академічної групи 141-17-1

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код назви спеціальності)

спеціалізації 1

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розробка системи електропостачання заводу кабельно-провідникової продукції

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<u>Папаїка Ю.А.</u>			
розділів:				
Вступ:	<u>Папаїка Ю.А.</u>			
Технологічний розділ	<u>Папаїка Ю.А.</u>			
Спеціальний розділ	<u>Папаїка Ю.А.</u>			
Економічний розділ	<u>Тимошенко Л.В.</u>			
Охорона праці	<u>Столбченко О. В.</u>			
<b>Рецензент</b>				
<b>Нормоконтролер</b>	<u>Олішевський Г.С.</u>			

Дніпро  
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач

кафедри електроен

ергетики

(повна назва)

Папайка Ю.А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну  
роботу ступеню Бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Зосименко В.В. академічної групи 141-17-1

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код назви спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Розробка системи електропостачання заводу кабельно-провідникової продукції

(назва наказом ректора)

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ	Коротка характеристика електроприймачів	
Технічний розділ	Розрахунок основних параметрів електропостачання	
Економічний	Розрахунок капітальних витрат	
Охорона праці	Аналіз потенційно шкідливих та небезпечних факторів	

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

(прізвище, ініціали)

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

(прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка складається з 95 сторінок, 19 таблиць, 6 рисунків та має п'ять розділів: «Загальна частина», «Розрахункова частина» та «Органіація виробництва», «Економіка виробництва» та «Охорона праці та навколишнього середовища». Під час виконання проекту використано 10 джерел літератури.

В першому розділі дипломної роботи представлені теоретичні аспекти з питання електропостачання промислових об'єктів. Другий розділ включає в себе розрахунок електропостачання кабельного заводу. Третій розділ описує системи організації праці на підприємстві, атестації робочих місць, організації ремонту устаткування. В четвертому розділі представлені економічні розрахунки проекту. П'ятий розділ розкриває питання охорони праці при роботі з електроустаткуванням та охорони навколишнього середовища.

Метою роботи є проектування системи електропостачання кабельного заводу, вибір необхідного устаткування для реалізації даної системи.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є системи електропостачання промислових підприємств. Предметом дослідження є кабельний завод з початковими даними.

Галузь застосування – електромеханічне обладнання енергоємних виробництв, використання в навчальному процесі.

**ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, КАБЕЛЬНА ПРОДУКЦІЯ,  
ПОТУЖНІСТЬ, ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ, ТРАНСФОРМАТОРНА  
ПІДСТАНЦІЯ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ,  
АПАРАТУРА УПРАВЛІННЯ ТА ЗАХИСТУ, ЕЛЕКТРОСПОЖИВАЧ**

## Вступ

### Розділ 1. Загальна частина

- 1.1 Основні поняття електропостачання промислових об'єктів
  - 1.1.1 Загальні положення
  - 1.1.2 Характеристика промислових споживачів електроенергії
  - 1.1.3 Режими роботи електроспоживачів
  - 1.1.4 Категорії безперебійності роботи
  - 1.1.5 Системи електропостачання
- 1.2 Виготовлення кабельної продукції
- 1.3 План заводу та характеристика приймачів електроенергії
- 1.4 Система електропостачання заводу

### Розділ 2. Розрахункова частина

- 2.1 Розрахунок електричних навантажень заводу та компонування підстанції
- 2.2 Розрахунок електричних мереж
  - 2.2.1 Вибір ЛЕП напругою вище 1000 В
  - 2.2.2 Вибір кабельної мережі низьковольтних споживачів
- 2.3 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах вище 1000 В
- 2.4 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах до 1000 В
- 2.5 Вибір низьковольтної апаратури управління та захисту електроприймачівРМЦ
- 2.6 Вибір високовольтної апаратури управління та захисту підстанції

### Розділ 3. Організація виробництва

- 3.1 Режими роботи промислових об'єктів, графіки виходів робітників на роботу
- 3.2 Організація та обслуговування робочих місць
- 3.3 Організація оплати праці промислових підприємств

- 3.4 Організація технічного обслуговування та ремонту електрообладнання кабельного заводу

#### Розділ 4. Економіка виробництва

- 4.1 Фонд оплати праці робітників та спеціалістів
- 4.2 Амортизаційні відрахування та витрати на ремонт та утримання основних фондів
- 4.3 Розрахунок витрат на додаткові матеріали
- 4.4 Розрахунок витрат на електроенергію
- 4.5 Техніко-економічні показники

#### Розділ 5. Охорона праці та навколишнього середовища

- 5.1 Нормативні документи з охорони праці
- 5.2 Дія електричного струму на організм людини
- 5.3 Заходи та засоби захисту від ураження електричним струмом
- 5.4 Захисне заземлення
- 5.5 Кабельні мережі та вимоги до них
- 5.6 Вимоги безпеки при експлуатації електроустановок
- 5.7 Техніка безпеки при роботі в ремонтно-механічному цеху
- 5.8 Протипожежна безпека промислових об'єктів
- 5.9 Охорона навколишнього середовища

#### Література

#### Додаток А

## Вступ

Промислові підприємства є основними споживачами електроенергії, так як витрачають 67% усієї електроенергії, що виробляється в нашій країні. В даній роботі розглядаються питання отримання і розподілу електроенергії на такому підприємстві, як кабельний завод.

На промислових підприємствах електроенергія застосовується в різноманітних формах – у вигляді змінного струму, однофазного або трифазного, при різних частотах і напругах, а також постійного струму, для чого, крім трансформаторних, застосовуються перетворюючі установки, в яких перетворюються рід струму, число фаз та частота.

Організація систем електропостачання для великих промислових підприємств є найважливішим фактором успішної роботи підприємства.

Забезпечення якісним гарантованим і безперебійним електроживленням виробничих ліній, автоматизованих систем управління і контролю, відеоспостереження, охоронно-пожежної сигналізації, обладнання зв'язку при виникненні збоїв в електроживленні, низьку якість або пропажі основного енергопостачання є головним завданням комплексного енергозабезпечення для промислових підприємств.

Електропостачання промислових підприємств будується на основі живильних, розподільних, трансформаторних, перетворювальних підстанцій, а також зв'язуючих їх кабельних, повітряних мереж, струмопроводів (низької і високої напруги).

Прогрес електроспоживачів в сфері промислових установок висловився в значному збільшенні споживаних потужностей, які по окремих підприємствах перевищують 100 МВт, підвищенні напруги живлення окремих електроприймачів до 220 кВ і т. д. Все це ускладнило споживчі установки і зажадало підготовки інженерних кадрів нового профілю.

РОЗДІЛ 1  
ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Основні поняття електропостачання промислових об'єктів

### 1.1.1 Загальні положення

Система електропостачання промислових підприємств, що складається з мереж напругою до 1 000 В і вище, трансформаторних і перетворювальних підстанцій, служить для забезпечення вимог виробництва шляхом подачі електроенергії від джерела живлення до місця споживання в необхідній кількості і відповідної якості у вигляді змінного струму, однофазного або трифазного, при різних частотах і напругах, а також постійного струму. [1]

Кожне підприємство знаходиться в стані безперервного розвитку: вводяться нові виробничі площі, підвищується використання існуючого обладнання або старе обладнання замінюється новим, більш продуктивним і потужним, змінюється технологія і т.д. Система електропостачання промислового підприємства (від введення до кінцевих приймачів електроенергії) повинна бути гнучкою, допускати постійний розвиток технології, зростання потужності підприємств і зміна виробничих умови. Це відрізняє систему розподілу електроенергії на підприємствах від районних енергосистем, де процес розвитку також має місце, однак місця споживання електроенергії та форми її передачі більш стабільні.

Основні завдання, які вирішуються при дослідженні, проектуванні, споруд та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств, полягають в оптимізації параметрів цих систем, правильного вибору напруг, визначення електричних навантажень і вимог до безперебійності електропостачання; раціонального вибору числа і потужності трансформаторів, перетворювачів струму і частоти, конструкцій промислових мереж, засобів компенсації реактивної потужності і регулювання напруги, засобів симетрування навантажень і придушення вищих гармонік в мережах шляхом правильної побудови схеми електропостачання, відповідної оптимальному рівню надійності[1].



### 1.1.2 Характеристика промислових споживачів електроенергії

Головним характерним показником споживачів електроенергії є їх номінальна потужність. Для електроприводів з двигунами асинхронними і постійного струму номінальні потужності виражені в кіловатах. Для синхронних двигунів повинні бути відомі повна потужність, споживана з мережі, виражена в кіловольт-амперах, і номінальний коефіцієнт потужності. За номінальну потужність двигунів-генераторів, випрямлячів і перетворювачів частоти приймається номінальна потужність генератора, випрямляча і перетворювача (на вторинній стороні) в кіловатах або кіловольт-амперах. Для електроприймачів з повторно-короткочасним режимом роботи за номінальну (встановлену) приймається потужність, приведена до тривалого режиму.

Рід струму. Основним струмом в електроустановках промислових підприємств (що мають власні електростанції або теплоелектроцентралі або живляться від районних енергосистем) є змінний трьох фазний струм. [6]

Силові струмоприймачі постійного струму, як правило, отримують енергію від перетворювача змінного струму в постійний, внаслідок чого енергія постійного струму завжди дорожче енергії змінного струму і застосування її має бути технічно і економічно обґрунтовано.

В даний час в електроприводі з регулюванням частоти обертання системи з управлінням в ланцюгах збудження і керованими ртутними випрямлячами витіснені більш досконалими системами: напівпровідниковими випрямлячами і магнітними підсилювачами (ШП) і керованими напівпровідниковими вентильно-каскадними двигунами з виконавчим двигуном постійного струму в різних модифікаціях. У цих системах енергія підводиться до трифазного приводного двигуна агрегату системи або до трифазного трансформатора напівпровідникового випрямляча. [8]

Головними споживачами постійного струму є: електроприводи з двигунами стандартної напруги, що живляться безпосередньо від загальної мережі (наприклад, двигуни підйомно-транспортних механізмів, двигуни допоміжних механізмів прокатних станів і ін.); електролізні установки, які живляться від спеціальних перетворювачів з нестандартною напругою, і внутрішньозаводський електрифікований транспорт. [5]

Частка постійного струму в електроенергії, споживаної промисловістю, є значною і в окремих випадках, наприклад у кольоровій металургії при електролізі алюмінію, досягає 85-90 %.

Напруга. Згідно з чинним стандартом для розподілу електроенергії на підприємствах застосовуються такі напруги: змінний струм – однофазний 12 і 36 В, трифазний 30, 220/127. 380/220, 660, 3 000, 6 000, 10 000, 20 000, 35 000, 110 000, 150 000 і 220 000 В; постійного струму 220 і 440 В; система постійного струму напругою 440 В може бути виконана у вигляді трипровідної 2x220 В з заземленою нейтраллю. [2]

Системи змінного трифазного струму напругою 220/127 і 380/220 В згідно ПУЕ також виконуються з заземленою нейтраллю, що забезпечує величину потенціалу щодо землі на будь-якому дроті не вище 250 В (зокрема, для освітлювальних установок). Напруги 12 і 36 В застосовуються для освітлювальних установок в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних; ці напруги виходять від понижувальних трансформаторів з первинною напругою 380 або 220 В, при чому один полюс вторинної напруги 12 або 36 В повинен бути заземлений для запобігання потрапляння первинної напруги в цю мережу при замиканнях між обмотками понижуючих трансформаторів. [6]

Системи однофазного струму 12 і 36 В, трифазного 220/110 і 380/220 В і постійного 2 x220 В є системами з короткочасним струмом замикання на землю, так як останнє негайно тягне за собою спрацьовування захисту:

згоряння плавких запобіжників або відключення автомата на пошкодженій фазі.

При напрузі 3 000, 6 000, 10 000, 20 000 і 35 000 В нейтраль виконується зазвичай ізольованою або заземленою через дугогасні компенсаційні котушки напругою 3-35 кВ для зменшення ємнісних струмів замикання на землю в мережах напругою понад 1 000 В. [7]

Згідно ПУЕ установка будь-яких комутаційних і захисних апаратів в заземленням ланцюга не допускається, так як ці ланцюги не повинні мати розриву за умовами техніки безпеки.

Застосування системи з заземленою нейтраллю і економія, що отримується при цьому на комутаційну апаратуру (відсутність на заземлених проводах вимикачів та запобіжників), привели до ідеї створення трифазної трипровідної мережі з одною заземленою фазою і використанням двополюсної апаратури. Ця система отримала назву ДДЗ ( «два дроти – земля»). Така система застосовувалася в США при напрузі 440 В. Незадовільною показала себе в експлуатації система ДДЗ в малонаселених і сільських районах при напрузі 6-10 кВ. [9]

Частота напруги. Стандартною частотою для наших енергосистем і промислових підприємств є частота 50 Гц, прийнята також у всіх європейських країнах і країнах, що розвиваються Азії та Африки, що мають економічні зв'язки з Європою. [10]

У США спочатку була невдало прийнята частота 25 Гц, яка збереглася на старих гідроелектростанціях та деяких підприємствах. Ця частота непридатна для освітлення, так як вона дає стробоскоподібний ефект; для приводу вона може дати максимально 1500 оборотів в хвилину, що недостатньо. Згодом в США була введена частота 60 Гц, яка прийнята і в других країнах західної півкулі. Міжнародна Електротехнічна Комісія (МЕІ) визнала стандартними частоти 50 і 60 Гц.

Електродвигуни, виготовлені для частоти 60 Гц, можуть працювати в мережі з частотою 50 Гц, але напруга двигунів повинно бути знижений пропорційно частоті. Так, для роботи в мережі напругою 380 В і частотою 50 Гц електродвигуни з частотою 60 Гц повинні мати номінальну напругу в межах 450-460 В. Відповідно зменшення частоти зменшиться і частота обертання. Електродвигуни, виготовлені для частоти 50 Гц, не можуть працювати в мережі з частотою 60 Гц; в цьому випадку необхідна установка перетворювача частоти з 60 на 50 Гц. Трансформатори і апарати, виготовлені на частоту 50 Гц, можуть застосовуватися в мережі з частотою 60 Гц. [3]

У промисловості застосовуються також знижені частоти:

1) 0,5-1,5 Гц– для електромагнітного перемішування стали в електропечах;

2) 2-5 Гц– для контактного електрозварювання шляхом перетворення частоти і числа фаз в спеціальних зварювальних машинах, де енергія трифазного струму частотою 50 Гц перетворюється в енергію однофазного струму частотою 2-5 Гц;

3) 10-40 Гц– для регулювання швидкості електроприводів асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, наприклад для приводу роликів рольгангів в прокатних станах.

В установках п. 1 і 2 живлення споживачів зниженої частоти виробляється блоком перетворювач-споживач, так що проблема розподілу енергії на цій частоті відсутня; розподільна мережа зниженої частоти потрібно лише в установках п. 3 – для рольгангів і т. п. [4]

Підвищені і високі частоти застосовуються в промисловості:

1) для високочастотного електроінструменту складальних цехів автопромисловості і інших поточних виробництв, де підвищена частота (зазвичай 175-200 Гц) дозволяє виготовляти електроінструмент більш легким і зручним за рахунок застосування швидкохідних двигунів;

2) для електроприводу центрифуг в промисловості штучного волокна 100-200 Гц;

3) для електроприводу деревообробних верстатів, в яких для отримання високих швидкостей різання по дереву (до 20000 об/хв) застосовуються частоти до 400 Гц;

4) в установках індукційного наскрізного нагрівання металів для гарячого штампування і кування – від 500 до 10 000 Гц;

5) в установках поверхневого нагріву металів для гарту і термообробки з частотами від 2 000 до 100000 Гц і діелектричного нагрівання неметалічних матеріалів (кераміки, дерева, пластмас) при частотах від 100 кГц до 100 МГц.

Тільки в останньому випадку має місце індивідуальне живлення споживача блоком від свого генератора. В інших випадках енергія розподіляється при підвищених частотах до 10 000 Гц[2].

Першою і основною групою промислових споживачів електроенергії є електричні двигуни (електромашини). В установках, що не вимагають регулювання швидкості в процесі роботи, застосовуються виключно електроприводи змінного струму (асинхронні – особливо в діапазоні 0,3-630 кВт та синхронні двигуни до 30 МВт). Нерегульовані електродвигуни змінного струму – основний вид електроприймачів в промисловості, на частку яких припадає близько 70% сумарної потужності. В електриці електродвигуном вважається електродвигун, який має потужність 0,25 кВт і вище, двигуни меншої потужності розглядаються як засоби автоматизації і в статистику електрики не потрапляють.

Для нерегульованих приводів за умовами електропостачання та вартості приводу встановлена економічна сфера застосування асинхронних і синхронних електродвигунів в залежності від напруги. При напрузі до 1 кВ і потужності до 100 кВт економічніше застосовувати асинхронні двигуни, а понад 100 кВт – синхронні; при напрузі 10 кВ і потужності до 630 кВт –

асинхронні двигуни, 450 кВт і вище – синхронні. Асинхронні двигуни з фазним ротором застосовуються в потужних електроприводах з маховиком і з важкими умовами пуску, в перетворювальних агрегатах, шахтних підйомниках. [6]

Останнім часом спостерігається тенденція переходу до регульованого приводу, в якому в якості основного елемента використовується асинхронний короткозамкнений електродвигун, що покращує управління технологією і забезпечує радикальну до 50% економію енергії при впровадженні частотного приводу виникає проблема електромагнітної сумісності. [8]

Технологічно ефективно регулювання швидкості приводами постійного струму. Вони застосовуються в тих випадках, коли потрібне швидке, широке і (або) плавну зміну частоти обертання або реверсування двигуна.

Перетворення електроенергії змінного струму в постійний вимагає капітальних витрат на установку перетворювальних агрегатів і апаратури управління, на будівництво приміщень для них, а також експлуатаційних витрат на їх обслуговування і на втрати електроенергії. Тому вартість системи електропостачання і питома вартість електроенергії на постійному струмі перевищує номінальну вартість на змінному. Двигуни постійного струму коштують дорожче, ніж асинхронні і синхронні двигуни. [7]

Електротермічні установки складають другу велику за призначенням групу споживачів. Це печі опору непрямого і прямого дії, дугові і індукційні печі, установки діелектричного нагріву, електролізних і гальванічні (металопокриття), високовольтні електростатичні. Як правило, від електротермічних установок залежить технологія і отже вимоги до електропостачання. Одинична потужність може визначати не тільки систему електропостачання підприємства, а й спорудження районних підстанцій енергопостачальної організації.

Нарешті, обов'язкову групу електроспоживання становить електроосвітлення (по навантаженню до десятків відсотків). Установки електричного освітлення з лампами розжарювання, люмінесцентними, дуговими, ртутними, натрієвими, ксеноновими лампами застосовують на всіх підприємствах для внутрішнього і зовнішнього освітлення. Питома щільність навантаження електроосвітлення у виробничих цехах залежить від рівня нормованої освітленості і може становити в виробничих приміщеннях 10-100 Вт / м: (наприклад, в цехах металообробки, лиття, в котельних і теплових цехах – 10-12, в інструментальних, шліфувальних цехах і цехах точної обробки – 13-20 Вт / м<sup>2</sup>)[3].

Через розбіжності понять електроприймач не може відповідати споживачеві, яким може бути, наприклад, лампочка в торговій палатці або 100 тис. двигунів сумарною встановленою потужністю 5 млн кВт (якщо споживач – промисловий гігант). Слід мати на увазі, що споживач як поняття використовується при плануванні, проектуванні, управлінні при розгляді електропостачання об'єкта в цілому, а електроприймач – при вирішенні вузьких електротехнічних задач.

### 1.1.3 Режими роботи електроспоживачів

Режимом систем електропостачання називається деякий їх стан, обумовлений значеннями напруги, навантаження, струмів, частоти та інших фізичних змінних велич, що характеризують процес отримання і перетворення енергії, названих параметрів режиму. [2]

Режими системи електропостачання, як підсистеми, визначаються режимами енергосистем та виробництва. Залежно від характеру технологічного процесу (безперервного, циклічного, позмінного, залежного або незалежного від сезонності протягом року та ін.) виробництво задає режим навантажень. З боку енергосистеми на параметри режиму системи електропостачання впливають: зміни потужностей джерел живлення, пов'язані з балансом активних потужностей і відхиленнями частоти; рівень

напруги, пов'язаний з балансом реактивних потужностей; короткі замикання і порушення стійкості в енергосистемах.

Можна виділити такі режими:

- нормальний сталий режим з параметрами, що знаходяться в нормованих межах;
- нормальний перехідний режим, пов'язаний з експлуатаційними змінами схеми електропостачання підприємства або схеми енергосистеми;
- аварійний перехідний режим з різкою зміною параметрів внаслідок аварійної зміни в схемі живлення енергосистеми або в схемі електропостачання підприємства;
- після аварійний усталений режим, що утворюється після аварійного відключення частини елементів схеми енергосистеми або схеми електропостачання підприємства.

До аварійних перехідних режимів, викликаних системними аваріями, відносяться короткі замикання в системі, що супроводжуються короткочасним зниженням напруги. Таке зниження напруги, що виникає також при коротких замиканнях в самій системі електропостачання підприємстві, викликає відключення магнітних пускачів контакторів, що може привести до великої шкоди якщо не буде вжито заходи до збереження в роботі відповідних споживачів. Від аварійних режимів в енергосистемі, пов'язаних зі зниженням частоти при дефіциті активної потужності або коливаннях генераторів, система електропостачання підприємства не має захисту, але може допомогти ліквідації цих режимів відключенням споживачів засобами автоматичного розвантаження по частоті (АЧР). В цьому випадку вибір споживачів, відключення яких супроводжувалося б найсильнішим збитком, становить важливу частину розрахунку параметрів такого режиму. [5]

Розрахунок параметрів після аварійного усталеного режиму зводиться до визначення допустимих перевантажень трансформаторів і мереж, що визначають обмеження по потужності навантажень споживачів [1].



Режими роботи, згідно ГОСТ 183-66 для електродвигунів і аналогічно для трансформаторів по нагріванню встановлена така класифікація режимів:

1) тривалий режим, при якому температура електродвигуна або трансформатора зростає але експоненті і встановлюється постійної залежно від навантаження через час, рівне приблизно трьом постійним часу нагріву обмоток;

2) короткочасний режим – з неусталеною температурою і охолодженням після робочого періоду до температури навколишнього середовища;

3) повторно-короткочасний режим, при якому температура підвищується під час роботи і знижується під час пауз, проте нагрівання не перевищує допустимого, а охолодження не досягає температури навколишнього середовища.

Повторно-короткочасний режим характеризується величиною тривалості включення в відсотках або частках одиниці, рівної відношенню часу включення до часу всього циклу. [10]

Фактична робота двигунів і трансформаторів всередині кожного режиму проходить при навантаженні, що змінюється, внаслідок чого відшукуються еквівалентні по нагріву режими, відповідні нормованим тривалим або ПНР. Для двигунів підйомно-транспортних і інших механізмів, встановлені стандартні значення, рівні 15, 25, 40 і 60%. Для машин контактного зварювання ГОСТ 297-01 встановлені тільки нижні межі ПВ > 20% (для стикових машин при тривалості циклу 20 с, точкових і рельєфних – при тривалості циклу 1 с) і ПВ 50% (для шовних машин при тривалості циклу 0.5-60 с). Фактичні ПВ цих машин коливаються в широких межах, починаючи з ПВ = 0,01%, так що виникає необхідність перерахунку їх потужності з номінальної ПВ на фактичну.

Рішення питань електропостачання призвело до необхідності введення деяких доповнень до характеристики режимів роботи електроприймачів в порівнянні з ГОСТ. Для електроприймачів тривалого режиму зі змінним або постійним навантаженням вводиться коефіцієнт включення, рівний відношенню часу включення до загального часу за робочий період – цикл, зміну і т. д., включаючи час холостого ходу. Для групи електроприймачів вводиться груповий коефіцієнт включення, розрахований за потужностями. [5]

Поширений також термін «різко змінний режим роботи» електроприймачів. Під ним мається на увазі режим роботи потужних споживачів, що супроводжується значними поштовхами, порівнянними з потужністю короткого замикання і викликають підвищені коливання напруги, а іноді і частоти, в залежності від потужності живильної системи. Електроприймачем з різко змінним режимом роботи є прокатний двигун з короткочасним піком навантаження під час проходження болванки, що чергується з холостим ходом до моменту входу в валки наступної болванки [4].

#### 1.1.4 Категорії безперебійності роботи

Ступінь безперебійності електропостачання. Згідно ПУЕ, з точки зору безперебійності електропостачання, є три категорії електроприймачів:

1) електроприймачі 1-ї категорії, порушення електропостачання яких може спричинити за собою небезпеку для життя людей або значної шкоди господарству, пов'язане з пошкодженням обладнання, масовим браком продукції або тривалим розладом складного технологічного процесу (наприклад, головний підйом і головний вентилятор вугільних шахт, подача води доменних печак, розливні і завалочні в мартенівських цехах; приводи повороту міксера для рідкого чавуну і конвертора для міді, санітарно-технічна вентиляція у шкідливих хімічних виробництвах, великі електролізних установки і т. д.);

2) електроприймачі 2-ї категорії, перерва в електропостачанні яких пов'язана з масовим недовідпуском продукції, простоем робітників, механізмів і промислового транспорту (металорізальні верстати, штампувальні преси, прокатні стани, електричні дугові печі, механізми текстильних фабрик);

3) електроприймачі 3-ї категорії, до яких відносяться всі інші електроприймачі, що не підходять під 1 та 2 категорії (підсобні цехи, допоміжні виробництва і т. д.). [2]

На кожному підприємстві електроприймачами 1-ї категорії є протипожежні насоси і аварійне освітлення. Електроприймачі 1-ї категорії повинні забезпечуватися автоматичним включенням резерву (АВР) на інше незалежне джерело живлення, на якому зберігається напруга при зникненні його на інших джерелах, наприклад 2 секція шин станції або підстанції, якщо кожна секція отримує живлення від незалежного джерела і секції не пов'язані між собою.

Практика експлуатації промислових підприємств призвела до необхідності виділення з 1-ї категорії особливої групи електроприймачів, зазвичай невеликої потужності, що вимагає резервування живлення від третього джерела живлення.

Електроприймачі 2-ї категорії також можуть мати інше джерело живлення, але перемикання на нього може проводитися дією чергового персоналу через той чи інший проміжок часу, в залежності від застосування постійного чергування або роботи виїзної оперативної бригади. [2]

Існують заходи, за допомогою яких можливо перевести споживачів з 1-ї категорії в 2-у. Наприклад, однакові агрегати розбивають на дві або більше секцій збірних шин, що живляться від різних джерел живлення, з таким розрахунком, щоб при відключенні однієї лінії живлення частина агрегатів залишилася в роботі і зберегла безперервність технологічного процесу в

роботі на час, необхідний для ручного перемикання. В ряді виробництв застосовуються резервні технологічні агрегати, електроприводи яких повинні живитися від різних секцій розподільного пристрою, що мають в нормальному режимі роздільне навантаження.

Для особливо відповідальних механізмів (наприклад, привід повороту міксера в мартеновском цеху, технологічні мішалки в деяких хімічних виробництвах і ін.) Передбачається установка двох електродвигунів робочого і резервного з відповідним дублюванням живлення. Іноді застосовується механічне пристосування для виведення агрегату із ситуації аварійного положення при припиненні подачі енергії за рахунок сили тяжіння, наприклад автоматичний поворот міксера в початкове положення при припиненні подачі енергії при розливі чавуну; автоматичний поворот міделиварного конвертора з висуванням фурм з-під розплавленого металу в момент припинення подачі дуття і т. д.

Оскільки в енергосистемах можуть виникати аварійні положення, що викликають обмеження видається підприємствам потужності, то встановлюється «технологічна броня» у вигляді мінімальної потужності, що забезпечує електроприймачів 1-ї категорії, а при тривалих перервах забезпечує безаварійне припинення технологічного процесу [1].

Загальне визначення ПУЕ категорій електроприймачів необхідно доповнювати аналізом умови виробництва і поведінки споживача при порушенні електропостачання для того, щоб економічно була обгрунтована необхідність резервування.

## 1.2 План заводу та характеристика приймачів електроенергії

Електроенергія в промислових підприємствах широко застосовується для приводу різних механізмів, освітлення, різних електротехнологічних установок. Електроустановки кожного споживача електроенергії мають свої

характерні особливості і показники, які визначають умови електропостачання споживача.

Відповідно до ПУЕ електроприймачем є електрична частина технологічної установки (електродвигун, електропіч, електролізна ванна і т. п.), що безпосередньо отримує електроенергію для технологічного процесу. Окремі технологічні установки – споживачі електроенергії – можуть мати кілька електроприймачів, наприклад мостові крани, металорізальні верстати і т. д.

Комплектація стандартної лінії по виробництву кабелю включає, за звичай, в себе наступні пристрої: віддаючий апарат, машинка для намотування бухти, компенсатори, апарати тяги, верстат для волочіння, стан для натягу кабелю, машинка по обмотці стрічки, екструдер, крутильний апарат, бронювальний верстат, машинка для бухти та ін. [4]

За вихідними даними для проекту, маємо генеральний план кабельного заводу, який представлений в додатку 1 та на першому листі графічної частини. До складу кабельного заводу входять такі об'єкти:

- ремонтно-механічний цех;
- склад металу;
- кабельний цех №1 та №2;
- склад сировини;
- склад ДП;
- гараж;
- депо;
- цех збірки барабанів;
- градирня №1 та №2;
- склад-ангар;
- котельня;
- їдальня;

- лабораторія горіння;
- металоткацький цех;
- лабораторія;
- БРУ-1 та БРУ-2;
- волочильний цех;
- дротяний цех;
- столярний цех;
- центральна компресорна;
- АБК та АБК нове;
- обпресувальний цех;
- цех №6.

Кожен об'єкт має встановлені потужності, коефіцієнти попиту та потужності для подальшого розрахунку системи електропостачання. Основна частина навантаження полягає на кабельні цехи, тому для їх живлення необхідно встановлювати цехові підстанції 6/04 кВ. Об'єкти живляться трифазною напругою 380 В зі стандартною частотою 50 Гц.

Для детального розгляду встановленого обладнання розглянемо компонування ремонтно-механічного цеху (РМЦ). План розташування електроприймачів цеху представлений на рис. 1.

До електроприймачів даного цеху входять:

- натяжні установки (5шт);
- лазер SuperTurbo-X 510 Champ;
- проволочно-вирізний верстат моделі AQ-300L;
- фрезерний верстат FWD-32;
- плоскошліфувальний верстат;
- компресор електричний поршневий;
- вертикальний свердлильний верстат (2шт);
- верстат 2C132;
- верстат настільно-свердлильний вертикальний (2шт);

- верстат токарно-гвинторізний (3шт);
- вентилятор даховий;
- тернопіч (3шт);
- трансформатор зварювальний ТДМ- 401;

Дані електроприймачі відносяться до II категорії безперебійності роботи.

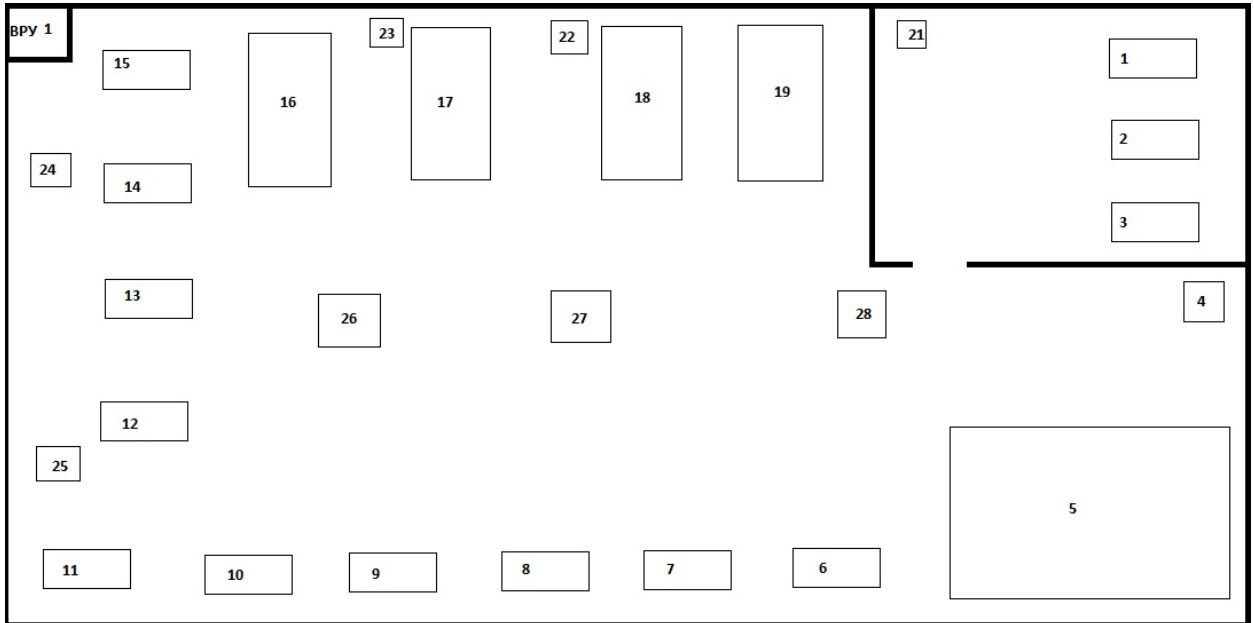


Рисунок 1 – План розташування електроприймачів РМЦ

- рубильник кран-балка;
- гільйотина;
- кривошипний прес Кех 30.

### 1.3 Система електропостачання заводу

При виборі схеми електропостачання підприємства враховують його технологічне призначення та електричну потужність, величину споживання електроенергії, напругу і умови на приєднання підприємства як споживача. Після отримання заявки від підприємства або за його дорученням від проектної організації енергопостачальна організація (енергосистема) видасть технічні умови на технологічне приєднання електроустановок споживачів.

Система електропостачання кабельного заводу включає в себе 3 рівні, на кожному етапі яких кількість елементів на порядок збільшується. Живлення відбувається від енергосистеми 35 кВ. На підприємстві встановлюється підстанція 35/6 кВ. Для забезпечення напругою 0,4 кВ споживачів кабельних цехів необхідне встановлення цехової трансформаторної підстанції 6/0,4 кВ. Для інших споживачів на ТП встановлюються трансформатори 6/0,4 кВ.

При сучасних тенденціях розвитку систем розподілу електроенергії на 0,4 кВ через ТП низьковольтних щитів безпосередньо у трансформатора може і не бути, тоді розподільні функції виконує щити станцій управління при застосуванні схеми блок трансформатор – ШБУ або струмопровід при застосуванні схеми блок трансформатор – магістраль.

Розрахунок, який жорстко визначає кожен елемент на передпроектних стадіях і на стадії техніко-економічного обґрунтування, можливий лише при багатьох припущеннях. Для нижчих рівнів можливі лише локальні розрахунки (вибір кабелю, цехової ТГ1, розподільної шафи), так як кількість елементів системи електропостачання зростає в напрямку зверху вниз, тобто від кордону розділу підприємства з енергосистемою до кінцевих електроприймачів в мережі напругою до 1 кВ

Схеми електропостачання і окремих елементів того чи іншого рівня доповнюють планами на основі будівельного або технологічного плану. Такі плани представляють собою плани-схеми (Д.1 або лист граф. частини 1), мета яких – розміщення електрообладнання або електричного споруди в цілому (рис.1).

Історично створення систем електропостачання було пов'язано з новим будівництвом, на незайнятій площі потрібно побудувати новий завод, організувати нове виробництво, у наукових дослідженнях і при навчанні брали за основу дані по електроприймачам за технологічними режимами, за умовами приєднання мереж і розміщення споруд в просторі. В даний час при прийнятті



рішень по електропостачанню враховують обмеження через побудованих будівель і споруд, діючих підстанцій та мережі. Якщо завод існує десятки років, то з неминучістю зберігаються основні схемні рішення по системі електропостачання. Саме ж обладнання підстанцій може бути замінено при технічному переозброєнні виробництва (цеху), при реконструюванні відділення, при модернізації обладнання на ділянці цеху. В цьому випадку проводиться обстеження існуючої схеми електропостачання. Зокрема розподільчої мережі 16 кВ і низьковольтної 0,4 кВ аналізуються і оцінюються здійснені рішення, прогнозується зростання електричних навантажень

Розробка електричної частини при обґрунтуванні інвестицій і в складі техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) вимагає знання специфіки технології, тенденцій, пов'язаних з виробленням і розподілом електроенергії (електроенергетики), випуском електротехнічного обладнання

Існує деяка оцінка прийнятих рішень по електропостачанню, що залежить від величини підприємства і визначає вимоги до системи електропостачання. Але величина підприємства, в даному випадку, не є поняття адміністративне або технологічне (галузеве): мова йде про електричної потужності.

Високовольтна частина, як правило, разом з трансформатором обслуговується електропостачаючою організацією (на міні-підприємствах обслуговування за договором шаф здійснюється сторонніми організаціями).

До кожного з трансформаторів прокладають один кабель, перетин якого залежить від механічної міцності і струмів короткого замикання. Іншими словами, кабель для трансформаторів вибирають з урахуванням великого запасу по нагріванню.

Потужність секції РП 6 кВ визначається в залежності від високовольтного вимикача, встановленого на ввіді і пропускає зазвичай 1000 або 1600 А, і від кабелів, які підводять, число яких конструктивно приймають

не більше чотирьох, а перетин кожного – не більше 185 мм<sup>2</sup>. У разі прокладання кабелів 4x150 мм<sup>2</sup> на купівлю з алюмінієвими жилами з паперовою просоченою маслоканіфольною ізоляцією та ізоляцією нестікаючими масами в свинцевій або алюмінієвій оболонці при допустимому тривалому струмі 275 А при прокладці в землі загальна передана потужність на секцію без понижуючих коефіцієнтів складе при  $\cos \phi - 0,9$  завантаженні секції.

Рішення по електропостачанню, прийняте для будь-якого рівня, зачіпає лише частково наступний рівень, а іноді один з елементів ще і наступного за ним рівня.

Після отримання технологічних відомостей про склад проєктованого об'єкта робиться оцінка і систематизація споживачів електроенергії, яку створюють зазвичай за такими основними експлуатаційно-технічними ознаками виробничим призначенням і зв'язках, режимам роботи, потужності, напрузі і роду струму, територіальному розміщенню, вимогам до надійності електропостачання, стабільності розташування електроприймачів. Надійність електропостачання визначається числом незалежних джерел живлення і схемою.

При проєктуванні, побудові та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств слід передбачати гнучкість системи і оптимізацію параметрів шляхом вибору номінальних напруг, умов приєднання до енергосистеми, визначення електричних навантажень і вимог до надійності і якості електропостачання, раціонального вибору числа і потужності трансформаторів, схем і конструкцій розподільних і цехових електричних мереж, засобів компенсації реактивної потужності і регулювання напруги, системи обслуговування і ремонту електроустаткування.

Схеми живлення великих цехів і об'єктів, що проєктуються окремими комплексами, повинні бути ув'язані з загальною схемою електропостачання

заводу. Схему слід будувати так, щоб всі її елементи постійно перебували під навантаженням, а при аварії або плановому ремонті залишилися могли прийняти на себе навантаження, забезпечивши функціонування основних виробництв. У період післяаварійного і ремонтного режимів елементи мережі можуть бути перевантажені в межах, що допускаються ПУЕ. Слід передбачити обмеження струмів КЗ граничними рівнями, обумовленими на перспективу, і заходи, забезпечують зниження втрат енергії. При побудові схем електропостачання можна передбачати паралельну роботу ліній, трансформаторів і секцій шин підстанцій.

В якості обладнання для ТП 6/0,4 кВ можливе використання таких пристроїв:

1. Комплектний розподільчий пристрій (КРУ) в мережах 10 (6) кВ з шафами на номінальні струми 630-3200 А і номінальні струми відключення 20 кА (КРУ 2-10, КХ11), 31,5 кА (КР 10/500) і в окремих випадках КРУ з шафами на номінальні струми до 5000 А і струми відключення 58 кА (КР 10-Д9). КРУ комплектується масляними вимикачами (в основному типів ВМП і ВМГ з відключається потужністю 850 МВА при 10 кВ).

2. Комплектні трансформаторні підстанції 10 (6) /0.4 кВ з трансформаторами потужністю 250-2500 кВА. Виконання трансформаторів в КТП: сухі, масляні, заповнені негорючою рідиною.

3. Комплектні конденсаторні установки (ККУ) для компенсації реактивної потужності в мережах з неспотвореної синусоїдальної формою кривої напруги без різкозмінного графіка реактивного навантаження.

РОЗДІЛ 2  
РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

## 2.1 Розрахунок електричних навантажень заводу та компонування підстанції

Електричними навантаженнями кабельного заводу є такі об'єкти, як цехи, склади, депо, градирні, котельня, лабораторії, компресорні, адміністративні та господарські будівлі. За вихідними даними до проекту, електричні навантаження споживачів представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Відомість електричних навантажень кабельного заводу

№ цеху	Найменування цеху	Встановлена потужність, $P_{ном}$ , кВт	Коефіцієнт попиту, $k_c$	Коефіцієнт потужності $i$ $\cos\varphi$
1	2	3	4	5
1	Ремонтно-механічний цех	170	0,6	0,8
2	склад металу	180	0,4	0,75
3	кабельний цех	3490	0,5	0,7
4	склад сировини	280	0,5	0,7
5	склад ДП	160	0,5	0,7
6	гараж	120	0,7	0,8
7	депо	340	0,4	0,75
8	Цех зборки барабанів	180	0,5	0,75
9	градирня №2	250	0,4	0,85
10	Склад ангар №2	260	0,5	0,7
11	котельня	350	0,3	0,75
12	кабельний цех	2480	0,5	0,7
13	їдальня	300	0,3	0,7

продовження таблиці 2.1

14	лабораторія горіння	120	0,4	0,8
15	металоткацьких цех	190	0,3	0,7
16	лабораторія	150	0,4	0,8
17	градирня №1	320	0,2	0,5
18	БРУ-1	290	0,3	0,75
19	волочильний цех	250	0,3	0,9
20	дротяний цех	300	0,2	0,5
21	столярний цех	280	0,4	0,9
22	Центральна компресорна	260	0,3	0,75
23	АБК (нове)	340	0,3	0,75
24	АБК	260	0,3	0,9
25	Обпресувальний цех	260	0,3	0,9
26	БРУ-2	330	0,3	0,75
27	цех №6	440	0,5	0,7

Електроенергія до кабельного заводу постачається по ЛЕП напругою 35 кВ. Розподілення електроенергії для споживачів виконується на трансформаторній підстанції. Через РП приєднань, що відходять, електроенергією живляться всі споживачі електроенергії 0,4 кВ. Як правило, на підстанції повинно бути не менше двох трансформаторів, кожний з яких живить свій розподільчий пункт. Останній секціонується за допомогою рубильників або автоматів. В цьому випадку при виході з ладу одного з трансформаторів інший, що залишився в роботі може прийняти на себе навантаження споживачів, робота яких необхідна за умовами безперервності виробництва.

Однолінійна схема електропостачання споживачів представлена на аркуші №2 графічної частини проекту.

Для визначення електричних навантажень на підприємствах діє методика розрахунку по встановленій потужності і коефіцієнту попиту. Тому для групи однорідних по режиму роботи приймачів розрахункове навантаження визначається за формулами[6]:

$$P_p = K_n \cdot P_n \quad (2.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \quad (2.2)$$

де:  $K_n$  – коефіцієнт попиту характерної групи приймачів;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності групи приймачів.

Повна розрахункова потужність за формулою

$$S_p = \sqrt{\Sigma P_p^2 + \Sigma Q_p^2} \quad (2.3)$$

де:  $P_p$ ,  $Q_p$  – відповідно сума розрахункових активних і реактивних навантажень окремих груп приймачів;

Повне навантаження на шинах ТП з урахуванням коефіцієнту участі у максимумі навантаження визначається за формулою

$$S_{пов} = K_{ум} \cdot S_{рб} \quad (2.4)$$

де:  $K_{ум}$  – коефіцієнт участі у максимумі навантаження для шин ТП ( $K_{ум} = 0,8$ ).

Розраховується активне та реактивне навантаження для ремонтно-механічного цеху.

1. Активне навантаження ремонтно-механічного цеху:

$$P_p = K_n \cdot P_n = 0,6 \cdot 170 = 102 \text{ кВт}$$

2. Реактивне навантаження ремонтно-механічного цеху:

$$Q_p = P_p \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 102 \cdot 0,75 = 76,5 \text{ кВАр}$$

Аналогічно розраховується навантаження і для інших груп споживачів.

Повна розрахункова потужність для споживачів становить:

$$S_p = \sqrt{5332^2 + 5075,9^2} = 7361,7 \text{ кВА}$$

Дані розрахунків для кожного споживача занесені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок навантажень

Приймачі електроенергії	Номинальна потужність $P_n$ , кВт	$K_{\Pi}$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	Розрахункова потужність		
					$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВАр	$S_p$ , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
Ремонтно-механічний цех	170	0,6	0,8	0,75	102	76,5	
склад металу	180	0,4	0,75	0,88	72	63,3	
кабельний цех №1	3490	0,5	0,7	1,02	1745	1779,9	2392,6
склад сировини	280	0,5	0,7	1,02	140	142,8	
склад ДП	160	0,5	0,7	1,02	80	81,6	
гараж	120	0,7	0,8	0,75	84	63	
депо	340	0,4	0,75	0,88	136	120	
Цех зборки барабанів	180	0,5	0,75	0,88	90	79,4	
градирня №2	250	0,4	0,85	0,62	100	62	
Склад ангар №2	260	0,5	0,7	1,02	130	91	

Продовження таблиці 2.2



котельня	350	0,3	0,75	0,88	105	92,6	
кабельний цех №2	2480	0,5	0,7	1,02	1240	1264,8	1771,2
їдальня	300	0,3	0,7	1,02	90	91,8	
лабораторія горіння	120	0,4	0,8	0,75	48	36	
металоткацьких цех	190	0,3	0,7	1,02	57	58,1	
лабораторія	150	0,4	0,8	0,75	60	45	
градирня №1	320	0,2	0,5	1,73	64	110,9	
БРУ-1	290	0,3	0,75	0,88	87	76,7	
волочильний цех	250	0,3	0,9	0,48	75	36,3	
дротяний цех	300	0,2	0,5	1,73	60	103,9	
столярний цех	280	0,4	0,9	0,48	112	54,2	
Центральна компресорна	260	0,3	0,75	0,88	78	68,8	
АБК (нове)	340	0,3	0,75	0,88	102	90	
АБК	260	0,3	0,9	0,48	78	37,8	
Обпресувальний цех	260	0,3	0,9	0,48	78	37,8	
БРУ-2	330	0,3	0,75	0,88	99	87,3	
цех №6	440	0,5	0,7	1,02	220	224,4	
Всього					5332	5075,9	7361,7

Повне навантаження на шинах ТП з урахуванням коефіцієнту участі у максимумі навантаження дорівнює

$$S_{\text{пов}} = 0,9 \cdot 7361,7 = 6625,53 \text{ кВА}$$

Для перетворення напруги з 35 кВ до 6 кВ встановлюємо два трансформатори ТМ–4000–35/6. Технічні дані трансформаторів наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні дані трансформатора ТМ–4000–35/6

Номінальна потужність, кВА	Напруга х.х., кВ		Напр-у гак.з., %	Струм х.х., %	Втрати, кВт		Схема та група з'єднання обмоток
	ВН	НН			х.х.	к.з.	
4000	35	6	7,5	0,3	5,6	46,5	У/Д – 11

При виході з ладу одного з трансформаторів другий візьме на себе його навантаження. Але для запобігання перевантаження будуть відключені 25% споживачів II та III категорії.

Коефіцієнт завантаження трансформатора у нормальному режимі знаходиться за формулою

$$\beta = \frac{S_p}{S_n} \quad (2.5)$$

$$\beta = \frac{6625,53}{2 \cdot 4000} = 0,83$$

Отже, коефіцієнт завантаження трансформатора в межах норми.

Для живлення споживачів 0,4 кВ від цехових підстанцій кабельних цехів приймаємо два трансформатори ТМ–2500–6/0,4. Технічні дані трансформаторів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні дані трансформатора ТМ–2500–6/0,4

Номінальна потужність, кВА	Напруга х.х., кВ		Напр- увак.з. , %	Струм х.х., %	Втрати, кВт		Схема та група з'єднання обмоток
	ВН	НН			х.х.	к.з.	
2500	6	0,4	6,0	0,8	3,35	26,3	Д/У <sub>н</sub> – 11

$$\beta_1 = \frac{2392,6}{2500} = 0,95$$

$$\beta_2 = \frac{1771,2}{2500} = 0,71$$

Отже, коефіцієнт завантаження трансформаторі в межах норми.

Для живлення інших споживачів 0,4 кВ від ТП приймаємо два трансформатори ТМ–2500–6/0,4. Технічні дані трансформаторів наведені в таблиці 2.4.

$$\beta = \frac{3097,9}{2 \cdot 2500} = 0,62$$

Коефіцієнт завантаження трансформаторів в межах норми.

## 2.2 Розрахунок електричних мереж

### 2.2.1 Вибір ЛЕП напругою 35 кВ

Перетин ліній ЛЕП для живлення заводу вибирається з урахуванням допустимого нагріву, допустимої втрати напруги, економічної щільності струму і термічної стійкості до струмів к.з. [6].

Розрахунковий струм 35кВ ТП:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.6)$$

де:  $S_p$  – повна розрахункова потужність на шинах ЦПП, кВА;

$U_n$  – номінальна напруга мережі, кВ.

$$I_p = \frac{6625,53}{\sqrt{3} \cdot 35} = 109,3 \text{ А}$$

Так як живлення відбувається по двом лініям ЛЕП, то струм однієї лінії буде мати значення, розраховане за формулою:

$$I_{p1} = \frac{1}{2} I_p \quad (2.7)$$

$$I_{p1} = \frac{1}{2} 109,3 = 54,6 \text{ А}$$

Переріз проводу по економічній щільності струму:

$$S_{ек} = \frac{I_{p1}}{j_{ек}}, \quad (2.8)$$

де:  $j_{ек}$  – економічна щільність струму, для сталевалюмінієвих дорівнює 1,3.

$$S_{ек} = \frac{54,6}{1,3} = 42 \text{ мм}^2$$

Переріз кабелю по термічній стійкості до струмів к.з.:

$$S_{min} = \frac{I^{(3)}_{к.з} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.9)$$

де:  $I^{(3)}_{к.з}$  – струм трифазного короткого замикання на шинах 6 кВ підстанції, дорівнює

$$I^{(3)}_{к.з} = \frac{S_n \cdot 100}{\sqrt{3} U_n \cdot \Delta U_k} = 5132 \text{ А};$$

$t_n$  – час спрацювання захисту, с ( $t_n = 0,25$  с);

$C$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу провідника (для сталевалюмінієвих  $C = 98$ ).

$$S_{min} = \frac{5132 \cdot \sqrt{0,25}}{98} = 26,2 \text{ мм}^2$$

По таблиці тривалих струмових навантажень на сталевалюмінієвих проводах прийнято провід перерізом  $S = 50 \text{ мм}^2$ .

Отже, живлення заводу відбувається від двох ліній ЛЕП зі сталелегалюмінієвими проводами АС-50.

### 2.2.2 Вибір шин 6 та 0,4 кВ

Перетин шинного моста ТП обирається по економічній щільності струму.

Розрахунковий струм на шинах 6 кВ ТП:

$$I_{p6} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 384,9 \text{ А}$$

Переріз проводу по економічній щільності струму:

$$S_6 = \frac{I_H}{j} = \frac{384,9}{2} = 192,5 \text{ мм}^2$$

Вибираємо мідні шини 40×5 з відстанню між фазами 200мм. Параметри опору:  $R_{ш/м} = 0,1 \text{ мОм/м}$ ;  $X_{ш/м} = 0,189 \text{ мОм/м}$ .

Розрахунковий струм на шинах 0,4 кВ:

$$I_{p6} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} = \frac{3097,9}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 2253,8 \text{ А}$$

Переріз проводу по економічній щільності струму:

$$S_6 = \frac{I_H}{j} = \frac{2253,8}{2,6} = 866,8 \text{ мм}^2$$

Вибираємо мідні шини 100×10 з відстанню між фазами 200мм. Параметри опору:  $R_{ш/м} = 0,02 \text{ мОм/м}$ ;  $X_{ш/м} = 0,133 \text{ мОм/м}$ .

### 2.2.3 Вибір кабельної мережі 6 кВ

Перетин високовольтного кабелю для живлення цехових підстанцій кабельних цехів вибирається з урахуванням допустимого нагріву, економічної щільності струму і термічної стійкості до струмів к.з.

Розрахунковий струм кабельного цеху №1 та №2:

$$I_{p1} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2392,6}{\sqrt{3} \cdot 6} = 230,2 \text{ А}$$

$$I_{p2} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1771,2}{\sqrt{3} \cdot 6} = 170,4 \text{ А}$$

Переріз кабелю по економічній щільності струму:

$$S_{ек1} = \frac{I_{p1}}{j_{ек}} = \frac{230,2}{2,7} = 85,3 \text{ мм}^2$$

$$S_{ек2} = \frac{I_{p2}}{j_{ек}} = \frac{170,4}{2,7} = 63,1 \text{ мм}^2$$

Переріз кабелю по термічній стійкості до струмів к.з.:

$$S_{\min} = \frac{I_{к.з.}^{(3)} \cdot \sqrt{t_n}}{C}, \quad (2.10)$$

де:  $I_{к.з.}^{(3)}$  – струм трифазного короткого замикання на шинах 6 кВ підстанції, дорівнює 4459 А;

$t_n$  – час спрацювання захисту, с ( $t_n = 0,25$  с);

$C$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу провідника (для міді  $C = 165$ ).

$$S_{\min} = \frac{I_{к.з.}^{(3)} \cdot \sqrt{t_n}}{C} = \frac{5132 \cdot \sqrt{0,25}}{165} = 15,6 \text{ мм}^2$$

По таблиці тривалих струмових навантажень на кабелі СБ для живлення цехової підстанції кабельного цеху №1 прийнято кабель перерізом  $S = 95 \text{ мм}^2$ , кабельного цеху №2 – кабель перерізом  $S = 70 \text{ мм}^2$

В результаті розрахунків остаточно прийнято броньований кабель з мідними жилами та ізоляцією з пропитаного паперу марки СБ: для кабельного цеху №1 СБ 3×95, для кабельного цеху № 2 СБ 3×70.

Кабель типу СБ використовується для передачі та розподілу електричної енергії в стаціонарних установках в електричних мережах на напругу 6 і 10 кВ частотою 50 Гц. Елементи конструкції кабелю СБ: жила однопроволочна мідна, пропитана паперова ізоляція фазна, пропитана паперова ізоляція, свинцева оболонка, подушка, броня із сталльної стрічки, зовнішній покрив.

#### 2.2.4 Вибір кабельної мережі низьковольтних споживачів

Перетин кабелів для живлення низьковольтних споживачів визначається по нагріву і допустимій втраті напруги.

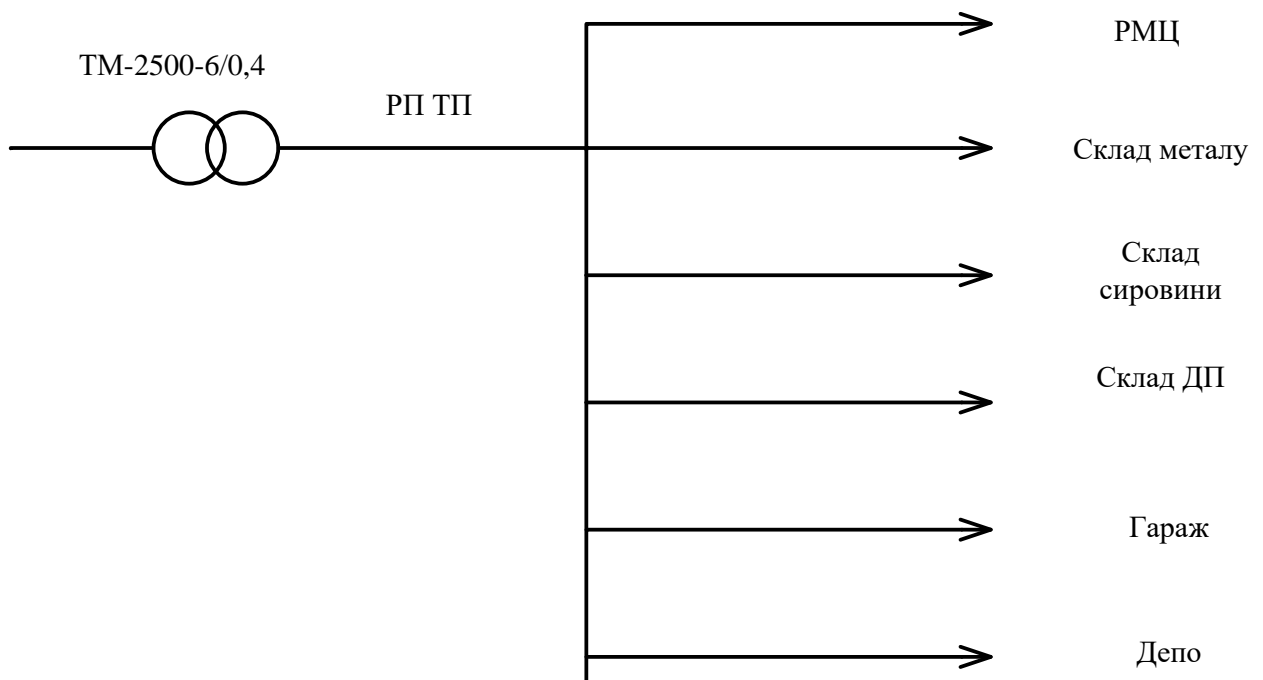


Рисунок 2.1 – Частина однолінійної схеми електропостачання споживачів РП ТП

Проведемо вибір і перевірку кабельної мережі до споживачів заводу.

В нормальному режимі роботи втрата напруги в кабельній мережі напругою 0,4 кВ не повинна перевищувати 39 В[7], тобто

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{\text{тр}} + \Delta U_{\text{к}} + \Delta U_{\text{г.к}} \leq \Delta U_{\text{доп}} = 39 \text{ В}$$

Втрата напруги в силовому трансформаторі:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \cdot (U_a \cdot \cos \varphi_{\text{ср}} + U_p \cdot \sin \varphi_{\text{ср}}) \cdot \frac{U_{\text{хх}}}{100} \quad (2.11)$$

де:  $\beta$  – коефіцієнт завантаження трансформатора,  $\beta = 0,62$ ;

$U_a$  – активна складова напруги к.з. трансформатора в %;

$U_p$  – реактивна складова напруги к.з. трансформатора, %.

$\cos \varphi_{\text{ср}}$  – середньозважений коефіцієнт потужності електроприймачів споживачів,  $\cos \varphi_{\text{ср}} = 0,75$ ;

$\sin \varphi_{\text{ср}}$  – відповідний  $\cos \varphi_{\text{ср}}$ ,  $\sin \varphi_{\text{ср}} = 0,66$ .

$$U_a = \frac{P_{\text{к.з}}}{S_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (2.12)$$

де:  $P_{\text{к.з}}$  – втрати короткого замикання трансформатора при номінальному навантаженні, дорівнює 26,3 кВт;

$$U_a = \frac{26,3}{2500} \cdot 100\% = 1,052 \%$$

$$U_p = \sqrt{U_{\text{кз}}^2 - U_a^2} \quad (2.13)$$

де:  $U_{\text{кз}}$  – напруга к.з. трансформатора, дорівнює 6 %;

$$U_p = \sqrt{6^2 - 1,052^2} = 5,91 \%$$

$$\Delta U_{\text{тр}} = 0,62 \cdot (1,052 \cdot 0,75 + 5,91 \cdot 0,66) \cdot \frac{400 \cdot 0,8}{100} = 9,304 \text{ В}$$

Струм в кабелі, прокладеному від РП–0,4 кВ ТП до РП–0,4 кВ кожного об'єкта заводу знаходиться за формулою



$$I_p = \frac{K_n \cdot P_H}{\sqrt{3} U_H \cdot \cos \varphi_{cp}} \quad (2.14)$$

де:  $P_H$  – встановлена потужність споживачів об'єкта заводу (таблиця 2.2);

$K_n, \cos \varphi$  – відповідно коефіцієнт попиту і коефіцієнт потужності для даної групи споживачів.

$$I_p = \frac{0,6 \cdot 170}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 184 \text{ A}$$

$$S_{ек1} = \frac{I_{p1}}{j_{ек}} = \frac{184}{2,7} = 68,1 \text{ мм}^2$$

До самого віддаленого споживача (РМЦ) приймаємо кабель з мідними жилами ВРБ перерізом  $S=70 \text{ мм}^2$  та  $I_{доп} = 250 \text{ A} \geq I = 184 \text{ A}$ .

Втрата напруги в кабелі до споживача, що знаходиться на найбільшому віддаленні від ТП (ремонтно-механічний цех).

$$\Delta U_k = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} \quad (2.15)$$

Втрата напруги в кабелі:

$$\Delta U_k = \frac{\sqrt{3} \cdot 184 \cdot 630 \cdot 0,7}{32 \cdot 50} = 4,48 \text{ В}$$

Сумарна втрата напруги в кабельній мережі:

$$\Delta U_{\Sigma} = 9,304 + 4,48 = 13,784 \text{ В}$$

Тобто кабелі, прийняті по нагріву, підходять і по втраті напруги. Результати вибору кабелів до решти споживачів представлені в таблиці 2.5.

Силові кабелі ВРБ призначені для передачі та розподілу електричної енергії в стаціонарних установках на напругу до 0,66 кВ частоти 50 Гц.

Кабелі типу ВРБ застосовуються для прокладання в землю (траншеях) при підвищених вимогах стійкості до коротким замиканням та аварійних короткочасних діях температур до 200 ° С.

Таблиця 2.5 – Вибір кабелів в мережі 0,4 кВ

№ цеху	Найменування цеху	Розрахунковий струм, А	Марка кабелю	Допустимий струм, А	Довжина кабелю, м
1	2	3	4	5	6
1	Ремонтно-механічний цех	184	ВРБ 4×70	250	630
2	склад металу	138,6	ВРБ 4×35	165	590
4	склад сировини	288,7	ВРБ 4×95	300	310
5	склад ДП	165	ВРБ 4×50	200	190
6	гараж	151,6	ВРБ 4×35	165	60
7	депо	261,7	ВРБ 4×95	300	80
8	Цех зборки барабанів	173,2	ВРБ 4×50	200	210
9	градирня №2	169,8	ВРБ 4×50	200	85
10	Склад ангар №2	268,1	ВРБ 4×95	300	510
11	котельня	202,1	ВРБ 4×70	250	370
13	їдальня	185,6	ВРБ 4×50	200	100
14	лабораторія горіння	86,6	ВРБ 4×16	105	140
15	металоткацьких цех	117,5	ВРБ 4×25	135	340
16	лабораторія	108,3	ВРБ 4×25	135	330
17	градирня №1	184,8	ВРБ 4×50	200	290
18	БРУ-1	167,4	ВРБ 4×50	200	170

## Продовження таблиці 2.5

19	волоочильний цех	120,3	ВРБ 4×25	135	280
20	дротяний цех	173,2	ВРБ 4×50	200	270
21	столярний цех	179,6	ВРБ 4×50	200	320
22	Центральна компресорна	150,1	ВРБ 4×35	165	260
23	АБК (нове)	196,3	ВРБ 4×50	200	220
24	АБК	125,1	ВРБ 4×25	135	270
25	Обпресувальний цех	125,1	ВРБ 4×25	135	160
26	БРУ-2	190,5	ВРБ 4×50	200	210
27	цех №6	423,4	ВРБ 4×120	475	330

Елементи конструкції кабелю ВРБ: Мідна багатопроволочна жила (клас 2), обмотка з поліетилентерефталатної плівки марки ПЭТ-Э, ізоляція з резини типу РТІ-1 на основі натурального та бутадієнового каучука, оболонка з ПВХ пластиката марки О-40, броня з двох сталевих або сталевих оцинкованих стрічок, покриття з волокнистих матеріалів, бітуми та склади.

### 2.3 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах вище 1000 В

Величини струмів короткого замикання необхідні для вибору комутаційних пристроїв. Так як підприємства зазвичай живляться від потужних енергосистем по ЛЕП значної довжини, то вважають:

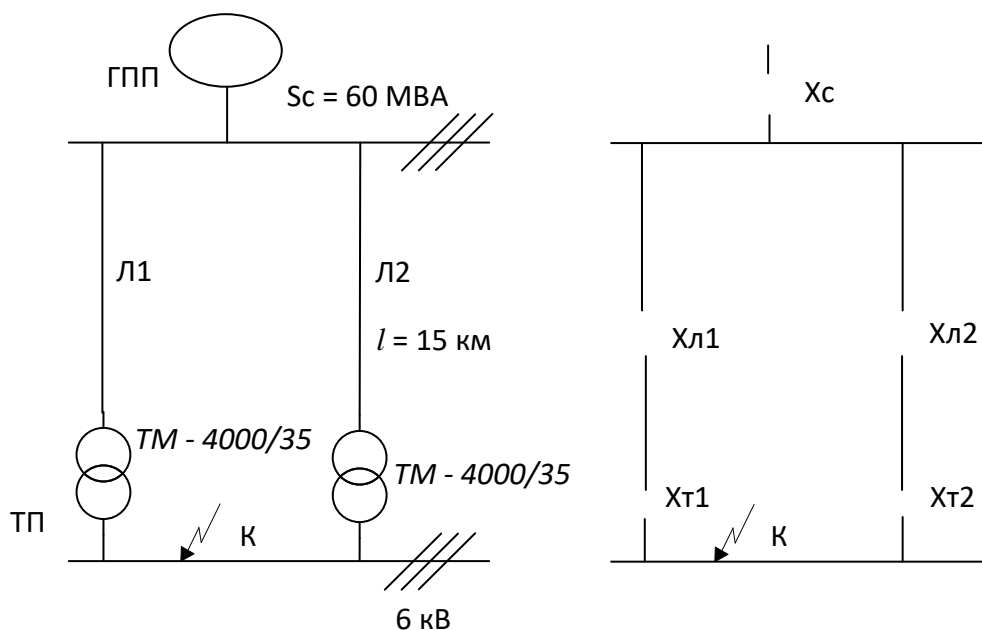
$$I_{0,2} = I_{\infty} = I_{к.з.}^{(3)} \quad (2.16)$$

Розрахунок струмів к.з. у мережах напругою вище 1000 В роблять у відносних одиницях, оскільки цей спосіб зручніший для оцінки впливу тієї або іншої ділянки схеми або окремих елементів на результат розрахунку[6].

Однолінійна розрахункова схема електричного кола від шин ГПП до шин ТП і відповідна їй схема заміщення представлена на рисунку 2.2.

Величина базисної потужності задається  $S_б = 100$  МВА, базисна напруга  $U_б = 6,3$  кВ.

1) Індуктивний опір системи  $X_{*бс}$ , приведений до базисних умов:



а) розрахункова схема;

б) схема заміщення

Рисунок 2.2 – Схема електропостачання від ГПП до ТП

$$X_{*бс} = X_c \cdot \frac{S_б}{S_c}, \quad (2.17)$$

де:  $S_c = 60$  МВА – потужність системи;

$X_c = 0,125$  – опір системи.

$$X_{*бс} = 0,125 \cdot \frac{100}{60} = 0,208$$

2) Індуктивний опір повітряної лінії електропередач 35 кВ, приведений до базисних умов:

$$X_{*бл} = X_0 \cdot l_1 \cdot \frac{S_б}{U_{н1}^2}, \quad (2.18)$$

де:  $X_0 = 0.4$  Ом/км – питомий реактивний опір повітряної лінії понад 10 кВ;

$l_1 = 15$  км – довжина лінії 35 кВ;

$U_{н1} = 35$  кВ – номінальна напруга джерела.

$$X_{*бл} = 0,4 \cdot 15 \cdot \frac{100}{35^2} = 0,49$$

3) Індуктивний опір силових трансформаторів 35/6,3 кВ, приведений до базисних умов:

$$X_{бтр} = \frac{U_{к1}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{тр.1}}, \quad (2.19)$$

де:  $U_{к1}$  – напруга к.з. трансформатора 35/6 кВ, %;

$S_{тр.1}$  – номінальна потужність трансформатора 35/6 кВ,  $S_{тр.1} = 4$  МВА.

$$X_{бтр} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{100}{4} = 1,875$$

4) Сумарний індуктивний опір до точки К у відносних одиницях:

$$X_{*бк} = X_{*бс} + X_{*бл} + X_{бтр} \quad (2.20)$$

$$X_{*бк} = 0,208 + 0,49 + 1,875 = 2,573$$

5) Струм і потужність у точці К у базисних відносних одиницях:

$$I_{*бк} = S_{*бк} = \frac{1}{X_{*бк}} \quad (2.21)$$

$$I_{*бк1} = S_{*бк1} = \frac{1}{2,573} = 0,389$$

б) Потужність і струм к. з. у точці К в абсолютних одиницях:

$$I_k = I_{*бк} \cdot \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б} \quad (2.22)$$

$$S_K = S_{*бк} \cdot S_б \quad (2.23)$$

$$I_{K1} = 0,389 \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 3,565 \text{ кА}$$

$$S_{K1} = 0,389 \cdot 100 = 38,9 \text{ МВА}$$

7) Ударний струм короткого замикання у точці  $K_1$ :

$$I_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_K, \quad (2.24)$$

де:  $K_y$  – ударний коефіцієнт, приймається  $K_y=1,8$ .

$$I_{y1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,565 = 9,075 \text{ кА}$$

Так, як потужність к.з. виявилась менше допустимої по ПБ (тобто  $50 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ), то установка реактора на ТП не потрібна.

#### 2.4 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах до 1000 В

Розрахунок виконується з метою перевірити обладнання низьковольтного розподільчого пристрою на стійкість до к.з.

В основу розрахунку покладений метод визначення сумарного опору до точки к.з.

Треба визначити найбільші струми трифазного к.з. і струми двохфазного к.з. Перші необхідні для перевірки комутаційної здатності електроапаратів при виникненні к.з., а другі – для перевірки чутливості максимального струмового захисту.

Проведемо розрахунки струмів к.з. для шин 0,4 кВ та об'єктів заводу. Для виконання цього складаємо відповідно рисунку 2.1 схему заміщення (рисунок 2.3).

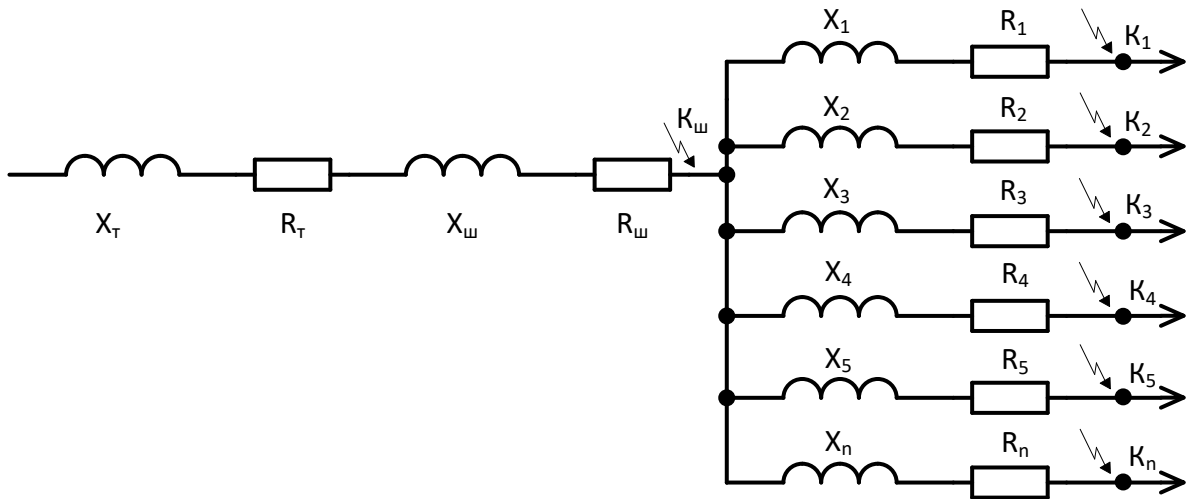


Рисунок 2.3 – Схема заміщення

Активний опір трансформатора за формулою

$$R_T = \frac{P_k}{3 \cdot I_{2T}^2} \quad (2.25)$$

де:  $P_k$  – втрати в силовому трансформаторі, Вт;

$I_{2T}^2$  – номінальний струм вторинної обмотки трансформатор, А.

$$R_T = \frac{26300}{3 \cdot 3608,5^2} = 0,673 \text{ мОм}$$

Індуктивний опір трансформатора за формулою

$$X_T = \frac{10 \cdot U_k^2 \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \quad (2.26)$$

де:  $U_k$  – напруга к.з. трансформатора.

$$X_T = \frac{10 \cdot (6 \cdot 0,4)^2}{2500} = 0,02304 \text{ Ом}$$

Струм трифазного к.з. трансформатора за формулою

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}} \quad (2.27)$$

де:  $U_{\text{НОМ}}$  – напруга джерела живлення, В;

$R$  і  $X$  – відповідно активні і індуктивні опори кола до певної точки к.з.,  
Ом.

$$I_{K_T}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,000673^2 + 0,02304^2}} = 10,019 \text{ кА}$$

Струм двохфазного к.з. трансформатора за формулою

$$I_{к.з.}^{(2)} = 0,87 \cdot I_k^{(3)} \quad (2.28)$$

$$I_{K_T}^{(2)} = 0,87 \cdot 10019 = 8,717 \text{ кА}$$

Активний опір шин 0,4 кВ:

$$R_{ш} = R_{шм} \cdot l_{ш}, \quad (2.30)$$

де:  $R_{шм}$  – питомий активний опір шини,  $R_{шм} = 0,00002 \text{ Ом/м}$ ;

$l_{ш}$  – довжина шинного моста,  $l_{ш} = 10 \text{ м}$ .

$$R_{ш} = 0,00002 \cdot 10 = 0,0002 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір шин 0,4 кВ:

$$X_{ш} = X_{шм} \cdot l_{ш}, \quad (2.31)$$

де:  $X_{шм}$  – питомий індуктивний опір шини,  $X_{ш/м} = 0,000133 \text{ Ом/м}$ .

$$X_{ш} = 0,000133 \cdot 10 = 0,00133 \text{ Ом}$$

Повний індуктивний і реактивний опір до точки  $K_{ш}$  за формулами

$$R_{кш} = R_T + R_{ш} \quad (2.32)$$

$$X_{кш} = X_T + X_{ш} \quad (2.33)$$

$$R_{кш} = 0,000673 + 0,0002 = 0,000873 \text{ Ом}$$

$$X_{кш} = 0,02304 + 0,00133 = 0,02437 \text{ Ом}$$

Струм трифазного к.з. в точці  $K_{ш}$



$$I_{K_{ш}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,000873^2 + 0,02437^2}} = 9,47 \text{ кА}$$

Струм двохфазного к.з. в точці  $K_{ш}$

$$I_{K_{ш}}^{(2)} = 0,87 \cdot 9470 = 8,238 \text{ кА}$$

Активний опір в точці  $R_1$

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} \quad (2.34)$$

де:  $l$  – довжина кабелю, м;

$\gamma$  – питома провідність матеріалу провідника;

$S$  – перетин робочої жили кабелю,  $\text{мм}^2$ .

$$R_1 = \frac{630}{53 \cdot 70} = 0,17 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір в точці  $R_1$

$$X = X_0 \cdot l \quad (2.35)$$

де:  $X_0$  – індуктивний опір кабелю, приймаємо згідно з таблицею.

Індуктивний опір в точці  $X_1$

$$X_1 = 0,00006 \cdot 630 = 0,0378 \text{ Ом}$$

Повний індуктивний і реактивний опір до точки  $K_3$  за формулами

$$R_{K1} = R_{Kш} + R_1 \quad (2.36)$$

$$X_{K1} = X_{Kш} + X_1 \quad (2.37)$$

$$R_{K1} = 0,000873 + 0,17 = 0,17087 \text{ Ом}$$

$$X_{K1} = 0,02437 + 0,0378 = 0,06217 \text{ Ом}$$

Таблиця 2.6 – Значення питомих індуктивних опорів

Переріз, мм <sup>2</sup>	Опір, мОм/м	
	Індуктивний	
	дроти проклад. відкрито	дроти в трубах, кабелі
10	0,31	0,07
16	0,29	0,07
25	0,27	0,07
35	0,26	0,06
50	0,25	0,06
70	0,24	0,06
95	0,23	0,06
120	0,22	0,06
150	0,21	0,06
185	0,21	0,06
240	0,20	-

Струм трифазного к.з. в точці К<sub>1</sub>

$$I_{K_1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,17087^2 + 0,06217^2}} = 764,3 \text{ A}$$

Струм двохфазного к.з. в точці К<sub>1</sub>

$$I_{K_1}^{(2)} = 0,87 \cdot 764,2 = 664,9 \text{ A}$$

Аналогічно здійснюється розрахунок струмів к.з. для інших точок, результати приведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Струми к.з. у мережі 0,4 кВ.

Точка к.з.	Повний опір кола к.з., Ом	$I_{к.з.}^{(3)}$ , А	$I_{к.з.}^{(2)}$ , А
Ремонтно-механічний цех	0,302	764,3	664,9
склад металу	0,402	574,7	500
склад сировини	0,216	1067	928,1
склад ДП	0,203	1140	991,8
гараж	0,171	1354	1178
депо	0,172	1346	1171
Цех зборки барабанів	0,208	1109	964,6
градирня №2	0,175	1321	1149
Склад ангар №2	0,256	903	785,6
котельня	0,238	969,9	843,8
їдальня	0,178	1294	1126
лабораторія горіння	0,246	940,3	818,1
металоткацьких цех	0,333	693	602,8
лабораторія	0,327	707,2	615,3
градирня №1	0,232	994,4	865,1
БРУ-1	0,197	1172	1020
волочильний цех	0,294	786,6	684,3
дротяний цех	0,226	1021	888,6
столярний цех	0,242	955,9	831,7

продовження табл. 2.7

1	2	3	4
АБК (нове)	0,211	1093	951,3
АБК	0,287	804,3	699,7
Обпресувальний цех	0,221	1046	909,9
БРУ-2	0,208	1109	964,6
цех №6	0,217	1066	927,2
Центральна компресорна	0,281	822,6	715,7

Отже, отримані значення струмів можна використати для перевірки вибору низьковольтної захисної апаратури.

## 2.5 Вибір низьковольтної апаратури управління та захисту

Розподільчі пристрої напругою до 1000В прийнято комплектувати із загальнопромислових панелей, щитів та шаф з рубильниками та запобіжниками чи автоматичними вимикачами. Панелі та шафи виконують з різним набором комутаційної апаратури, що дозволяє укомплектувати з них розподільчий пристрій з двома вводами (від кожного силового трансформатора), з секційним вимикачем та будь-яким числом фідерних ліній, що відходять[1].

По номінальному струму вторинної обмотки трансформатора  $I_{2T} = 3608 \text{ A}$  і номінальній напрузі  $U_{2\text{ном}} = 380 \text{ В}$  в якості вводу до шин приймаємо низьковольтний комплектний розподільний пристрій ЩРНВ з номінальним струмом  $I_n = 4000 \text{ A}$ .

КРУ-0,4 кВ типу ЩРНВ – щит з горизонтально розташованими збірними шинами перерізом 100x10мм. ЩРНВ призначене для розподілення електроенергії по низькій стороні комплектних і блокових трансформаторних

підстанцій. Застосовуються також в електропостачанні промислових об'єктів. Мають істотну перевагу в економії місця. За шириною не більше 2-х метрів при 14 лініях, що відходять.

ЩРНВ є моноблок, всередині якого встановлені збірні шини на яких встановлені вертигрупи з запобіжниками. Корпус може бути виготовлений з оцинкованого металу і чорного металу з порошковим покриттям. Моноблоки ЩРНВ можуть мати ліво і правостороннє виконання в залежності від розташування ввідного рубильника. ЩРНВ кріпляться до підлоги або до стіни.

Дані шафи укомплектовані як секційними так і ввідними пристроями, з використанням автоматичних вимикачів серії ВА55-43.

По здатності до відключення дані шафи підходять, оскільки виконується наступна вимога:

$$I_{\text{к.з.}}^3 \geq I_{\text{к.з.}}^{(3)} \cdot 1,2, \quad (2.38)$$

$$20 \geq 1,354 \cdot 1,2 = 1,625 \text{ кА}$$

Для живлення споживачів ремонтно-механічного цеху вибір низьковольтної апаратури виконується за номінальним струмом споживачів та струмом к.з., який складає  $I_{\text{к.з.}}^{(3)} = 764,3 \text{ А}$ . Результат розрахунку та вибору автоматичних вимикачів шафи РП представлений в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір низьковольтної апаратури для РМЦ

Найменування електроприймача	Встановлена потужність, кВт	Струм споживача, А	Обраний вимикач	Номінальний струм вимикача, А
1	2	3	4	5
витяжні установки	5	12,5	ВА-51-35М1-34	16
Лазер SuperTurbo-X 510 Champ	7,5	18,75	ВА-51-35М1-34	20
Проволочно-вирізні верстат моделі АQ-300L	10	25	ВА-51-35М1-34	31,5
Фрезерний верстат FWD-32	5,5	13,75	ВА-51-35М1-34	16
Компресор електричний поршневий	11	27,5	ВА-51-35М1-34	31,5
Гідравлічний листозгинальний прес з ЧПУ АМВ-10031	11,37	28,43	ВА-51-35М1-34	31,5
Вертикальний свердлильний верстат	9	22,5	ВА-51-35М1-34	25
2С132,2С132	0,55	1,375	ВА-51-35М1-34	16
Верстат настільно-свердлильний вертикальний	9,4	23,5	ВА-51-35М1-34	25
Верстат токарно-гвинторізний	2,2	5,5	ВА-51-35М1-34	16

Продовження таблиці 2.8

Вентилятори дахові	22	55	ВА-51-35М1-34	63
термо піч	17	42,5	ВА-51-35М1-34	50
Трансформатор зварювальний ТДМ-401	9	22,5	ВА-51-35М1-34	25
Рубильник кран-балка	2,2	5,5	ВА-51-35М1-34	16
гільйотина	3	7,5	ВА-51-35М1-34	16
Кривошипний прес Кех 30	10	25	ВА-51-35М1-34	31,5
плоскошліфувальний верстат	5,5	13,75	ВА-51-35М1-34	16

## 2.6 Вибір високовольтної апаратури управління та захисту

Розподільчий пристрій РП-6кВ комплектують із високовольтних чарунок. Виконання чарунок повинно відповідати умовам навколишнього середовища.

Вибір високовольтного КРП проводиться по номінальному робочому струму і напрузі, а також перевіряються по електродинамічній і термічній стійкості до струмів к.з. Розрахунковий струм становить  $I_H = 384,9$  А, тому по даному струму приймаємо високовольтну чарунку КУ-6С з  $I_H = 630$  А.

Комплектний розподільний пристрій 6 кВ серії КУ-6С розроблено для роботи в мережах трифазного змінного струму класу напруги 6 (10) кВ промислової частоти 50 (60) Гц при номінальному струмі 315 – 4000 А і струмі відключення 20; 31,5 і 40 кА в системах з ізольованою або заземленою через реактор нейтраллю.

В якості основної високовольтної комплектуючої апаратури в шафах застосовуються вироби, спеціально призначені для роботи в шафах КРУ і відповідні стандартам або технічним умовам, а саме:

- вимикач вакуумний (рекомендований до застосування вакуумний вимикач серії ВРС);
- трансформатори струму типів: ТЛО-10, ТОЛ-10-1; ТЛШ, ТЛП;
- трансформатори напруги типів: ЗНОЛП, НОЛП;
- трансформатор власних потреб ТСКС-40, ТСКС-63;
- конденсатори: КЕК або КЕП;
- обмежувачі перенапруги ОПН;
- трансформатори струму захисту кабелів типу ТЗЛМ;
- запобіжники силові (патрони): ПКТ і ін.

Пристрій розподільчий 6 кВ є металоконструкцію, виконану з високоякісної сталі з алюцинковим покриттям. З'єднання виконані за допомогою сталевих витяжних заклепок і різьбових з'єднань. Зовнішні елементи конструкції пофарбовані методом порошкового напилення.

Каркас шафи розділений металевими перегородками на релейний відсік, відсік висувного елемента, відсік збірних шин і відсік лінійних шин і трансформаторів струму.

При переміщенні висувного елемента в ремонтне положення автоматичний шторний механізм закриває доступ до струмоведучих елементів. Переміщення висувного елемента з робочого положення в контрольне і назад при закритих дверях відсіку вимикача ручним або електромоторним приводом.

Розраховуємо чарунку по термічній стійкості за формулою

$$I_t = I_\infty \cdot \sqrt{\frac{t_\phi}{t}} \quad (2.39)$$

де:  $I_\infty$  - сталий струм трьохфазного к.з ( $I_\infty = 3,565$  кА);



$t_{\phi}$  – повний час відключення, складає 0,25 с;

$t$  – час протікання струму термічної стійкості,  $t = 1$  с.

$$I_t = 3,565 \cdot \sqrt{\frac{0,25}{1}} = 1,783 \text{ кА}$$

Таблиця 2.9 – Порівняння параметрів

Розрахункові величини	Параметри прийнятого апарата
$U_{\text{мережі}} = 6000\text{В}$	$U_{\text{н}} = 6000 \text{ В}$
$I_{\text{р}} = 389,4 \text{ А}$	$I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$
$I_{\infty} = 3,565 \text{ кА}$	$I_{\text{откл}} = 40 \text{ кА}$
$S_{\infty} = 38,9 \text{ МВА}$	$S_{\text{откл}} = 100 \text{ МВА}$
$i_{\text{у}} = 9,075 \text{ кА}$	$I_{\text{max}} = 72 \text{ кА}$
$I_t = 1,783 \text{ кА}$	$I_{\text{tmax}} = 40 \text{ кА}$

Порівнявши параметри прийнятого апарата з розрахунковими, робимо висновок, що КРП обрано правильно.

Для комутації силових кіл в шафі КУ-6С застосовується пристрій комутаційний вакуумний типу ВРС-6.

Вакуумні вимикачі ВРС-6 призначені для роботи в комплектних розподільчих пристроях та стаціонарних камерах одностороннього обслуговування внутрішньої та зовнішньої установки класу напруги 6 кВ трьохфазного змінного струму 50 Гц для систем з ізолюваною та заземленою нейтраллю.

Результати вибору шаф приведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Вибір високовольтних чарунок

Призначення чарунки	Кількість	Розрах. струм, А	Тип чарунки	Номинальний струм чарунки
Відна	2	389,4	КУ-6С	630
Секційна	1	389,4	КУ-6С	630
Приєднань , що відходять:				
Цехова підстанція кабельного цеху	2	230,2	КУ-6С	315
Трансформатор ТМ-2500-6/0,4	2	240,8	КУ-6С	315

РОЗДІЛ 3  
ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА

## ВСТУП

Результатом виконання даної кваліфікаційної роботи рівня бакалавру є створення системи електричного постачання кабельного заводу.

Економічною частиною кваліфікаційної роботи рівня бакалавру є техніко-економічний розрахунок, в якому визначаються витрати на виготовлення електричного апарату або його частин, собівартість і дається висновок економічної ефективності спроектованого заводу.

Технічні та економічні показники тісно пов'язані між собою. Зміна одного або кількох технічних показників пов'язана зі зміною витрат виробництва і експлуатації, що позначається на економічній ефективності

При виконанні будь-яких робіт важливо враховувати економічні аспекти розробки рішень електропостачання.

В економічній частині кваліфікаційної роботи рівня бакалавру розглядаються наступні питання:

- 1) Постійне електропостачання об'єкта;
- 2) Безпека працівників підприємства;
- 3) Надійність обладнання.

В даній роботі будуть проведені розрахунки таких пунктів:

- 1) Фонд оплати праці робітників та спеціалістів;
- 2) Амортизаційні відрахування та витрати на ремонт та утримання основних фондів;
- 3) Розрахунок витрат на додаткові матеріали;
- 4) Розрахунок витрат на електроенергію.

Для безпечної роботи на підприємстві використовується автоматичний ввід резерву та автоматичні вимикачі, які гарантують надійність роботи підстанцій, обладнання та безперебійність живлення. Впровадження автоматичного вводу резерву в значній мірі збільшує безпеку та ефективність співробітників підприємства.

В ході техніко-економічного аналізу показана доцільність прийнятих технічних рішень.

В тематиці кваліфікаційного проекту можна виділити наступні характерні напрямки техніко-економічних розрахунків:

- 1) розрахунок економічної доцільності струму;
- 2) розрахунок економічної ефективності від застосування даного технологічного процесу;
- 3) розрахунок економічного ефекту від організаційних заходів: створення ділянки, поточно-механізованої лінії, впровадження елементів наукової організації праці і т. п.

### 3.1 Розрахунок капітальних вкладень

Розрахунок капітальних вкладень на спорудження внутрішньоцехової мережі виконаємо за показниками вартості її основних елементів: комплектних трансформаторних підстанцій; розподільних шинопроводів і пунктів; кабелів, живлячих цехові КТП; ввідних і секційних комутаційних апаратів; комплектних конденсаторних установок.

Розрахунок капітальних витрат зводимо в табл. 4.1.

Таблиця 3.1 – Капітальні витрати в проекті

Найменування	Тип	Питомі капітальні витрати тис. грн/км (шт.)	Довжина (кількість)	Сума, тис. грн
Лінії ЛЕП 35 кВ	АС-50	115	8x5 км	4647
Трансформаторні підстанції	ТМ-4000-35/6	1000	2 шт	2001,5
	ТМ -2500-6/0,4	575	2 шт	1151
Цехові трансформаторні підстанції	ТМ -2500-6/0,4	575	2шт	1151
Розподільні пристрої 6 та 0,4 кВ	КУ-6С	328	7 шт	2296,7
	ЩРНВ	281	2 шт	562,4
Лінії електропостачання 6; 0,4 кВ	Шини	2,9	8x10м	232,5
	Кабелі СБ	1,1	510 м	564
	ВРБ	0,5	6525 м	3267,5
Пункт розподільчий освітлювальний	ОЩВ-12	1,25	19 шт	23,8
Пункт розподільчий ПР11	ПР11Е	2,54	17 шт.	49,06
РАЗОМ:				15946,46

Отже, основні капітальні вкладення в мережу, що проектується, складають  $K = 15946,46$  тис. грн.

### 3.2 Фонд оплати праці робітників

Оплата праці робітників проводиться за фіксованою тарифною ставкою. Оплата праці робітників представлена в таблиці 4.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок фонду оплати праці робітникам

Найменування професій	Обліковий склад з урахуванням змінності роботи	Денна тарифна ставка, грн	Номінальний річний фонд робочого часу		Явочний штат у зміну	Усього основна заробітна плата, грн
			На одного робочого	На всіх робочих		
Майстер	6	681,8	912	5472	5	90000
Електромонтажник	16	545,5	912	14592	15	192000
Водій	6	454,5	912	5472	5	60000
Старший майстер	2	909	912	1824	1	40000
Разом						382000
Відрахування у соціальний фонд (22%)						84040

### 3.3 Амортизаційні відрахування та витрати на ремонт та утримання основних фондів

Основні фонди – це засоби праці, які мають вартість і функціонують у виробництві тривалий час у своїй незмінній формі, а їх вартість амортизується за певний час, тобто переноситься на вартість продукції з метою їх повного відновлення. До таких фондів відносять будівлі, споруди, машини та обладнання, інвентар та приладдя, транспортні засоби та ін.

Амортизаційний фонд накопичується поступово і використовується на придбання основних засобів, здійснення всіх видів ремонту, реконструкції, модернізації та інших способів поліпшення основних засобів. Річна норма амортизації для будівель та споруд складає 7 % від основних фондів, а для машин та обладнання – 20 % [8].

Перелік основних фондів заводу, їх вартість, сума амортизації та витрати на ремонт і утримання представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування основних фондів	Капітальні інвестиції, грн	Річна норма амортизац. %	Річна сума амортизаційн. відрахувань, грн
1	2	3	4
Трансформаторна підстанція	4303500	20	860700
Лінії ЛЕП 35кВ	4647000	10	464700
Кабельні лінії (шини, кабельні СБ, ВБР)	232500	10	23250
	564000	10	56400
	3267500	10	326750
Пункт розподільчий освітлювальний	23800	20	4760
Розподільні пристрої 6 та 0,4 кВ(КУ-6С, ЩРНВ)	2296700	20	459340
	562400	20	112480
Пункт розподільчий ПР11	49060	20	9812



продовження таблиці 3.4.

1	2	3	4
Разом	15946460		2318192
Витрати на ремонт і утримання обладнання (1%)			159464,6

### 3.4 Розрахунок витрат на додаткові матеріали

Для виконання любых робіт крім основних фондів необхідні також оборотні фонди, тобто фонди, які цілком споживаються в процесі виробничого циклу та змінюють або повністю втрачають натуральну форму (матеріали, сировина).

Розрахунок витрат на матеріали, використані в ремонтних роботах за рік представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок витрат на матеріали

Найменування матеріалів	Загальна кількість витрат за рік, кг	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Мастило трансформаторне	2000	55	110000
Солідол	45,7	20	914
Електроди	63,3	100	6300
Проволока зварювальна	36,1	130	4693
Ізоляційна стрічка	58,9	23,9	1407,71
Невраховані матеріали (4,5%)			328,4
Разом			123643,11

### 3.5 Розрахунок витрат на електроенергію

Витрати на електроенергію визначаються з сумарної потужності споживачів. Для розрахунку витрат на електроенергію використовують потужність споживачів, їх коефіцієнт використання, відпрацьовані години за рік та тариф за 1кВт/год спожитої енергії.

Вартість втрат електричної енергії:

- в постачальній лінії ЛЕП:

$$I_{\Delta A.кл} = 3\tau c_0 \cdot \sum I_m^2 \cdot R,$$

де  $\tau$  - час найбільших втрат ( $\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10000})^2 \cdot 8760$ , год).

При  $T_m = 3800$  год значення  $\tau = 2225$  год;  $c_0$  – питома вартість втрат енергії.

Приймаємо  $c_0 = 2.02$  грн./кВт·г.

- в цехових трансформаторах:

$$I_{\Delta A.T} = n_T \cdot (\Delta P_{xx} c_{оп} T_p + \Delta P_{кз} K_3^2 c_0 \tau),$$

де  $n_T$  – кількість трансформаторів;  $T_p$  – число годин роботи трансформатора на рік;  $c_{оп}$  – питома вартість постійних втрат енергії.

Приймаємо 2,02 грн/ кВт·г.

Сумарна вартість втрат електроенергії в мережі дорівнює 50,4 кВ

### 3.6 Висновок

В економічній частині кваліфікаційній роботи рівня бакалавр обґрунтовано економічну доцільність пропонованого в кваліфікаційній роботі технічного рішення, розраховано:

- капітальні витрати (15946460 грн)
- експлуатаційні витрати (3067401,5 грн)

РОЗДІЛ 4  
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 4.1 Дія електричного струму на організм людини

Електричний струм, впливаючи на організм людини, може викликати опіки або блокаду, параліч нервової системи, параліч органів дихання, зупинку серця.

У першому випадку (тепловий вплив) контакт із струмом відбувається через електричну дугу, у другому (рефлекторне) – безпосередньо з частинами електроустановок, що знаходяться під напругою.

Проходячи через живі тканини, електричний струм чинить термічне, електролітичне і біологічний вплив.

Існують наступні види ураження струмом: електричний удар, електричний опік, електричні знаки, електрометалізація і електроофтальмія.

Розрізняють чотири ступені електричних опіків: I - почервоніння шкіри; II - утворення пухирів; III - обвуглювання шкіри; IV - обвуглювання підшкірної клітковини, м'язів, судин, нервів і кісток.

Електричний опік можливий при проходженні через тіло людини значних струмів (більше 1 А). У мають певний опір тканинах людського організму виділяється деяка кількість теплоти, якої достатньо, щоб нагріти їх до температури 60-70 ° С. При зазначеній вище температурі білок тканин згортається і виникає опік. Особливістю електричного опіку є його глибоке проникнення в тканини тіла, що дуже болісно і вимагає тривалого лікування.

Електричні знаки (мітки струму) виникають при щільному контакті з струмоведучими частинами і являють собою припухлість у вигляді мозолі круглої або овальної форми сірого або жовто-білого кольору з різко окресленою облямівкою. Хоча електричні знаки безболісні, проте глибоке і велике ураження живої тканини може призвести до порушення функцій органу.

Електрометалізація виникає в результаті проникнення під поверхню шкіри частинок металу внаслідок розбризкування та випаровування його під дією електроструму, наприклад, при горінні дуги.

Електричний удар виникає в результаті біологічного впливу струму на людину. Він відбувається при впливі на людину малих струмів – звичайно до декількох сотень міліампер і при напрузі, як правило, до 1000 В. При цьому виділення теплоти незначно і опік не виникає. Електрострум діє на нервову систему і на м'язи, викликаючи параліч уражених органів. До смертельного результату може призвести параліч м'язів органів дихання і серця.

Тривала дія струму призводить до падіння опору тіла людини, в результаті чого струм зростає до значення, здатного викликати зупинку дихання або фібриляцію серця. Зупинка дихання виникає не миттєво, а через кілька секунд. Своєчасне відключення потерпілого дозволяє запобігти припинення роботи дихальних м'язів і фібриляцію серця.

На міру небезпеки ураження електрострумом впливають умови зовнішнього середовища. Небезпека ураження зростає при роботі в умовах підвищеної температури повітря і при зниженні атмосферного тиску.

#### 4.2 Заходи та засоби захисту від ураження електричним струмом

Безпека праці при використанні електроенергії забезпечується застосуванням:

- захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин (монтаж відкритих струмоведучих частин електроустановок на висоті; приміщення електроапаратів в закритому корпусі; використання спеціальних блокувальних пристроїв);
- зниженої напруги для ручних електроапаратів і машин (12, 24, 36, 65 В);

- пристроїв захисного відключення захисних заземлень;
- систем електропостачання з ізольованою нейтраллю трансформатора;
- індивідуальних засобів захисту.

Для запобігання випадкового дотику роз'єднувачі, шинні коробки, муфти монтується на певній висоті. У закритих корпусах обмежується або ускладнюється доступ до кабельних вводів, шин, шпильок та інших струмопровідних частин. Різні блокувальні пристрої перешкоджають доступу до струмоведучих частин до зняття з них напруги (наприклад, кришку пускача неможливо відкрити до тих пір, поки не буде відключена електроенергія).

Індивідуальні захисні засоби служать для ізоляції людини від струмоведучих частин електрообладнання, що знаходиться під напругою, а також для ізоляції людини від землі при торканні до струмоведучих частин електроустановок або до металевих корпусів електрообладнання з пошкодженою ізоляцією. До ізолюючих захисних засобів відносяться ізолюючі ручки монтерського інструменту, діелектричні рукавички, калоші, боти, гумові килимки і доріжки, дерев'яні підставки на порцелянових ізоляторах та інші засоби, що забезпечують ізоляцію людини від струмоведучих частин.

Ізолюючі захисні засоби поділяються на основні та додаткові. До основних відносяться засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу електроустановки. За допомогою цих засобів дозволяється стосуватися струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Додатковими називають такі ізолюючі засоби, які самі по собі не можуть при даній нарузі забезпечити повну безпеку і є лише додатковим заходом до основних засобів.

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений усіма необхідними захисними засобами. Для запобігання опіків очей електричною дугою використовуються захисні окуляри.

Монтерський ізолюючий інструмент (ключі, викрутки, плоскогубці тощо) має ручки, покриті ізолюючим матеріалом (гумою, пластмасою, ебонітом).

#### 4.3 Захисне заземлення

Згідно з правилами безпеки, електроустановки та інші прилади, які підлягають заземленню, можна підключити до природних заземлювачів. У їх якості використовують:

- металеві каркаси приміщень, що мають безпосередній контакт із землею;
- металеву захисну обмотку кабелів, закопаних у землю;
- прокладені в землі металеві труби (за винятком трубопроводів з горючими матеріалами);
- залізничні колії.

Підключення таких конструкцій до електроустановок дозволяє знизити витрати на обладнання заземлення.

Для забезпечення необхідного захисту від ураження електричним струмом застосовуються такі захисні заходи:

- установка захисних огорожень;
- надійна ізоляція всіх струмоведучих елементів;
- захисні оболонки;
- обмеження зони досяжності;
- по можливості, використання малої напруги.

На випадок пробоїв та ізоляції і витоку напруги на корпус електрообладнання застосовуються такі методи захисту, як заземлення, вирівнювання потенціалів, додаткова ізоляція струмоведучих частин обладнання. У деяких випадках потрібна установка ізолюючих (непровідних електрику) пристосувань.

У випадках, коли поряд із заземленням застосовуються інші заходи захисту від ураження електричним струмом, вони не повинні надавати один на одного негативного впливу і знижувати ефективність захисту обладнання і персоналу.

Застосування природних елементів заземлення можливо тільки в тому випадку, якщо виключається можливість нанесення їм будь-якої шкоди, внаслідок протікання по ним електричного струму.

Пікове значення напруги витоку і опір заземлювальної мережі повинно відповідати вимогам електробезпеки і забезпечувати надійний захист при будь-яких атмосферних явищах, і в будь-який час року. При розрахунку опору заземлюючих пристроїв, слід враховувати параметри всіх природних і штучних заземлювачів.

#### 4.4 Вимоги безпеки при експлуатації електроустановок

При експлуатації електроустановок іноді мають місце відхилення від нормального режиму роботи електроприводу, пов'язані з його перевантаженням, неправильним монтажем, недостатнім доглядом, проникненням всередину електродвигуна вологи, пилу, пошкодженням кабелю живлення. Ці відхилення можуть викликати простої електроустановки, аварії, які супроводжуються виникненням пожеж, ураженням людей електричним струмом та ін. Тому кожна електроустановка повинна бути забезпечена пристроями, що забезпечують її захист.

При роботі, пов'язаній з дотиком до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, необхідно зупинити



електродвигун і на його пусковому пристрої або ключі керування вивісити плакат «Не включати. Працюють люди».

При роботі з електродвигунами напругою вище 1000 В має бути знята напруга. Заземлення накладається на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

При роботі на механізмі, якщо вона не пов'язана з дотиком до обертових частин або якщо роз'єднана сполучна муфта, заземлювати живильний кабель електропривода не потрібно.

При роботі на електродвигуні напругою до 1000 В або приводиться ним у рух, зняття напруги і заземлення струмовідних жил кабелю слід виконувати.

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів і вентиляторів, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті і замкнені на замок засувки і шибери останніх, а також вжити заходів щодо гальмування роторів електродвигунів.

Огорожа обертових частин електродвигунів під час їх роботи знімати забороняється. Операції з вимикання і вмикання електродвигунів напругою вище 1000 В пусковою апаратурою з приводами ручного управління виробляються з ізолюючого підстави із застосуванням діелектричних рукавичок.

В одноосібно забороняється: проникати за огорожі, входити в камери РУ, виконувати будь-які роботи. Камери слід оглядати з порога або стоячи перед бар'єром.

Для кожного приміщення електроустановки має бути не менше двох комплектів ключів, один з яких є запасним. Ключі від приміщень РУ не повинні пасувати до дверей комірок і камер.

#### 4.5 Техніка безпеки при роботі в ремонтно-механічному цеху

Організація робіт з техніки безпеки в ремонтно-механічному цеху повинна відповідати вимогам закону України "Про охорону праці" та інших нормативних документах з питань охорони праці та техніки безпеки. Все керівництво роботою з охорони праці та техніки безпеки проводиться службою охорони праці фірми. Керівники цеху зобов'язані забезпечувати точне дотримання працівниками їх підрозділів інструкцій по техніці безпеки. У ремонтно-механічному цеху повинна вестися вся необхідна документація, передбачена правилами та інструкціями з охорони праці та техніки безпеки.

На виробничих дільницях повинні бути:

- інструкції з техніки безпеки за видами робіт і професій;
- інструкція з пожежної безпеки;
- плакати з надання першої (долікарської) допомоги при можливому травмуванні і отруєнні робочих;
- попереджувальні знаки з безпеки праці;
- засоби індивідуального захисту робітників;
- медичні аптечки.

У виробничих приміщеннях ремонтно-механічного цеху передбачені всі необхідні заходи щодо створення здорових і комфортних умов праці, полегшення його шляхом максимальної механізації та автоматизації виробничих процесів у всіх відділеннях і ділянках. Для підйому, переміщення і навантаження матеріалів, агрегатів і вузлів передбачена установка мостового електричного підвісного крана.

Компонування виробничих приміщень і розміщення устаткування в них відповідає вимогам норм технологічного проектування та інших нормативних документів. При цьому враховані такі положення вимог норм:

- раціонально використані виробничі площі з урахуванням правильного планування робочих місць біля обладнання з метою забезпечення безпечної роботи робітників і виконання ергономічних вимог;

- передбачені прямолінійні проходи і проїзди між обладнанням для проїзду внутрішньоцехового транспорту і зручного проходу працівників цехів при роботі, обслуговуванні та ремонті технологічного обладнання;

- розміщення устаткування і розташування внутріцехових приміщень виконані з урахуванням забезпечення нормального природного освітлення робочих місць;

- приміщення та пристрої, призначені для обслуговування трудящих, розташовані в безпосередній близькості від робочих місць. Відстані від робочих місць у виробничих будівлях до туалетів прийнято не більше 75 м.

Для забезпечення безпечних умов праці та попередження виробничого травматизму працюючих передбачені наступні заходи:

- планування ділянок і відділень виконана з урахуванням умов, що виключають зашарашеність робочих місць;

- організація робочих місць розроблена на підставі типових проектів організації праці на робочих місцях, ділянках і цехах;

- рухомі частини всіх механізмів огорожені кожухами;

- проєктована електрична мережа є трифазною 4-х провідною електричною мережею з глухозаземленою нейтраллю і, в якості міри, що забезпечує електробезпеку персоналу, застосовується захисне заземлення та занулення електроустановок (п.1.7.39 ПУЕ), а також зрівняння потенціалів в тих приміщеннях і установках, де застосовується заземлення та занулення (п.1.7.47 ПУЕ);

- вирівнювання потенціалів забезпечується приєднанням до мережі заземлення або занулення всіх виробничих і будівельних конструкцій, трубопроводів всіх призначень, металевих корпусів технологічного і сантехнічного обладнання і т.п.;

- для захисту від ураження електричним струмом персоналу, що обслуговує електроустановки, застосовуються основні (ізолюючі штанги, ізолюючі електровимірювальні кліщі і покажчики напруги, діелектричні рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками) і додаткові (діелектричні калоші і килимки, переносні заземлення, огороження і плакати) засоби безпеки;

- внутрішньоцеховий транспорт (автовантажувачі) обладнані пристроями звукової сигналізації, що попереджає про початок руху;

- пристрій теплової ізоляції елементів трубопроводів і обладнання з температурою поверхні понад 450 градусів С;

- інші заходи.

#### 4.6 Протипожежна безпека РМЦ

Пожежна безпека передбачає забезпечення безпеки людей і збереження матеріальних цінностей підприємства на всіх стадіях його життєвого циклу (наукова розробка, проектування, будівництво і експлуатація).

Основними системами пожежної безпеки є системи запобігання пожежі та протипожежного захисту, включаючи організаційно-технічні заходи.

Запобігання розповсюдженню пожежі забезпечується: пристроєм протипожежних перешкод (стіл, зон, поясів, захисних смуг, завіс і т.п.); встановленням гранично допустимих площ протипожежних відсіків і секцій; пристроєм аварійного відключення і перемикання апаратів і комунікацій; застосуванням засобів, що запобігають розлив пожежонебезпечних рідин під

час пожежі; застосуванням вогнеперегороджуючих пристроїв (вогнеприпинювачів, затворів, клапанів, заслінок і т.п.); застосуванням розривних запобіжних мембран на агрегатах і комунікаціях.

При визначенні вогнестійкості будівель і його елементів, а також при планувальних рішеннях всередині будівлі враховується вірогідність виникнення пожежі для даного типу виробництва.

Пожежна небезпека виробничих будівель визначається пожежною небезпекою технологічного процесу і конструктивно-планувальними рішеннями будівлі. Виходячи з пожежонебезпечних властивостей речовин і умов їх застосування або обробки будівельні норми і правила поділяють всі виробництва і склади по вибухо-і пожежонебезпеці на п'ять категорій, які позначають буквами: А і Б - вибухопожежонебезпечні; В, Г і Д - пожежонебезпечні.

РМЦ за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії В.

До пожежонебезпечної категорії В відносяться виробництва, пов'язані з використанням рідин з температурою спалаху парів вище  $61^{\circ}\text{C}$ ; горючих пилу, нижня межа займання яких більше  $65\text{ г/м}^2$ ; речовин, здатних горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одного з іншим; твердих горючих речовин і матеріалів.

Кожному виробництву присвоюється клас пожежонебезпеки, відповідно до якого повинен бути встановлений протипожежний режим.

Протипожежна система для виробництва повинна забезпечувати:

- швидкість реагування на загоряння або задимлення в будь-якому місці виробничого приміщення;
- швидкість оповіщення про пожежу;
- збереження нормального самопочуття людей під час евакуації;

- мінімізацію збитку, що наноситься матеріальним цінностям під час пожежогасіння;
- простоту прибирання після пожежогасіння для повернення до нормального виробничого процесу;
- відповідність методів пожежогасіння класу пожежонебезпеки підприємства.

Для проектування протипожежних систем необхідна ліцензія МНС.

#### 4.7 Розрахункове обґрунтування і вибір систем

##### 4.7.1. Розрахунок теплових надлишків в приміщенні

Джерелами тепловиділень в громадських приміщеннях є штучне освітлення, електроприлади, люди, що знаходяться в приміщенні, сонячне тепло, яке потрапляє через вікна і стіни.

Розрахунок виділення тепла від джерел штучного освітлення  $Q_{осв}$ , кВт, визначається по формулі

$$Q_{осв} = N\eta, \quad (4.1)$$

$$Q_{осв} = 5,4 \times 0,95 = 5,13 \text{ кВт}$$

де  $N$  - сумарна потужність джерел освітлення, кВт;  $\eta$  - коефіцієнт теплових витрат ( $\eta = 0,92...0,97$  для ламп накаливання,  $0,55$  - для люмінесцентних ламп).

Для розрахунку виділення тепла від комп'ютерних систем, радіотехнічних установок і пристроїв обчислювальної техніки використовується попередня формула (4.1), у якій  $\eta=0,3...0,5$  для радіотехнічних пристроїв і  $0,4...0,7$  для пристроїв обчислювальної техніки і комп'ютерних систем.

. Теплові виділення від електродвигунів можна визначити по формулі:

$$Q_{\text{дв}} = N_{\text{дв}}(1 - \eta_{\text{кпд}}) \quad (4.2)$$

$$Q_{\text{дв}} = 8 \times 30(1 - 0,98) = 4,8$$

де  $N_{\text{дв}}$  – номінальна потужність електродвигуна, кВт;  $\eta_{\text{кпд}}$  – к.п.д. електродвигуна.

Тепловиділення від однієї людини в залежності від температури повітря та інтенсивності роботи наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1-Тепловиділення від однієї людини в залежності від температури повітря та інтенсивності роботи наведені

Умови, що впливають на тепловиділення людей	$t_{\text{п}}, ^\circ\text{C}$	Тепловиділення, кВт/ч		
		Явне тепло	Скрите тепло	Загальне тепло
При легкій та середній фізичній праці (укомплектування приборів, шиття, виконання дослідницьких робіт та ін.	15	115	65	180
	20	90	85	175
	25	60	110	170
	30	40	130	170

Кількість тепла, що виділяється від однієї людини визначається за формулою

$$Q_{\text{л}} = nq, \text{ кВт}, \quad (4.3)$$

$$Q_{\text{л}} = 16 \times 170 = 2,7 \text{ кВт}$$

де  $q$  – кількість загального тепла, що виділяє одна людини, кВт;  $n$  – кількість людей в приміщенні.

Розрахунок кількості тепла, що надходить у приміщення від сонячної радіації:

- для зашкленних поверхонь

$$Q_{\text{оск}} = F_{\text{зас}} q_{\text{зас}} A_{\text{зас}} ; \quad (4.4)$$

$$Q_{\text{оск}} = 36 \times 200 \times 0,7 = 5 \text{ кВт}$$

- для покрить

$$Q_n = F_n q_n ; \quad (4.5)$$

$$Q_n = 300 \times 45 = 13,5 \text{ кВт}$$

де  $F_{\text{зас}}$ ,  $F_n$  - відповідно, площі поверхні зашклення і покриття,  $\text{м}^2$ ;  $q_{\text{зас}}$ ,  $q_n$  - відповідно, питомі тепловиділення від сонячної радіації,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , через  $1\text{м}^2$  поверхні зашклення (з урахуванням орієнтації по сторонах світу, табл.. 4.3) і через  $1\text{м}^2$  покриття ( $q_n = 21$  для географічної широти 45;  $q_n = 17$  для географічної широти 55 );  $A_{\text{зас}}$  - коефіцієнт характеру зашклення (табл.4.2).

З двох варіантів в якості розрахункового приймається той, де більша кількість тепловиділень.

Таблиця 4.2-Виділення тепла від сонячної радіації через зашклення  $q_{\text{зас}}$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$



Характер Засклення	При орієнтації засклення і географічній широті							
	Південь		Півд - Схід і Півд - Захід		Схід і Захід		Півн - Схід і Півн - Захід	
	45	55	45	55	45	55	45	55
Вікна з плетіннями: дерев'яними	145	145	128	145	145	170	75	75
металевими	185	185	165	185	185	200	95	95

Таблиця 4.3-Значення коефіцієнта  $A_{зас}$ 

№	Характер засклення, його стан	$A_{зас}$
1	Сильне забруднення	0,7
2	Забілювання вікон	0,6
3	Засклення з матовим склом	0,7

При розрахунках вони враховуються за допомогою коефіцієнту  $k$ , який вводиться в формулу (4.5).

Таблиця 4.4- Теплові надходження від сонячної радіації

Захисний пристрій	$K$
при шторах між віконними рамами	0,5

Продовження таблиці 4.4

при внутрішніх шторах на вікнах	0,4
жалюзі	0,5

Надлишки загальної теплоти, що підлягають виведенню з приміщення, представляють собою в тепловому балансі різницю між кількістю тепла, що надійшло і кількістю тепла, що було використане.

$$Q_{\text{надл}} = Q_z - Q_m, \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{надл}} = 26,33 - 2,3 = 24,03 \text{ кВт}$$

де  $Q_z$ - загальні теплові надходження в приміщення, кВт;  $Q_m$  - теплові витрати приміщення, які враховуються в тепловому балансі в холодну пору року, при різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря більше 5 °С.

Загальні теплові надходження в приміщення, визначають як суму зовнішніх і внутрішніх теплових потоків:

$$Q_z = Q_1 + Q_2, \quad (4.7)$$

$$Q_z = 18,5 + 7,83 = 26,33 \text{ кВт}$$

де  $Q_1$  – зовнішні теплові притоки, кВт;  $Q_2$  – внутрішні теплові притоки.

Для визначення зовнішніх теплових надходжень необхідно знати об'єм приміщення  $V$ :

$$Q_1 = qV + Q_{\text{оск}} + Q_n, \quad (4.8)$$

$$Q_1 = 40 \times 0,000003 + 5 + 13,5 = 18,5$$

де  $q$  – коефіцієнт тепловіддачі;  $q = 30$ , якщо не має сонця в приміщенні,  $q = 35$  – якщо частина вікон розташована з сонячної сторони;  $q = 40$  – якщо всі вікна розташовані з сонячної сторони.

Внутрішні теплові надходження в приміщення розраховуються за формулою:

$$Q_2 = Q_{kc} + Q_{ocv} + Q_l + Q_i \quad (4.9)$$

$$Q_2 = 5,13 + 2,7 = 7,83 \text{ кВт}$$

де  $Q_{kc}$  – виділення тепла від комп'ютерних систем;  $Q_l$  – виділення тепла від людей;  $Q_i$  – виділення тепла від інших приборів, які знаходяться в приміщенні наприклад холодильники ( $\eta=0,3$ ), електрочайники ( $\eta=0,3$ ), радіотехнічні пристрої та ін.

#### 4.7.2. Вибір систем кондиціонування

Для вибору кондиціонера необхідно визначити його потужність, яка забезпечить нормалізацію кліматичних умов в приміщенні.

Потужність кондиціонера можна визначити за формулою

$$L = k Q_{надл} ; \text{ кВт}, \quad (4.1)$$

$L = 1,1 \times 24,03 = 26,43$  де  $k$  – коефіцієнт, що враховує величину втрат холодопродуктивності кондиціонера,  $k = 1,1$  – якщо кондиціонер встановлений в приміщенні,  $k = 1,15$  – якщо кондиціонер встановлений поза приміщенням.

Визначивши необхідну потужність кондиціонера, з табл. 5.1 вибираємо тип кондиціонерів, який здатен забезпечити необхідні кліматичні умови.

Технічні характеристики деяких марок кондиціонерів різних виробників наведені у додатку (табл. А).

Таблиця 4.5.

---

Тип кондиціонера	Потужність охолодження в кВт							
	1.5	2	2.6	3.5	5.5	7	10	>13
Типова нумерація моделі	05	07	09	12	18	24		
Колонні кондиціонери						X	X	X
Канальні кондиціонери						X	X	X
Стелеві кондиціонери						X	X	X

Обираємо три канальні кондиціонери потужністю охолодження в 10,45 кВт кожен

Таблиця А

## Технічні характеристики основних марок побутових кондиціонерів

Спліт-системи	Потужність		Розміри ШхВхГ, мм	Кількість повітря, м <sup>3</sup> /год.	Рівень шуму, дБ	Площа приміщення, м <sup>2</sup>
	охолод ж., кВт	нагрівання, кВт				
1	2	3	4	5	6	7
Канальні						
CS-A34BD2P/CU-A34BPP5	10.45	11.2	1100x360x650	2100	47 / 45	до 105

Продовження таблиці А

CS- A43BD2P/CU- A43BBP8	13.0	14.2	1100x360x65 0	2400	50 / 49	до 130
CS- A50BD2P/CU- A50BBP8	14.5	15.7	1100x360x65 0	2700	52 / 51	до 145

Обираємо три кондиціонери марки CS-A34BD2P/CU-A34BBP5 потужністю 10,45 кВт для площі приміщення до 105 м<sup>2</sup>

1. Мукосеев Ю. Л. Электроснабжение промышленных предприятий / Ю. Л. Мукосеев. – М.: Энергия, 1973. – 584 с.
2. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Б.Ю. Липкин. – М.: Высшая школа, 1990. – 436 с.
3. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. И. Кудрин. – М.: ИнтернетИнжиниринг, 2006. – 669 с.
4. Коновалова Л.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Л.Л. Коновалова. – М.: Энергоатом, 1989. – 572 с.
5. Производство кабельной продукции – <https://www.sviaz-expro.ru/ru/ui/17158/>
6. Федоров А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
7. Данилов О. Л. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / О. Л. Данилов, П. А. Костюченко. – М.: Технопромстрой, 2006 – 668 с.
8. Шваб Л. І. Економіка підприємства / Л. І. Шваб. – К: Каравела, 2005 – 568 с.
9. Організація та обслуговування робочих місць – [https://pidru4niki.com/12631113/ekonomika/organizatsiya\\_obsługovuvannya\\_robocnih\\_mists#](https://pidru4niki.com/12631113/ekonomika/organizatsiya_obsługovuvannya_robocnih_mists#)
10. НПА ОП 28.7-1.01-07 ПРАВИЛА охраны труда для предприятий по производству кабельной продукции – <http://ohranatruda.in.ua/pages/1182/>

