

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка системи електропостачання механічного цеху**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Білик Д. М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабюк С. М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 23 » січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Білику Дмитру Мироновичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання механічного цеху

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2024 року № 4/7-50

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план заводу, технологічний план розташування обладнання, встановлена активна потужність цеху, потужність короткого замикання

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

Перелік електрообладнання механічного цеху. План цеху з розташуванням електроприймачів.

Принципова схема електричної мережі. Вибір автоматичних вимикачів. Вибір провідників

системи електропостачання механічного цеху. Розрахунок струмів короткого замикання.

Варіанти розвитку мережі електропостачання цеху. Схема конденсаторної установки для компенсації реактивної потужності.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	К.т.н., доцент Гурик О. Я.		

7. Дата видачі завдання 23 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2024	
2	Аналітичний розділ	28.02.2024	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2024	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2024	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2024	
6	Висновки	10.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2024	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Білик Д. М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Білик Дмитро Миронович. Розробка системи електропостачання механічного цеху.

Стор. – 66; рис. - 9; табл. - 12; джерел - 22; додатків - - .

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання механічного цеху.

В даній роботі здійснено розрахунок електричних навантажень цеху, обрано трансформатор та пристрій компенсації реактивної потужності цехової трансформаторної підстанції. Здійснено розрахунок та вибір апаратів захисту, встановлених на цеховий ТП та шинопроводах цеху. Виконано розрахунок та вибір кабельних ліній, шинопроводів та проводів системи електропостачання цеху.

Здійснено розрахунок струмів короткого замикання на лініях електропостачання цеху, на підставі якого виконано перевірку правильності вибору захисної апаратури.

У питаннях заходів безпеки буде здійснено розрахунок захисного заземлення цеху, а також розрахунок та вибір блискавкозахисту цеху.

Перелік ключових слів: ТРАНСФОРМАТОР, ГОЛОВНА ПОНИЖУВАЛЬНА ПІДСТАНЦЯ, ЦЕНТР ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПУНКТ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Економія електроенергії та підвищення продуктивності електроприводу	9
1.1.1 Енергозбереження в нерегульованому електроприводі	10
1.1.2 Енергозбереження в регульованому електроприводі	11
1.1.3 Реконструкція та модернізація виробництва засобами електроприводу	11
1.2 Підвищення конкурентоспроможності, продукції, що випускається	13
1.3 Висновки до розділу 1	16
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Вихідні дані для проектування	17
2.2 Коротка характеристика споживачів цеху	18
2.3 Схема і розведення електричної мережі	19
2.4 Розрахунок електричних навантажень цеху	21
2.5 Компенсація реактивної потужності	24
2.6 Вибір силових трансформаторів	25
2.7 Захист електричних мереж	27
2.8 Розрахунок та вибір автоматичних вимикачів	32
2.9 Розрахунок і вибір лінії електропостачання	35
2.10 Висновки до розділу 2	38
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Розрахунок струмів короткого замикання	39
3.2 Перевірка правильності вибору захисної апаратури	44
3.3 Техніко-економічний розрахунок	45

3.4 Розрахунок заземлення та блискавкозахисту	50
3.4.1 Розрахунок заземлювального пристрою	50
3.4.2 Розрахунок блискавкозахисного заземлення	53
3.5 Висновки до розділу 3	55
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	56
4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки	56
4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64

ВСТУП

Забезпечення надійного та ефективного електропостачання є критичним аспектом для функціонування будь-якого механічного заводу. В умовах постійного розвитку технологій та зростаючих вимог до енергоефективності, вирішення проблем, пов'язаних із системами електропостачання, стає актуальним завданням.

Механічні заводи в сучасному світі стикаються із зростаючими викликами у забезпеченні постійного та невідмовного електроживлення для своїх виробничих процесів. Нестабільність в роботі електромережі, енергетичні втрати та високі витрати на електроенергію вимагають розгляду та впровадження нових технологій для оптимізації системи електропостачання.

Мета даної дипломної роботи полягає в розробці та впровадженні вдосконаленої системи електропостачання для механічного заводу з метою забезпечення найвищого рівня надійності та ефективності виробничих процесів. Враховуючи сучасні стандарти енергозбереження та використання відновлювальних джерел енергії, ця робота спрямована на створення інтегрованої системи, що враховує всі аспекти сталого розвитку та оптимізації електропостачання механічного підприємства.

Сучасні промислові підприємства стикаються з рядом проблем у сфері електропостачання, що впливають на їхню ефективність, надійність та конкурентоспроможність. Декілька ключових проблем в електропостачанні промислових підприємств включають:

1. Нестабільність електромережі:

Нерідко промислові підприємства стикаються із нестабільністю в роботі електромережі, що може викликати перерви в електропостачанні. Це призводить до призупинення виробничих процесів, збитків у виробництві та втрати прибутку.

2. Високі витрати на електроенергію:

Ростучі витрати на електроенергію є серйозною проблемою для багатьох

промислових підприємств. Необхідно шукати шляхи оптимізації та зменшення витрат на енергію для забезпечення фінансової стабільності підприємства.

3. Енергетичні втрати:

Великі енергетичні втрати під час передачі та розподілу електроенергії можуть призводити до неефективного використання ресурсів та збільшення витрат.

4. Неадекватна інфраструктура:

Застаріла чи неадекватна інфраструктура електромережі може обмежувати можливості розвитку підприємства та впровадження сучасних технологій.

5. Вплив на довкілля:

Недостатність розвинутих систем управління викидами та використання відновлювальних джерел енергії може призводити до негативного впливу на довкілля та викликати проблеми у відповідності до екологічних стандартів.

6. Споживання ресурсів:

Промислові підприємства потребують значних обсягів енергії, іноді неефективно використовуючи її та витрачаючи природні ресурси.

Для вирішення цих проблем важливим є розробка та впровадження нових технологій, вдосконалення систем управління енергією та реалізація стратегій енергоефективності. Дослідження та розробка системи електропостачання механічного заводу може внести вагомий внесок у вирішення цих проблем та покращення стану енергетичної інфраструктури промислових підприємств.

Обрана тема має велике значення, оскільки вдосконалення систем електропостачання сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства, зменшенню енергетичних витрат та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Об'єктом дослідження є механічний цех промислового підприємства.

Предметом дослідження є електрообладнання механічного цеху.

Мета випускної кваліфікаційної роботи- Спроекувати систему електропостачання механічного цеху важкого машинобудування.

Завдання роботи:

- визначити електричні навантаження характерних груп електроприймачів та вузлів навантажень, а також проектованого цеху в цілому;
- визначити структуру системи електропостачання цеху;
- вибрати спосіб транспортування електричної енергії системи розподілу цеху;
- вибрати конструктивне виконання електроустановок та типів електрообладнання.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Економія електроенергії та підвищення продуктивності електроприводу

В даний час основним споживачем електроенергії, порядку 80% від виробленої електроенергії, є електропривод. Частка асинхронного електроприводу в приводі машин і механізмів становить близько 75% і цей відсоток постійно збільшується [1-3].

Така тенденція пов'язана з тим, що з одного боку, застосування сучасних електропровідних та ізоляційних матеріалів у виробництві асинхронних двигунів дозволяє підвищувати його енергетичні характеристики, тим самим, забезпечуючи економію електроенергії в традиційних областях застосування асинхронних двигунів.

З іншого боку, сучасний рівень розвитку електроніки, що забезпечує виробництво недорогих, надійних, швидкодіючих, простих в експлуатації перетворювачів частоти, став основою для впровадження регульованого електроприводу, що дозволяє економити електроенергію, за рахунок більш точного урахування особливостей роботи виконавчих механізмів і поліпшення умов роботи самого асинхронного двигуна. Розвинені і різноманітні пристрої візуалізації, можливість спільної роботи з комп'ютером, яка забезпечує зручну диспетчеризацію, облік і аналіз споживання електроенергії.

Простота введення в експлуатацію перетворювачів частоти дозволяє замовнику частково або повністю автоматизувати своє виробництво своїми силами (малими витратами), тобто значно підвищити продуктивність, знизити кількість співробітників та необхідного обладнання на одиницю продукції.

Можливість швидкого налаштування параметрів (параметрування), врахування особливостей роботи приводного механізму, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс програмного забезпечення і можливість налаштування режимів роботи on-line за допомогою програмного осцилографа, дозволяє

урізноманітнити споживчі властивості виробленого споживачем обладнання, тобто значно збільшити номенклатуру виробленого обладнання, та його конкурентоспроможність.

1.1.1 Енергозбереження в нерегульованому електроприводі

Величезна частка електроенергії, що переробляється асинхронним електроприводом, посилює вимоги до ефективності роботи самого асинхронного двигуна.

Завдяки застосуванню сучасних магніто-і електропровідних матеріалів, і виходячи з досвіду проектування асинхронних двигунів, виробляється і поставляються електродвигуни з підвищеним коефіцієнтом корисної дії потужністю до 90 кВт включно.

У найбільш широко застосовуваних двигунах малої потужності збільшення ККД становить 7-10% в порівнянні з стандартними. Оскільки в реальних умовах тривале навантаження двигунів рідко становить 100% номінального, і частіше двигуни тривало експлуатуються при менших до 75% від номінального навантаженнях, двигуни класу EFF1 спроектовані таким чином, що в межах від 75 до 100% номінальної потужності величина ККД практично однакова [1-3].

Економія електроенергії, яка досягається застосуванням даних електродвигунів, оцінюється до 40% за термін служби двигуна. Максимальний термін окупності додаткової вартості - 1-3 роки.

Високий ККД досягається зниженням втрат, що означає менше нагрівання двигуна. Це в свою чергу приводить до поліпшення умов роботи ізоляції та підшипникових вузлів, знижуючи загальні експлуатаційні витрати, рівень шуму, завдяки застосуванню менш потужних, отже, менш гучних вентиляторів [1-3].

1.1.2 Енергозбереження в регульованому електроприводі

Системи електроприводу водопостачання, теплопостачання, вентиляції, характеризуються циклічністю роботи. Навіть протягом дня навантаження на двигун може коливатися в межах 80% [1-3].

Суть енергозбереження регулюванням електроприводу, в системах з коливається навантаженням, полягає у споживанні в кожен момент потужності, необхідної для роботи приводного механізму в даний момент.

Досягається це регулюванням електроприводу за допомогою перетворювачів частоти. Перетворювач частоти, таким чином змінює співвідношення напруги і частоти живлення двигуна, що двигун споживає в даний момент потужність, яка відповідає необхідній потужності на навантаженні. Зміна споживаної потужності можливо виконати вручну з пульта керування перетворювача, або автоматично за допомогою зворотного зв'язку від датчиків тиску, витрат і т.п. Наявність вбудованих регуляторів для датчиків, панелей керування з індикацією технологічного параметра, вбудованим температурним захистом, захистом від перенапруги і максимальних струмів, функції безпечної зупинки робить підключення перетворювачів до існуючих систем приводу доступною для більш-менш кваліфікованого персоналу.

Економія електроенергії при цьому оцінюється від 35 до 65%. Одночасно заощаджується вода, тепло – оціночно до 15%. [1-3]

Додаткової економії електроенергії в електроприводі з цикловим навантаженням можна домогтися за допомогою тонкої настройки перетворювача частоти при якій електродвигун працює з оптимальним ККД в широкому діапазоні зміни величини навантаження і швидкості.

1.1.3 Реконструкція та модернізація виробництва засобами електроприводу

Очевидно, що конкурентоспроможність підприємства безпосередньо залежить від енергоємності, продуктивності і надійності технологічного обладнання.

Повна заміна старого обладнання на нове, будучи найбільш ефективним рішенням при реконструкції, вимагає великих інвестицій. Іншим, менш капіталомістким напрямком, є модернізація технологічного процесу власними засобами.

Основні технічні проблеми при такому підході можуть бути сформульовані як:

- модернізація технологічного обладнання з метою підвищення продуктивності і зменшення кількості працівників, зайнятих в технологічному циклі;
- підвищення завантаження технологічного обладнання з метою зниження питомих витрат на одиницю продукції;
- дообладнання технологічних процесів, введенням в технологічний процес допоміжного обладнання з метою оптимізації виробництва;
- підвищення надійності технологічного обладнання, виключення аварійних зупинок з метою зниження витрат на ремонт і втрат від простоїв.

Простота введення в експлуатацію перетворювачів частоти, наявність декількох рівнів параметрування:

- заводська настройка;
- швидка настройка з уточненням параметрів двигуна;
- тонка настройка, для обліку всіх статичних і динамічних особливостей технологічного процесу,

дає можливість частково або повністю автоматизувати технологічні процеси.

Виробництво і постачання надійних, економічних редукторів і мотор-редукторів в складі комплектного автоматизованого електропривода (запрограмованими у відповідності з технічним завданням замовника) робить можливим автоматизувати і модернізувати технологічне обладнання власними силами підприємства економлячи значні ресурси.

Цілі модернізації підйомно-транспортного і кранового господарства, верстатного парку, пакувальних і фасуючих машин, млинів, міксерів,

екструдерів – підвищення продуктивності, економія електроенергії, збільшення терміну служби, зменшення експлуатаційних витрат – досягаються плавними пусками і гальмуванням з керованим прискоренням, плавним регулюванням швидкості в широкому діапазоні, плавному реверсі, точному позиціонуванні, роботою в мережі в багатомоторному режимі, точне і чітке реагування на раптові зміни характеру навантаження.

Дообладнання виробництв транспортними роботами, які здійснюють міжопераційні і межділянкові зв'язки підйомно-висувними столами значно скорочує час простою в роботі.

Виготовлення візків і столів не представляє труднощів, а автоматизувати їх можна застосовуючи комплектний електропривод.

Іншим напрямком забезпечення високої продуктивності при мінімальних капітальних витратах є реконструкція технологічних ліній. На багатьох підприємствах, наприклад, металургійного виробництва, джерелом напруги електродвигунів (як правило, електродвигунів постійного струму) рольгангів і станів прокатки є електромашинні перетворювачі, керування здійснюється за допомогою аналогових засобів. Метою реконструкції в цьому випадку є заміна систем керування на цифрові (більш точні), двигуни постійного струму на асинхронні двигуни, керовані перетворювачами частоти.

1.2 Підвищення конкурентоспроможності, продукції, що випускається

Зростання вартості енергоносіїв, посилення екологічних вимог, підвищення вимог до споживчих якостей робить економічно недоцільним купувати не автоматизоване обладнання.

Реконструкція системи електропостачання з використанням автоматизованого електроприводу може призвести до численних переваг, які впливають на ефективність, надійність та управління системою. Деякі з ключових переваг включають:

1. Енергоефективність:

Автоматизовані системи дозволяють ефективно управляти витратами енергії шляхом оптимізації роботи обладнання та регулювання його робочих параметрів відповідно до потреб в реальному часі. Це призводить до зменшення витрат електроенергії та підвищення енергоефективності системи.

2. Гнучкість та адаптабельність:

Автоматизовані системи можуть легко адаптуватися до змін в виробничих процесах та потребах, що робить їх гнучкими та здатними відповідати вимогам різних завдань та сценаріїв роботи.

3. Точність та надійність:

Використання автоматизованого електроприводу дозволяє забезпечити точність та стабільність в роботі обладнання, що в свою чергу підвищує загальну надійність системи та якість виробництва.

4. Зменшення витрат на ремонт та обслуговування:

Автоматизовані системи мають вбудовані механізми моніторингу та діагностики, що дозволяють вчасно виявляти потенційні проблеми та запобігати аваріям. Це зменшує витрати на ремонт та планове обслуговування.

5. Зменшення втрат часу та виробничих зупинок:

Автоматизовані системи реагують на зміни у виробничих умовах та відновлюють оптимальний режим роботи швидше, що дозволяє уникнути зупинок виробництва та забезпечити стабільність процесів.

6. Інтеграція з іншими системами:

Автоматизовані електроприводи легко інтегруються з іншими системами автоматизації та виробничого управління, створюючи єдину ефективну інфраструктуру для управління та моніторингу всіх процесів.

7. Безпека працівників:

Автоматизовані системи можуть виконувати небезпечні або монотонні завдання, зменшуючи ризик для працівників та покращуючи загальні умови праці.

8. Можливість дистанційного керування:

Автоматизовані системи дозволяють віддалене керування та моніторинг, що забезпечує можливість відстежувати та контролювати роботу системи з будь-якої точки світу.

Комплектні електроприводи дозволяють здійснювати плавний пуск, з керуванням прискорення, плавне регулювання швидкості в заданому діапазоні, реверс, точне позиціонування (за допомогою датчиків зворотного зв'язку по швидкості), при обмеженні перевантажувальних моментів і струмів, що важливо, наприклад, для кранового електроприводу.

Можливість здійснювати плавні пуски і гальмування, зупинки з високою точністю, керувати роботою електромагнітного гальма, працювати в мережі з іншими асинхронними двигунами, дозволять застосовувати комплектні електроприводи у ліфтах і підйомники, що з одного боку спрощує систему керування, з іншого боку підвищує комфортність.

Наявність швидкодіючого обчислювального пристрою, що здійснює оперативний контроль за роботою приводу в реальному часі, дозволяє реагувати на раптові зміни характеру навантаження, зменшувати динамічні навантаження, кількість обертів, здійснювати реверс механізму, тим самим запобігаючи руйнування як самого двигуна так і приводного механізму. Режими роботи характерні для бурових механізмів.

Завдяки векторному керуванню електродвигуном можна здійснювати пропуск частот, небажаних для роботи електроприводу, задати високі темпи розгону і гальмування, високу точність позиціонування, здійснити циклічний режим роботи. Режими характерні для автоматизованих ліній обробки, оброблювальних центрів, станків.

Можливість параметрування декількох незалежних наборів параметрів з переходом на інший набір в режимі on-line, забезпечення високого пускового моменту, дозволяє застосовувати асинхронний привід з векторним керуванням для приводу центрифуг, млинів, міксерів.

1.3 Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто питання економії електроенергії та підвищення продуктивності електроприводу.

Реалізація автоматизованого електроприводу в системі електропостачання при реконструкції може значно покращити її продуктивність та ефективність, забезпечуючи сучасний та енергоефективний рівень функціонування.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вихідні дані для проектування

У кваліфікаційній роботі бакалавра необхідно розробити систему електропостачання механічного цеху промислового підприємства.

Даний цех отримує електропостачання від головної понижувальної підстанції (ГПП) заводу. Відстань від ГПП до цехової трансформаторної підстанції (ТП) – 1.2 км. Напряга 10 кВ.

Споживачі цеху відносяться до 2 та 3 категорії надійності електропостачання, працюють у нормальному навколишньому середовищі. Кількість робочих змін – 2.

Каркас будівлі механічного змонтований із блоків – секцій завдовжки 6 метрів кожен. Розміри цеху А х В х Н = 48 х 30 х 9 метрів. Допоміжні, побутові та службові приміщення – двоповерхові, висотою 4 м.

Перелік електрообладнання цеху представлений у табл. 1.1. Потужність електроспоживання (P_{EP}) вказана одного електроприймача.

Розташування основного обладнання показано на плані, наведеному на рис 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік електрообладнання механічного цеху.

№ на плані	Найменування електрообладнання	P_{EP} , кВт	К-сть n, шт.
1 – 5	Шліфувальні верстати	88,5	5
6, 16, 18 – 20	Верстати для обдирки типу $PT - 341$	45	5
17	Кран бруківка	60 кВА	1
21 – 23, 29 – 31	Верстати для обдирки типу $PT - 250$	35	6
24 – 28, 34 – 36	Анодно-механічні верстати типу $ME - 31$	18,4	8
7 – 15	Анодно-механічні верстати типу $ME - 12$	10	9
32	Вентилятор витяжний	28	1
33	Вентилятор припливний	30	1

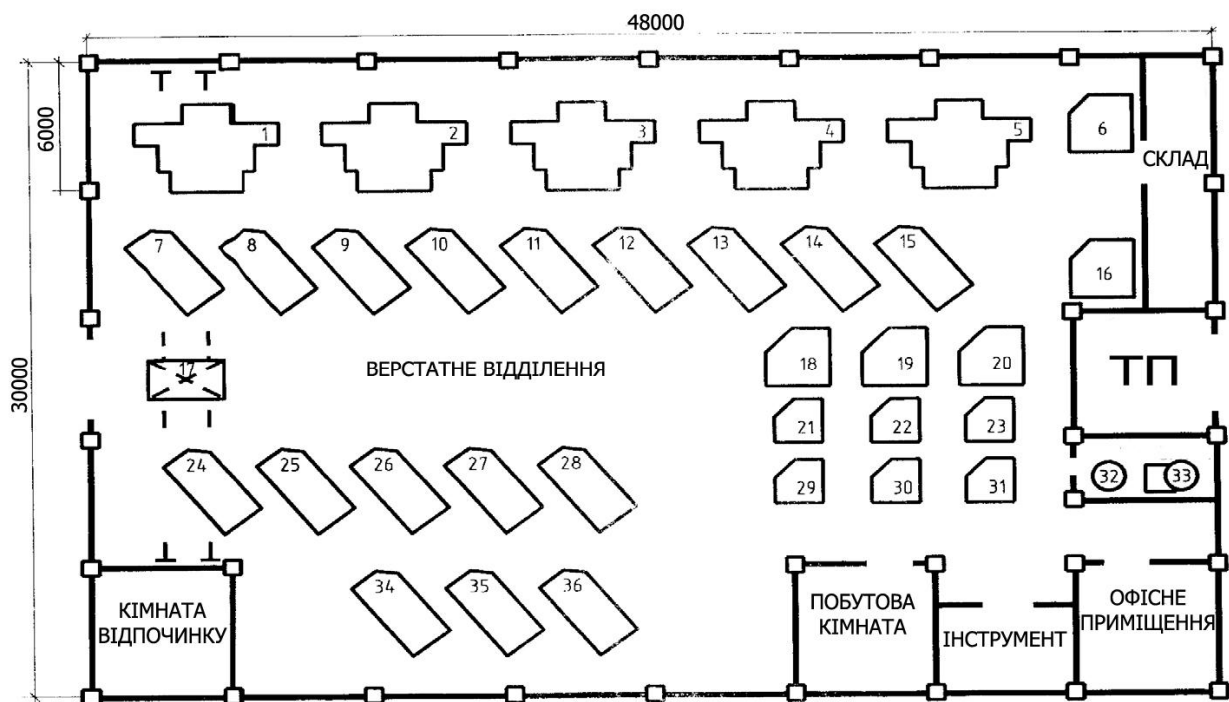


Рисунок 1.1 – Розташування основного обладнання цеху

2.2 Коротка характеристика споживачів цеху

Механічний цех призначений для серійного виробництва виробів. Він є великим допоміжним цехом заводу машинобудування та виконує замовлення основних цехів. Верстатне відділення виконує підготовчі операції (обдирку) виробів для подальшої обробки їх на анодно-механічних верстатах.

Для цієї мети в цеху встановлено основне обладнання: обдирні, шліфувальні, анодно-механічні верстати та ін.

По напрузі електроприймачі розрізняють на низьковольтні та високовольтні. Низьковольтні - напруга становить до 1000 В, і високовольтні - напругою понад 1000 В.

Все електрообладнання в механічному цеху відноситься до споживачів низької напруги, тому що всі установки працюють від мережі 220/380 В.

За родом струму розрізняють електроприймачі, що працюють від:

- а) мережі змінного струму промислової частоти 50 Гц;
- б) мережі змінного струму підвищеної чи зниженої частоти;

в) мережі постійного струму.

У цеху все електрообладнання є електроприймачами середньої потужності.

За режимом роботи електроприймачі ділять на три групи:

а) тривалий режим - це режим, у якому електричні машини працюють тривалий час, при цьому не перегріваючись;

б) повторно-короткочасний режим - це режим, в якому робочі періоди роботи чергуються з паузами, а тривалість усього циклу не перевищує 10 хв.;

в) короткочасний режим - це режим, у якому робочий період не так тривалий, щоб температури окремих частин машини могли досягти встановленого значення, період зупинки машини настільки тривалий, щомашина встигає охолонути до температури навколишнього середовища.

У механічному цеху усі електроустановки працюють лише у тривалому режимі.

2.3 Схема і розведення електричної мережі

Вид схеми електропостачання залежить від розташування електроприймачів:

а) Якщо електроприймачі розташовані впорядковано, вибирається магістральна схема, яка виконується шинопроводами. Кількість трансформаторів залежить від категорії електроприймачів:

1) перша категорія – $n > 2$;

2) друга категорія – $n < 2$;

3) третя категорія – $n = 1$.

Якщо підстанція двотрансформаторна, то навантаження на трансформатори мають бути рівномірними.

б) Якщо електроприймачі розташовані невпорядковано, то вибирається радіальна схема, яка виконується кабелями, що йдуть від розподільних пунктів.

в) Також існує змішана схема – це коли частина електроприймачів запитується від розподільчих пунктів, а інша частина – від шинопроводу.

Оскільки в механічному цеху електроприймачі розташовані впорядковано, то проектування вибираємо магістральну схему електропостачання.

Електроприймачі механічного цеху відносяться до 2 та 3 категорії надійності, отже, для проектування вибираємо однострансформаторну цехову ТП із введенням резерву на секцію шин низької напруги (НН) від цехової ТП іншого цеху.

Принципова схема електричної мережі цеху представлена на рис. 2.2.

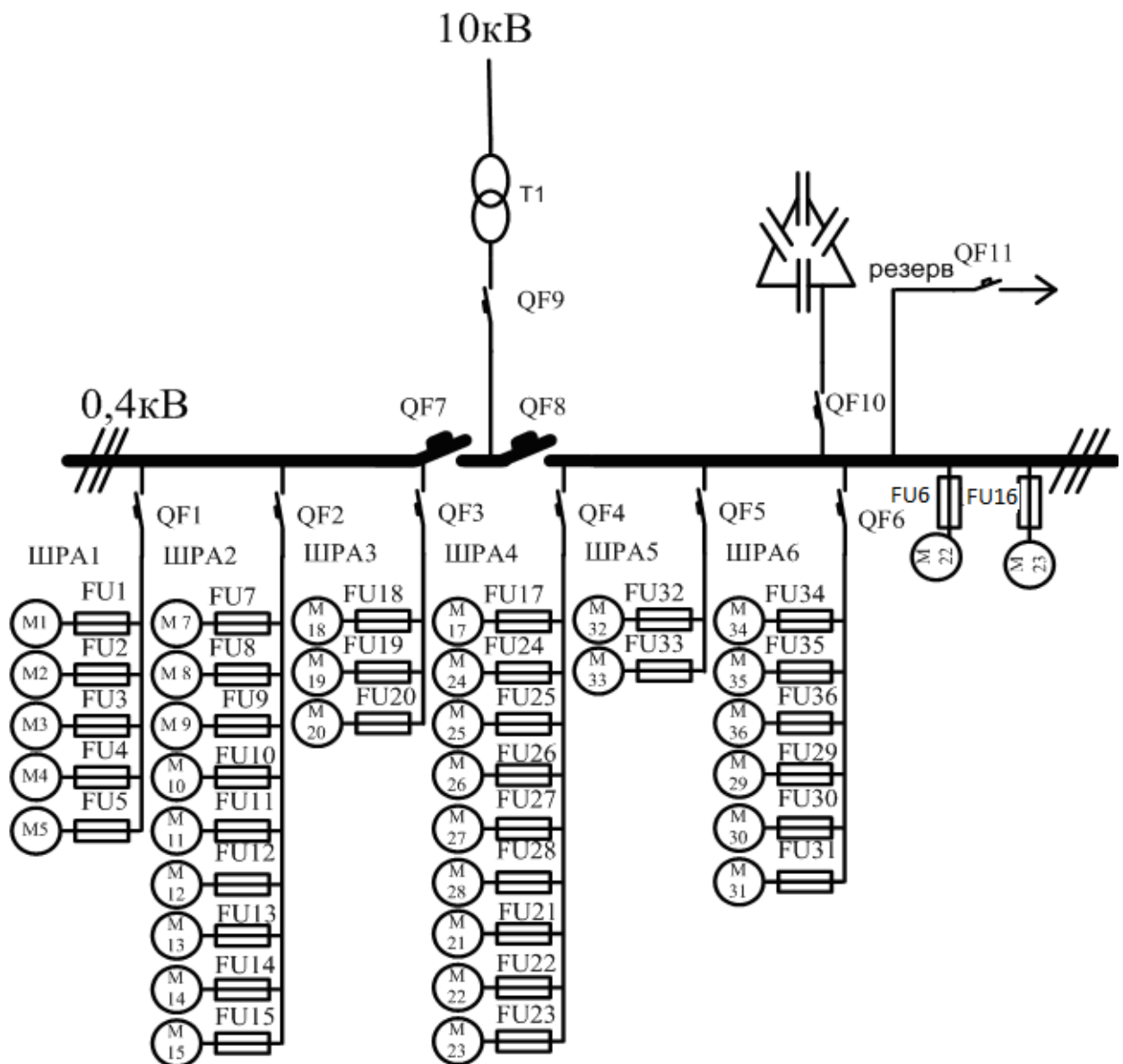


Рисунок 2.2 – Принципова схема електричної мережі

2.4 Розрахунок електричних навантажень цеху

Розрахунок електричних навантажень ведеться за рівнями проектування.

Перший рівень – розрахунок навантажень по кожному розподільчому пункту чи шинопроводу.

Другий рівень – розрахунок навантажень на шинах НН ТП.

Третій рівень – розрахунок навантажень на шинах НН ГПП.

Четвертий рівень – визначення потужності, що генерується в даному районі.

Розрахунок електричних навантажень у цеху ведеться шляхом коефіцієнта максимуму. Це основний метод розрахунку електричних навантажень, який зводиться до визначення максимальних (P_M , Q_M , S_M) розрахункових навантажень групи електроприймачів.

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

$$Q_M = K'_M \cdot Q_{CM},$$

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

де P_M – максимальне активне навантаження, $кВт$;

Q_M – максимальне реактивне навантаження, $кВАр$;

S_M – максимальне повне навантаження, $кВА$;

K_M – коефіцієнт максимуму активного навантаження;

K'_M – коефіцієнт максимуму реактивного навантаження;

P_{CM} – середня активна потужність за найбільш навантажену зміну, $кВт$;

Q_{CM} – середня реактивна потужність за найбільш навантажену зміну, $кВАр$.

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H,$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де K_B – коефіцієнт використання електроприймачів, визначається з [5];

P_H – номінальна активна групова потужність, що наведена до тривалого режиму, без урахування резервних електроприймачів, κBm ;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності.

Коефіцієнт максимуму активного навантаження визначається за таблицями (графіками) [5] або визначається за формулою:

$$K_M = F(K_B, n_e),$$

$$K_M = 1 + \frac{1,5}{n_e} \sqrt{\frac{1 - K_{B.cep}}{K_{B.cep}}}$$

де n_e – ефективна кількість електроприймачів, яка може бути визначена за спрощеними варіантами [5]

$$n_e = F(n, m, K_{B.cep}, P_H)$$

де $K_{B.cep}$ – середній коефіцієнт використання групи електроприймачів,

n – фактичне число електроприймачів групи;

m – показник силової зборки групи.

$$m = \frac{P_{H.нб}}{P_{H.нм}}$$

де $P_{H.нб}$, $P_{H.нм}$ – номінальні приведені до довготривалого режиму, активні потужності електроприймачів найбільшого та найменшого в групі, κBm .

Коефіцієнт максимуму реактивного навантаження відповідно до практики проектування приймається [5]:

$$K'_M = 1,1 \text{ при } n_e < 10; K'_M = 1 \text{ при } n_e > 10.$$

Максимальний розрахунковий струм групи електроприймачів:

$$I_M = \frac{S_V}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$$

Розрахунки зведено до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 –Зведена відомість навантажень механічного цеху

Найменування РП та струмоприймачів	Навантаження встановлене							Середнє навантаження за зміну						Навантаження максимальне			
	$P_H,$ кВт	n	$P_{н\sigma},$ кВт	K_B	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	m	$P_{CM},$ кВт	$Q_{CM},$ кВАр	$S_{CM},$ кВА	n_e	K_M	K'_M	$P_M,$ кВт	$Q_M,$ кВАр	$S_M,$ кВА	$I_M,$ А
ШРА-1																	
Шліфувальний верстат №1-№5	88.5	5	442.5	0.14	0.5	1.73		61.95	107.3	123.9							
ВСЬОГО по ШРА-1	88.5	5	442.5	0.14	0.5	1.73	<3	61.95	107.3	123.9	5	2.94	1.1	182.13	118.03	217.03	330.14
ШРА-2																	
Анодно-механічні верстати №7-№15	10	9	90	0.14	0.5	1.73		12.6	21.82	25.2							
ВСЬОГО по ШРА-2	10	9	90	0.14	0.5	1.73	<3	12.6	21.82	25.2	9	2.27	1.1	28.6	24	37.34	56.8
ШРА-3																	
Обдирні верстати №18-№20	45	3	135	0.17	0.65	1.17		22.95	26.83	35.31							
ВСЬОГО по ШРА-3	45	3	135	0.17	0.65	1.17	<3	22.95	26.83	35.31	3	2.94	1.1	67.47	29.51	73.64	112.02
ШРА-4																	
Анодно-механічні верстати №24-№28	18.4	5	92	0.14	0.5	1.73		12.88	22.31								
Обдирні верстати №21-№23	35	3	105	0.17	0.65	1.17		17.85	20.87								
Кран балка № 17	60	1	60	0.1	0.5	1.73		6	10.39								
ВСЬОГО по ШРА-4	-	9	257	0.14	0.57	1.46	>3	36.73	53.57	64.95	8	2.39	1.1	87.78	58.93	105.73	160.83
ШРА-5																	
Вентилятор витяжний	28	1	28	0.6	0.8	0.75		16.8	12.6								
Вентилятор припливний	30	1	30	0.6	0.8	0.75		18	13.5								
ВСЬОГО по ШРА-5	-	2	58	0.6	0.8	0.75	<3	34.8	26.1	43.5	2	1.33	1.1	46.28	28.71	54.46	82.84
ШРА-6																	
Обдирні верстати №29-№31	35	3	105	0.17	0.65	1.17		17.85	20.87								
Анодно-механічні верстати №34-№36	18.4	3	55.2	0.14	0.5	1.73		7.73	13.39								
ВСЬОГО по ШРА-6	---	6	160.2	0.16	0.6	1.34	<3	25.58	34.25	42.74	6	2.56	1.1	65.48	37.68	75.55	114.92
ШРА																	
Обдирні верстати типу РТ-341 №6, №16	45	2	90	0.17	0.65	1.17		15.3	17.89	23.54							
ВСЬОГО по ШРА	45	2	90	0.17	0.65	1.17	<3	15.3	17.89	23.54	2	4.78	1.1	73.13	19.68	75.73	115.19
ВСЬОГО на ШНН		36			0.59	1.37		209.91	287.77	356.14				550.87	316.54	635.34	

2.5 Компенсація реактивної потужності

Компенсуючі пристрої (КУ) призначені для компенсації реактивної потужності та реактивних параметрів передачі електричних мереж.

На промислових підприємствах застосовують такі КУ:

- для компенсації реактивної потужності - синхронні двигуни і батареї силових конденсаторів, що паралельно включаються;
- для компенсації реактивних параметрів передачі батареї силових конденсаторів послідовного включення.

Через свою простоту експлуатації, простоту монтажних робіт внаслідок малої маси, а також малими втратами активної потужності на вироблення реактивної на промислових підприємствах для компенсації реактивної потужності широке застосування знайшли конденсатори, а також складені з них батареї та конденсаторні установки.

Компенсація реактивної потужності (КРМ) є невід'ємною частиною задачі електропостачання. КРМ як поліпшує якість електроенергії в мережах, а й одна із основних способів скорочення електроенергії.

Розрахункова реактивна потужність компенсуючого пристрою визначається із співвідношення:

$$Q_{KV} = P_{CM} \cdot (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_K)$$

де P_{CM} – середнє навантаження за зміну, *кВт*;

$\operatorname{tg} \varphi$, $\operatorname{tg} \varphi_K$ – коефіцієнти реактивної потужності до та після компенсації.

Компенсацію реактивної потужності з досвіду експлуатації здійснюють до отримання $\cos \varphi_K = 0,92.. 0,95$.

Приймаємо $\cos \varphi_K = 0,95$, звідки $\operatorname{tg} \varphi_K = 0,33$.

Значення P_{CM} , $\operatorname{tg} \varphi$ визначаються за таблицею 2.2.

Визначаємо розрахункову реактивну потужність компенсуючого пристрою:

$$Q_{KV} = 209,91 \cdot (1,37 - 0,33) = 218,3 \text{ кВАр.}$$

За отриманим значенням Q_{KV} як компенсуючий пристрій вибираємо комплектну конденсаторну установку типу $УКЛ(П)Н-0,38-216-108УЗ$, звідки стандартне значення потужності компенсуючого пристрою:

$$Q_{K.cm} = 1 \times 216 = 216 \text{ кВАр}$$

Фактичні значення $\text{tg } \varphi_\phi$ та $\cos \varphi_\phi$ після компенсації реактивної потужності визначаються за формулами^

$$\text{tg } \varphi_\phi = \frac{Q_{CM} - Q_{K.cm}}{P_{CM}},$$

$$\cos \varphi_\phi = \cos(\text{arctg } \varphi_\phi).$$

Визначаємо фактичні значення $\text{tg } \varphi_\phi$ та $\cos \varphi_\phi$:

$$\text{tg } \varphi_\phi = \frac{287,77 - 216}{209,91},$$

$$\cos \varphi_\phi = \cos(\text{arctg } 0,34) = 0,94.$$

2.6 Вибір силових трансформаторів

Силові трансформатори класифікують:

- за умовами роботи - на трансформатори, призначені для роботи в нормальних та спеціальних умовах;
- по виду ізолюючого охолоджуючого середовища - на масляні, сухі, заповнені рідким негорючим діелектриком та з литою ізоляцією;
- за типами, що характеризують призначення та основне конструктивне виконання (однофазні або трифазні), наявність та спосіб регулювання напруги тощо.

Силові трансформатори мають такі основні параметри:

- номінальна потужність;
- номінальна напруга обмоток;
- умовні позначення схем та груп з'єднання обмоток;

- вид перемикання відгалужень (РПН – перемикання під навантаженням, ПБВ – перемикання без збудження);
- втрати холостого ходу (ХХ) та короткого замикання (КЗ);
- напруга КЗ;
- струм ХХ на основному відгалуженні.

З попередніх розрахунків, для вибору трансформаторів, складаємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведена відомість навантажень

Параметр	$\cos \varphi_\phi$	$\operatorname{tg} \varphi_\phi$	$P_M, \text{кВт}$	$Q_M, \text{кВАр}$	$S_M, \text{кВА}$
Усього на ШНН без КУ	0.59	1.37	550.87	316.54	635.34
КУ				1 x 216	
Усього на ШНН з КУ	0.94	0.34	550.87	100.54	560
Втрати			11.2	56	57.11
Усього ВН з КУ			562.07	156.54	583.46

Як було встановлено, відповідно до категорії електропостачання цехова ТП є однострансформаторною.

Визначаємо втрати потужності в трансформаторі відповідно до співвідношення [5]:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{M.HH},$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{M.HH},$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2}.$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 560 = 11,2 \text{ кВт};,$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 560 = 56 \text{ кВАр},$$

$$\Delta S_T = \sqrt{11,2^2 + 56^2} = 57,11 \text{ кВА}.$$

Отримані дані занесемо до табл. 2.3

Максимальна активна, реактивна та повна потужності цеху зі сторони високої напруги:

$$P_{M.BH} = P_{M.HH} + \Delta P_T;$$

$$Q_{M.BH} = Q_{M.HH} + \Delta Q_T;$$

$$S_{M.BH} = \sqrt{\Delta P_{M.BH}^2 + \Delta Q_{M.BH}^2}.$$

$$P_{M.BH} = 550,87 + 11,2 = 562,07 \text{ кВт};$$

$$Q_{M.BH} = 100,54 + 56 = 156,54 \text{ кВАр};$$

$$S_{M.BH} = \sqrt{562,07^2 + 156,54^2} = 583,46 \text{ кВА}.$$

Отримані дані занесемо до табл. 2.3

Визначаємо розрахункову потужність трансформатора з урахуванням втрат та з компенсацією реактивної потужності:

$$S_T \geq S_P = S_{M.BH} = 583,46 \text{ кВА}.$$

На підставі наведеного розрахунку вибираємо для установки на цеховій ТП трансформатор $TM - 630 / 10 / 0,4$.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів визначається за формулою [5]:

$$K_3 = \frac{S_{M.HH}}{n \cdot S_T},$$

де n – кількість трансформаторів.

$$K_3 = \frac{560}{1 \cdot 630} = 0,89.$$

Для однострансформаторних цехових ТП коефіцієнт завантаження трансформатора становить $K_3 = 0,9 - 0,95$ [5], отже, для проектованої цехової ТП трансформатор обраний правильно.

2.7 Захист електричних мереж

При експлуатації електромереж тривалі перевантаження проводів і кабелів, короткі замикання, викликають підвищення температури струмопровідних жил більше допустимої. Це призводить до передчасного зносу їхньої ізоляції, наслідком чого може бути пожежа, вибух у вибухонебезпечних приміщеннях, ураження персоналу.

Для запобігання цьому лінія електропостачання має апарат захисту, що відключає пошкоджену ділянку.

Апаратами захисту є: автоматичні вимикачі, запобіжники з плавкими вставками (плавкі запобіжники) та теплові реле, що вбудовуються у магнітні пускачі.

Плавкий запобіжник – це комутаційний апарат, який внаслідок розплавлення одного або більше спеціально спроектованих і каліброваних елементів розмикає ланцюг, в який він увімкнений, і відключає струм, коли він перевищує задану величину протягом достатнього часу.

Запобіжники з плавкими вставками є найпростішими та найдешевшими апаратами захисту, що вимагають малої витрати матеріалів на виготовлення. Основне їх призначення – захист від струмів КЗ.

Плавкі запобіжники поряд з простотою пристрою та малою вартістю мають низку істотних недоліків:

- не можуть захищати лінію від навантаження, оскільки допускають тривале навантаження до моменту плавлення;
- не завжди забезпечують вибірковий захист у мережі внаслідок розкиду їх характеристик;
- при КЗ трифазної лінії можливе перегорання одного з трьох запобіжників і лінія залишається в роботі на двох фазах.

Автоматичний вимикач - це механічний комутаційний апарат, здатний включати, пропускати та відключати струми при нормальному стані ланцюга, а також включати, витримувати протягом заданого часу та автоматично відключати струми в аномальному стані ланцюга, тобто автоматичні вимикачі - це апарати захисту, які спрацьовують під час перевантаження і струмах КЗ в лінії, що захищається.

Чутливими елементами автоматичних вимикачів є розчіплювачі. У загальному вигляді розчіплювач – це пристрій, механічно пов'язаний з автоматичним вимикачем (або вбудований в нього), який звільняє пристрій, що утримує в механізмі автоматичного вимикача і викликає автоматичне спрацьовування вимикача.

Розчіплювачі бувають теплові, електромагнітні та напівпровідникові. Теплові спрацьовують при навантаженнях, електромагнітні – при КЗ, напівпровідникові - як при навантаженнях, так і при КЗ.

На підставі всього викладеного у випускній кваліфікаційній роботі приймаємо рішення: для захисту електроприймачів цеху застосувати запобіжники із плавкими вставками, для захисту шинопроводів та секційного обладнання ТП – автоматичні вимикачі (див. рис. 2).

У промисловості широке застосування знайшли запобіжники типу ПН-2, і виходячи з цього, у випускній кваліфікаційній роботі для захисту електроприймачів цеху приймаємо до встановлення запобіжники даного типу.

Розрахунок та вибір запобіжників проводиться за струмом його плавкої вставки [5].

Для лінії без електродвигунів (ЕД):

$$I_{ec} \geq I_{mp}$$

де I_{ec} – струм плавкої вставки, А;

$I_{довг}$ – довготривалий струм у лінії, А.

Для лінії з ЕД:

$$I_{ec} \geq \frac{I_n}{\alpha},$$

де I_n – пусковий струм ЕД, А;

α – коефіцієнт тяжкості пуску.

$\alpha = 1,6$ – для лінії з ЕД та важким пуском,

$\alpha = 2,5$ – для лінії з ЕД та легким пуском.

Пусковий струм ЕД

$$I_{II} = K_{II} \cdot I_{н.д}$$

де K_{II} – коефіцієнт кратності пускового струму ЕД;

$I_{н.д}$ – номінальний струм ЕД, А.

Коефіцієнт кратності пускового струму приймається рівним:

$K_{II} = 5..7$ – для асинхронних ЕД;

$K_{II} = 2..3$ - для синхронних ЕД та машин постійного струму.

Номінальний струм ЕД:

$$I_{н.д} = \frac{P_{д}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.д} \cdot \cos \varphi},$$

де $P_{д}$ – потужність ЕД, $кВт$;

$U_{н.д}$ – номінальна напруга ЕД, $кВ$.

Для лінії до зварювального апарату:

$$I_{вс} \geq 1,2 \cdot I_{зв} \cdot \sqrt{TB}$$

де $I_{зв}$ – струм зварювального апарату, A ;

TB – тривалість включення, %.

Для лінії до розподільних пристроїв (розподільних пунктів або шинопроводів):

$$I_{вс} \geq \frac{I_n + I_{мп}}{2,5}$$

де I_n – пусковий струм найбільшого за потужністю ЕД групи електроприймачів, A ;

$I_{мп}$ – тривалий струм в інших лініях, A .

З розрахунку струму плавких вставок вибираються запобіжники:

$$I_{н.л} \geq I_{вс}$$

де $I_{н.л}$ – номінальний струм запобіжника, A .

Вибрані запобіжники перевіряються за селективністю спрацьовування захисту та надійністю.

Перевірка на надійність у режимі КЗ:

$$I_{кз} \geq 3 \cdot I_{н.л}$$

де $I_{кз}$ – струм к.з. в лінії, що захищається, A .

Зробимо розрахунок і виконаємо вибір запобіжників для схеми, представленої на рис. 2.2. Дані зведемо до табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Вибір запобіжників

Позначення апарату захисту	Найменування електроприймача	$P_{НОМ},$ кВт	$\cos \varphi$	$I_{НОМ},$ А	$K_{П}$	$I_{П},$ А	α	$I_{П}/\alpha,$ А	Марка запобіжника	$I_{вим},$ кА
FU1...FU5	Шліфувальний верстат №1.	88.5	0.5	269.24	5	1346.2	2.5	538.48	ПН-2 600/600	25
FU6, FU16	Обдирний верстат №6, №16	45	0.65	105.31	5	526.55	2.5	210.62	ПН-2 400/250	40
FU7...FU15	Анодно-механічний верстат №7.	10	0.5	30.42	5	152.1	2.5	60.84	ПН-2 100/80	10
FU17	Кран балка №17	60	0.5	182.54	5	912.7	1.6	570.44	ПН-2 600/600	25
FU18...FU20	Обдирний верстат №18. №20	45	0.65	105.31	5	526.55	2.5	210.62	ПН-2 400/250	40
FU21...FU23	Обдирний верстат №21.	35	0.65	81.91	5	409.53	2.5	163.82	ПН-2 200/200	10
FU24...FU28	Анодно-механічний верстат №24.	18.4	0.5	55.98	5	279.89	2.5	111.96	ПН-2 200/125	10
FU29...FU31	Обдирний верстат №29.	35	0.65	81.91	5	409.53	2.5	163.82	ПН-2 200/200	10
FU32	Вентилятор витяжний №32	28	0.8	53.24	5	266.2	1.6	166.38	ПН-2 200/200	10
FU33	Вентилятор припливний №33	30	0.8	57.04	5	285.21	1.6	178.26	ПН-2 200/200	10
FU34...FU36	Анодно-механічний верстат №34.. №36	18.4	0.5	55.98	5	279.89	2.5	111.96	ПН-2 200/125	10

2.8 Розрахунок та вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі є найбільш досконалими апаратами захисту, надійними, що спрацьовують при перевантаженнях і КЗ в лінії, що захищається.

Найбільш сучасними автоматичними вимикачами є вимикачі серії "ВА". Приймаємо до встановлення автоматичні вимикачі серії ВА88. Дані автоматичні вимикачі призначені для проведення струму в нормальному режимі та відключення струму при КЗ, перевантаженнях, неприпустимих зниженнях напруги у трифазних електричних мережах змінного струму напругою 400В та частотою 50Гц.

Для вибору автоматичного вимикача потрібно знати струм у лінії, де він встановлений. Автоматичні вимикачі встановлені для захисту секційного обладнання ТП, захисту шинопроводів та компенсувального пристрою.

Струм відразу після трансформатора [5]:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{H.T}},$$

де S_T БТ – номінальна потужність трансформатора, kVA ;

$U_{H.T}$ – номінальна напруга трансформатора, kV .

Приймається $U_{H.T} = 0,4 kV$.

Струм у лінії до розподільного пристрою (РП):

$$I_{m.РП} = \frac{S_{m.РП}}{\sqrt{3} \cdot U_{m.РП}},$$

де $S_{m.РП}$ – максимальна розрахункова потужність РП, kVA ;

$U_{m.РП}$ – номінальна напруга РП, kV .

Приймається $U_{m.РП} = 0,38 kV$.

Вибір автоматичних вимикачів здійснюється за тепловим та електромагнітним розчіплювачами.

По тепловому розчеплювачу автоматичні вимикачі вибираються відповідно до умов [5]:

$$U_{н.а} \geq U_m,$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,1 \cdot I_m$$

де $U_{н.а}$ – номінальна напруга автомата, В;

U_m – номінальна напруга мережі, В;

$I_{н.а}$ – номінальний струм автомата, А;

$I_{н.р}$ – номінальний струм розчіплювача, А;

I_m – максимальний струм у лінії, А.

По електромагнітному розчеплювачу автоматичні вимикачі вибираються згідно з струмом відски [5]:

$$I_e \geq 1,25 \cdot I_{нік},$$

де $I_{нік}$ – піковий струм, А.

$$I_{нік} = I_{н.нб} + I_m - I_{н.нб}$$

де $I_{н.нб}$ – пусковий струм найбільшого за потужністю ЕД, А;

I_m – максимальний струм групи, А;

$I_{н.нб}$ – номінальний струм найбільшого в групі ЕД, А.

При виборі автоматичних вимикачів, що встановлюються в лініях з КУ, має виконуватися умова [5]:

$$I_e \geq 1,35 \cdot \frac{Q_{к.у.}}{\sqrt{3} \cdot U_l}$$

де $Q_{к.у.}$ – потужність конденсаторної установки, кВАр;

U_l – напруга в лінії, кВ.

Результати розрахунку та вибір автоматичних вимикачів для схеми рис 2.2 представлені в таблиці 2.5 та на рис. 2.3.

Таблиця 2.5 – Вибір автоматичних вимикачів

Позначення апарату захисту	Найменування кола захисту	Тип АВ	S_M , кВА	I_M , А	$1,1 \cdot I_M$, А	$I_{н.р}$, А	$I_{н.а}$, А
$QF7, QF8, QF9, QF11$	Секція шин ПН ТП	ВА88-43	630	910.4	1001	1250	1600
$QF1$	ШРА-1	ВА88-37	217.03	330.14	363.15	400	400
$QF2$	ШРА-2	ВА88-32	37.34	56.8	62.48	63	125
$QF3$	ШРА-3	ВА88-33	73.64	112.02	123.22	125	160
$QF4$	ШРА-4	ВА88-35	105.73	160.83	176.91	200	250
$QF5$	ШРА-5	ВА88-32	54.46	82.84	91.12	100	125
$QF6$	ШРА-6	ВА88-33	75.55	114.92	126.41	160	160
$QF10$	КУ	ВА88-40	216 кВАр	---	427.14	500	800

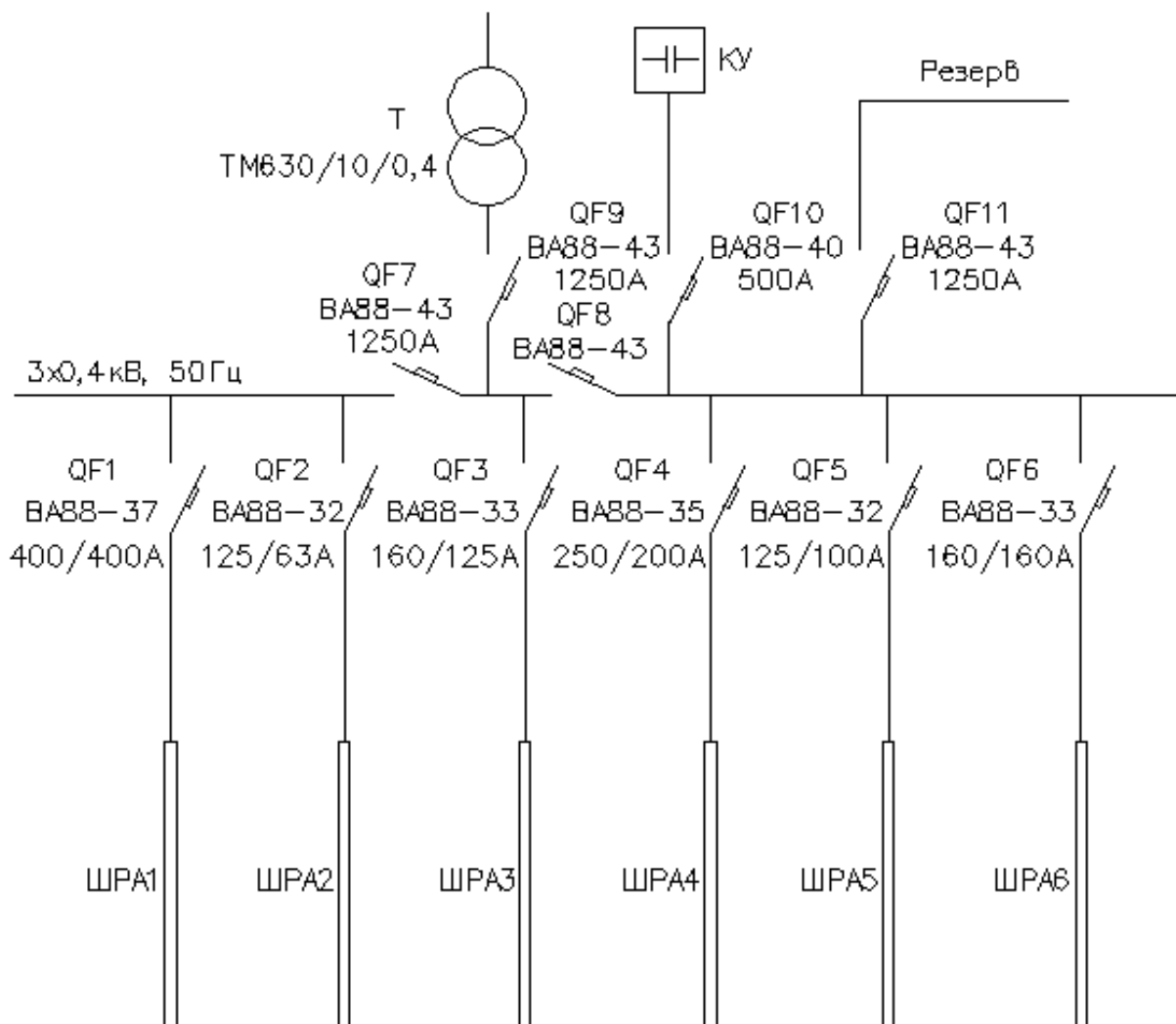


Рисунок 2.3 – Вибір автоматичних вимикачів

2.9 Розрахунок і вибір лінії електропостачання

Для лінії, захищеної автоматично з комбінованим розчеплювачем, умова вибору провідника [5]:

$$I_{доп} \geq K_{зах} \cdot I_{y(П)} = K_{зах} \cdot K_{y(ТР)} \cdot I_{н.р}$$

де $I_{доп}$ – допустимий струм провідника, А;

$K_{зах}$ – коефіцієнт захисту;

$K_{y(ТР)}$ – кратність уставки теплового розчіплювача;

$I_{н.р}$ – номінальний струм розчіплювача автоматичного вимикача, А.

Для лінії, захищеної запобіжником:

$$I_{доп} \geq K_{зах} \cdot I_{вст}$$

де $I_{вст}$ – струм плавкою вставки запобіжника, А.

Коефіцієнт захисту $K_{зах}$ приймається рівним [5]:

- а) для вибухо- та пожежонебезпечних приміщень $K_{зах} = 1,25$;
- б) для нормальних (небезпечних) приміщень $K_{зах} = 1$;
- в) для запобіжників без теплових реле в лінії $K_{зах} = 0,33$.

Приміщення проєктованого механічного цеху є сухими приміщеннями з нормальною зоною небезпеки та відсутністю механічних пошкоджень, у зв'язку з чим приймемо такі рішення:

- а) для електропостачання шинопроводів та КУ використовувати кабель марки АВВГ, спосіб прокладання - у повітрі, коефіцієнт захисту $K_{зах} = 1$;
- б) для електропостачання електроприймачів цеху використовувати провід марки АПВ, спосіб прокладання - приховано, в сталевих трубах, коефіцієнт захисту $K_{зах} = 0,33$;

Вибір перерізу провідників проводиться на підставі розрахунку та згідно з ПУЕ [6]. Зробимо розрахунок та вибір провідників для схем, представлених на рисунках 2.2 та 2.3. Дані зведемо до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір провідників

Траса прокладки лінії	$K_{y(TP)}$	$I_{дод.розч},$ A	$I_{дон},$ A	Марка кабелю
QF1 - ШРА-1	1.25	500	552	3хАВВГ 4х120
QF2 - ШРА-2	1.25	78.75	82.8	АВВГ 4х35
QF1 - ШРА-3	1.25	156.25	156.4	АВВГ 4х95
QF1 - ШРА-4	1.25	250	257.6	2хАВВГ 4х70
QF1 - ШРА-5	1.25	125	128.8	АВВГ 4х70
QF1 - ШРА-6	1.25	200	216.2	АВВГ 4х150
QF10 - КУ	1.25	625	705	3хАВВГ 3х150
ШРА-1 (FU1 ÷ FU5) - FU6	-	198	200	4хАПВ (1х120)
ШРА-2 (FU7 ÷ FU15) FU16	-	82.5	85	4хАПВ (1х35)
ШРА-2 (FU7 ÷ FU15) FU16	-	26.4	30	4хАПВ (1х6)
ШРА-3 (FU18 ÷ FU20) FU17	-	82.5	85	4хАПВ (1х35)
ШРА-4 (FU21 ÷ FU23) FU17	-	198	200	4хАПВ (1х120)
ШРА-4 (FU24 ÷ FU28) FU17	-	66	70	4хАПВ (1х25)
ШРА-5 (FU32) FU17	-	41.25	55	4хАПВ (1х16)
ШРА-5 (FU33) FU17	-	66	70	4хАПВ (1х25)
ШРА-6 (FU29 ÷ FU31) FU17	-	66	70	4хАПВ (1х25)
ШРА-6 (FU34 ÷ FU36) FU17	-	41.25	55	4хАПВ (1х16)

Розрахунок шинопроводів проводиться з урахуванням одночасності роботи всіх електроприймачів, підключених до даного шинопроводу, звідки формула для розрахунку має вигляд:

$$I_{p.ш} = \frac{P_{н.Σ}}{\sqrt{3} \cdot U_c \cdot \cos \varphi}$$

$I_{p.ш}$ – розрахунковий струм шинопроводу, A ;

$P_{н.Σ}$ – сумарна активна потужність всіх електроприймачів, kW ;

U_c – напруга мережі, kV , $U_c = 0,38kV$;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності на шинопроводі.

Проводимо розрахунок та оберемо шинопроводи [5]. Дані для розрахунку беремо з табл. 2.2. Результати розрахунку та вибір шинопроводів для схем, представлених на рисунках 2.2 та 2.3, зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Вибір шинопроводів

Позначення шинопроводу	$P_{н.Σ},$ кВт	$I_{р.ш},$ А	$\cos\varphi$	Тип шинопроводу	$I_{дон},$ А
ШРА-1	442.5	1346.2	0.5	ШМА 4–1600–44–У3	1600
ШРА-2	90	273.8	0.5	ШРА 4–400–32–У3	400
ШРА-3	135	315.9	0.65	ШРА 4–400–32–У3	400
ШРА-4	257	685.8	0.57	ШМА 4–1250–44–У3	1250
ШРА-5	58	110.3	0.8	ШРА 4–250–32–У3	250
ШРА-6	160.2	406.15	0.6	ШРА 4–630–32–У3	630

Вибір силових кабелів і шинопроводів для системи електропостачання проєктованого механічного цеху представлений на рис. 2.4.

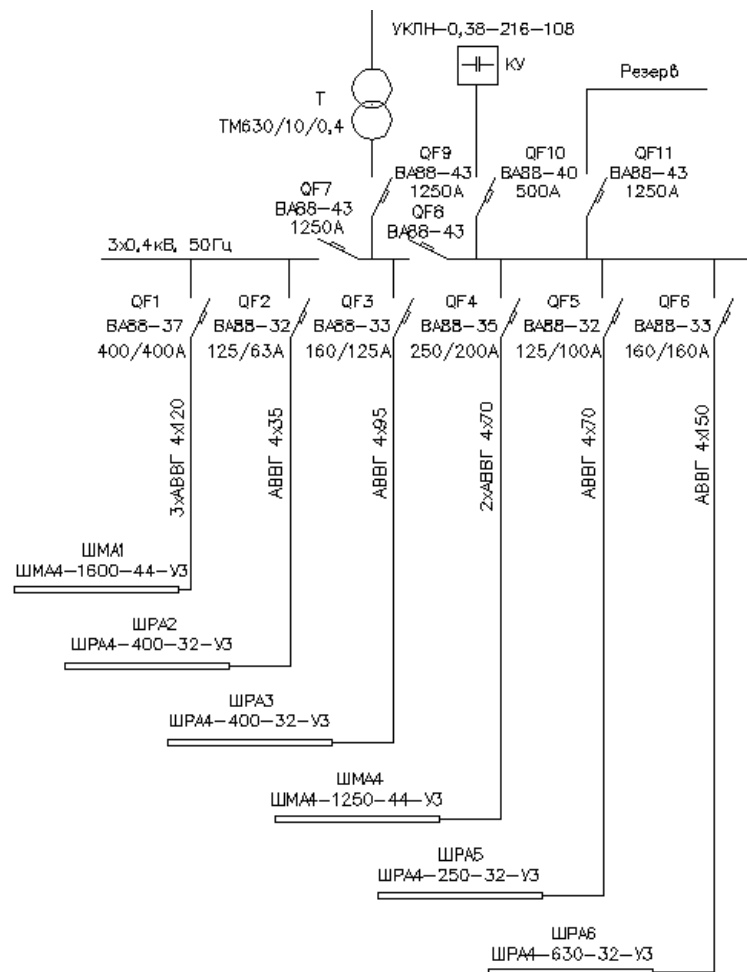


Рисунок 2.4 – Вибір провідників системи електропостачання механічного цеху.

2.10 Висновки до розділу 2

В даному розділі розглянуто вихідні дані для проектування. Даний цех отримує електропостачання від головної понижувальної підстанції (ГПП) заводу. Відстань від ГПП до цехової трансформаторної підстанції (ТП) – 1.2 км. Напруга 10 кВ. Споживачі цеху відносяться до 2 та 3 категорії надійності електропостачання, працюють у нормальному навколишньому середовищі. Кількість робочих змін – 2.

Дано коротку характеристика споживачів цеху. Механічний цех призначений для серійного виробництва виробів. Він є великим допоміжним цехом заводу машинобудування та виконує замовлення основних цехів. Верстатне відділення виконує підготовчі операції (обдирку) виробів для подальшої обробки їх на анодно-механічних верстатах.

Електроприймачі механічного цеху відносяться до 2 та 3 категорії надійності, отже, для проектування вибираємо однострансформаторну цехову ТП із введенням резерву на секцію шин низької напруги (НН) від цехової ТП іншого цеху.

Здійснено розрахунок електричних навантажень цеху, на підставі яких здійснено розрахунок та вибір силового трансформатора та пристроїв компенсації реактивної потужності цехової ТП.

Здійснено розрахунок та вибір апаратів захисту, встановлених на цеховий ТП та шинопроводах цеху. Виконано розрахунок та вибір кабельних ліній, шинопроводів та проводів системи електропостачання цеху.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок струмів короткого замикання

Коротким замиканням (КЗ) називають всяке випадкове чи навмисне, не передбачене нормальним режимом роботи, електричне з'єднання різних точок електроустановки, у яких струми у гілках електроустановки різко зростають, перевищуючи максимальний допустимий струм тривалого режиму.

У системі трифазного змінного струму можуть бути замикання між трьома фазами (трифазні КЗ), між двома фазами (двофазні КЗ) та однофазні КЗ.

Трифазні КЗ є симетричними, тому що в цьому випадку всі фази знаходяться в однакових умовах. Решта КЗ є несиметричними, оскільки за кожному їх фази перебувають над однакових умов і значення струмів і напруг у тому мірою спотворюються.

Найбільш поширеним видом КЗ є однофазні КЗ у мережах із глухо- та ефективно заземленою нейтраллю. Значно рідше виникають подвійні замикання на землю, тобто одночасне замикання на землю різних фаз у різних точках мережі, що працює із ізольованою нейтраллю.

Розрахунковим видом КЗ для вибору чи перевірки параметрів електрообладнання зазвичай вважають трифазні КЗ. Однак для вибору або перевірки уставок захисту та автоматики потрібне визначення та несиметричних струмів КЗ

Розрахунок струмів короткого замикання проводиться для найбільш потужних та віддалених електроприймачів. Виходячи з плану розташування електрообладнання (рис. 2.1) визначаємо, що найбільш потужним і віддаленим від цехової ТП електроприймачем є шліфувальний верстат № 1, і, відповідно, для нього і робимо розрахунок струмів КЗ.

Для складання схеми електропостачання шліфувального верстата № 1 виходячи з розмірів цеху визначаємо довжини провідників ліній електропостачання верстата:

- довжина лінії $QF1$ – ШМА-1, кабель $3 \times ABBГ 4 \times 120$: $l_1 = 5 м$;
- довжина шинопроводу ШМА-1: $l_{III} = 54 м$;
- Довжина лінії ШМА-1 – шліфувальний верстат № 1, $l_2 = 10 м$.

Складаємо схему електропостачання шліфувального верстата № 1 та визначаємо точки КЗ: К.1 – секція шин НН цехової ТП, К.2 – найбільш віддалена точка шинопроводу ШМА-1, К.3 – електродвигун шліфувального верстата № 1 (рис. 2.5).

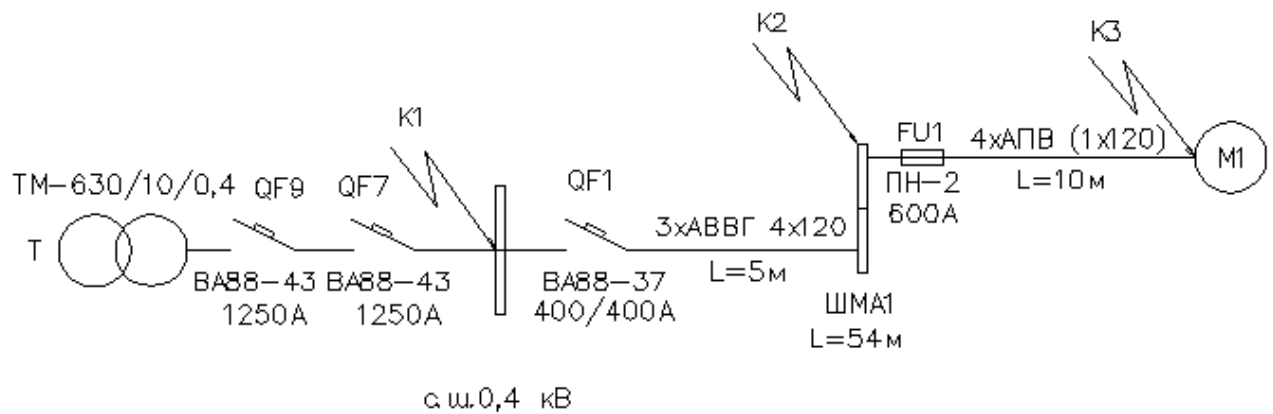


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема електропостачання

З розрахункової схеми (рис. 3.1) складаємо еквівалентну схему заміщення (рис. 3.2).

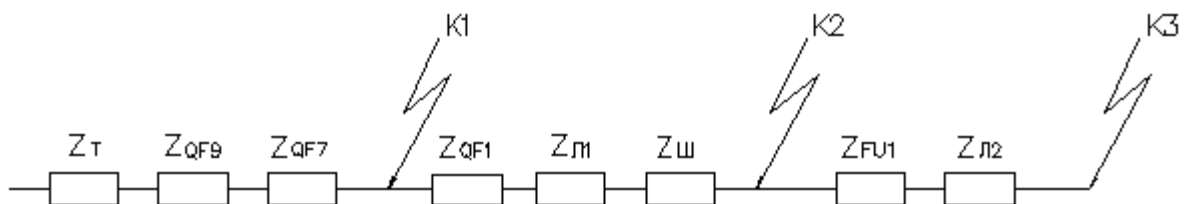


Рисунок 3.2 – Еквівалентна схема заміщення

Опір схеми заміщення.

- опору трансформатора $TM - 630 / 10 / 04$ [5]:

$$R_T = 3,1 мОм; \quad X_T = 13,6 мОм; \quad 2T = 14,0 мОм; \quad Z_T^{(1)} = 128,0 мОм;$$

- опору автоматичних вимикачів [5]:

$$QF9 - 1250 A; R_{QF9} = 0,14 мОм; X_{QF9} = 0,08 мОм; Z_{QF9} = \sqrt{R_{QF9}^2 + X_{QF9}^2} = 0,16 мОм;$$

$$QF7 - 1250 \text{ A}; R_{QF7} = 0,14 \text{ мОм}; X_{QF7} = 0,08 \text{ мОм}; Z_{QF9} = \sqrt{R_{QF7}^2 + X_{QF7}^2} = 0,16 \text{ мОм};$$

$$QF1 - 400 \text{ A}; R_{QF1} = 0,65 \text{ мОм}; X_{QF1} = 0,17 \text{ мОм}; Z_{QF9} = \sqrt{R_{QF9}^2 + X_{QF9}^2} = 0,67 \text{ мОм};$$

- опору лінії l_1 (QF1 - ШМА-1), кабель $3 \times ABBГ 4 \times 120$ [5]:

$$r_{0,l1} = 0,28 \text{ мОм} / \text{ м}; x_{0,l1} = 0,08 \text{ мОм} / \text{ м}; R_{l1} = 3 \cdot r_{0,l1} \cdot l_1 = 3 \cdot 0,28 \cdot 5 = 4,2 \text{ мОм};$$

$$X_{l1} = 3 \cdot x_{0,l1} \cdot l_1 = 3 \cdot 0,08 \cdot 5 = 1,2 \text{ мОм}; Z_{l1} = \sqrt{R_{l1}^2 + X_{l1}^2} = 4,37 \text{ мОм};$$

- опір шинопроводу ШМА-1 типу ШМА 4-1600 [5]:

$$r_{0,u} = 0,03 \text{ мОм} / \text{ м}; x_{0,u} = 0,014 \text{ мОм} / \text{ м}; R_u = r_{0,u} \cdot l_u = 0,03 \cdot 54 = 1,62 \text{ мОм};$$

$$X_u = x_{0,u} \cdot l_u = 0,014 \cdot 54 = 0,76 \text{ мОм}; Z_u = \sqrt{R_u^2 + X_u^2} = 1,79 \text{ мОм};$$

- опір запобіжника FU1 на струм 600 А [5]:

$$R_{FU1} = 0,15 \text{ мОм};$$

- опір лінії l_2 (FU1 – шліфувальний верстат № 1), провід у трубі $4 \times АПВ (1 \times 120)$ [5]:

$$r_{0,l2} = 0,28 \text{ мОм} / \text{ м}; x_{0,l2} = 0,08 \text{ мОм} / \text{ м}; R_{l2} = 3 \cdot r_{0,l2} \cdot l_2 = 0,28 \cdot 10 = 2,8 \text{ мОм};$$

$$X_{l2} = 3 \cdot x_{0,l2} \cdot l_2 = 0,08 \cdot 10 = 0,8 \text{ мОм}; Z_{l2} = \sqrt{R_{l2}^2 + X_{l2}^2} = 2,91 \text{ мОм};$$

Розрахунок струмів трифазного короткого замикання.

а) Обчислюємо опори до точки короткого замикання К.1

$$R_{K1} = R_T + R_{QF9} + R_{QF7} = 3,1 + 0,14 + 0,14 = 3,38 \text{ мОм};$$

$$X_{K1} = X_T + X_{QF9} + X_{QF7} = 13,6 + 0,08 + 0,08 = 13,76 \text{ мОм};$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{3,38^2 + 13,76^2} = 14,17 \text{ мОм};$$

б) Обчислюємо опори до точки короткого замикання К.2

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{QF1} + R_{l1} + R_{III} = 3,38 + 0,65 + 4,2 + 1,62 = 9,85 \text{ мОм};$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{QF1} + X_{l1} + X_{III} = 13,76 + 0,17 + 1,2 + 0,76 = 15,89 \text{ мОм};$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{9,85^2 + 15,89^2} = 18,69 \text{ мОм};$$

в) Обчислюємо опір до точки короткого замикання К.3

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{FU1} + R_{l2} = 9,85 + 0,15 + 2,8 = 12,8 \text{ мОм};$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{L2} = 15,89 + 291 = 18,8 \text{ мОм};$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{12,8^2 + 18,8^2} = 22,74 \text{ мОм};$$

г) Обчислюємо струми трифазного КЗ у точках К.1, К.2, К.3

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 14,17} = 16,32 \text{ кА}$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 18,69} = 11,75 \text{ кА}$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_K}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22,74} = 9,66 \text{ кА}.$$

Розрахунок струмів двофазного короткого замикання.

Зробимо розрахунок струмів двофазного КЗ у точках К.1, К.2, К.3

$$I_{K1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K1}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 16,32 = 14,12 \text{ кА};$$

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K2}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 11,75 = 10,16 \text{ кА};$$

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K3}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 9,66 = 8,36 \text{ кА}.$$

Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.

а) Опір петлі «фаза-нуль» у точці К.1

$$Z_{П1} = Z_T + Z_{QF9} + Z_{QF7} = 14,0 + 0,16 + 0,16 = 14,32 \text{ мОм}$$

б) Опір петлі «фаза-нуль» у точці К.2

1) активний, реактивний та повний опір лінії l_1 :

$$R_{Л1}^1 = 2 \cdot R_{Л1} = 2 \cdot 4,2 = 8,4 \text{ мОм}; X_{Л1}^1 = 2 \cdot X_{Л1} = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ мОм};$$

$$Z_{Л1}^1 = \sqrt{R_{Л1}^1{}^2 + X_{Л1}^1{}^2} = \sqrt{8,4^2 + 2,4^2} = 8,74 \text{ мОм};$$

2) активний, реактивний та повний опір шинопроводу:

$$R_{Ш}^1 = 2 \cdot R_{Ш} = 2 \cdot 1,62 = 3,24 \text{ мОм}; X_{Ш}^1 = 2 \cdot X_{Ш} = 2 \cdot 0,76 = 1,52 \text{ мОм};$$

$$Z_{Ш}^1 = \sqrt{R_{Ш}^1{}^2 + X_{Ш}^1{}^2} = \sqrt{3,24^2 + 1,52^2} = 3,58 \text{ мОм};$$

3) повний опір у точці К.2

$$Z_{\Pi 2} = Z_{\Pi 1} + Z_{L1}^1 + Z_{Ш}^1 = 14,32 + 8,74 + 3,58 = 26,64 \text{ мОм}$$

в) Опір петлі «фаза-нуль» у точці К.3

1) активний, реактивний та повний опір лінії l_2 :

$$R_{L2}^1 = R_{FU1} + 2 \cdot R_{L2} = 0,15 + 2 \cdot 2,8 = 5,75 \text{ мОм}; \quad X_{L2}^1 = 2 \cdot X_{L2} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ мОм};$$

$$Z_{L2}^1 = \sqrt{R_{L2}^1{}^2 + X_{L2}^1{}^2} = \sqrt{5,75^2 + 1,6^2} = 5,97 \text{ мОм};$$

2) повний опір у точці К.3

$$Z_{\Pi 3} = Z_{\Pi 2} + Z_{L2}^1 = 26,64 + 5,97 = 32,61 \text{ мОм}$$

г) Обчислюємо струми однофазного КЗ у точках К.1, К.2, К.3

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{\Pi 1} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{14,32 + \frac{128}{3}} = 4,04 \text{ кА}$$

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{\Pi 2} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{26,64 + \frac{128}{3}} = 3,17 \text{ кА}$$

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_K}{Z_{\Pi 3} + \frac{Z_T^{(1)}}{3}} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{32,61 + \frac{128}{3}} = 2,92 \text{ кА}$$

Розрахунок ударних струмів короткого замикання.

Для розрахунку ударних струмів КЗ необхідно визначити ударні коефіцієнти. Відповідно до [7], ударні коефіцієнти визначаються згідно графіку як функція:

$$k_y = F\left(\frac{R_K}{X_K}\right)$$

k_y – ударний коефіцієнт.

Визначаємо ударні коефіцієнти у точках К.1, К.2, К.3

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{3,38}{13,76} = 0,25; \quad k_y = F(0,25) = 1,4;$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K2}} = \frac{9,85}{15,89} = 0,62; \quad k_y = F(0,62) = 1,15;$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{12,8}{18,8} = 0,68; k_y = F(0,68) = 1,1;$$

Ударні струми КЗ визначаються за такою формулою [7]:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_K^{(3)} \cdot k_y, \text{ I у, =42-1 } \langle \rangle \text{-ку, (42)}$$

де $I_K^{(3)}$ – струм трифазного КЗ, κA ;

$i_{y\partial}$ – ударний струм КЗ, κA .

Визначимо ударні струми КЗ у точках К.1, К.2, К.3:

$$i_{y\partial.1} = \sqrt{2} \cdot I_{K1}^{(3)} \cdot k_{y1} = \sqrt{2} \cdot 16,32 \cdot 1,4 = 32,31 \kappa A;$$

$$i_{y\partial.2} = \sqrt{2} \cdot I_{K2}^{(3)} \cdot k_{y2} = \sqrt{2} \cdot 11,75 \cdot 1,15 = 19,11 \kappa A;$$

$$i_{y\partial.3} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot k_{y3} = \sqrt{2} \cdot 9,66 \cdot 1,1 = 15,03 \kappa A.$$

3.2 Перевірка правильності вибору захисної апаратури

Виконаємо перевірку правильності вибору автоматичних вимикачів, встановлених на цеховій ТП, та запобіжників, встановлених на ШМА1 (рисунок 3.1). Для цього зведемо розраховані струми к.з. в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведена відомість розрахунку струмів КЗ.

Точка КЗ	$R_K,$ <i>МОм</i>	$X_K,$ <i>МОм</i>	$Z_K,$ <i>МОм</i>	$I_K^{(3)},$ <i>кА</i>	$I_K^{(2)},$ <i>кА</i>	$I_K^{(1)},$ <i>кА</i>	$i_{y\partial},$ <i>кА</i>	$Z_{П},$ <i>МОм</i>
К1	3.38	13.76	14.17	16.32	14.12	4.04	32.31	14.32
К2	9.85	15.89	18.69	11.75	10.16	3.17	19.11	26.64
К3	12.8	18.8	22.74	9.66	8.36	2.92	15.03	32.61

Правильність вибору запобіжників визначається згідно умови:

$$I_K^{(3)} \geq 3 \cdot I_{н.н.}; I_K^{(2)} \geq 3 \cdot I_{н.н.}; I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.н.}.$$

Проводимо перевірку обраних до встановлення на ШМА1 запобіжників типу ПН – 2 600 / 600 А:

$$I_K^{(3)} = 9,66 \kappa A > 3 \cdot I_{н.н.} = 3 \cdot 600 = 1800 A = 1,8 \kappa A;$$

$$I_K^{(2)} = 8,36 \text{ кА} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 600 = 1800 \text{ А} = 1,8 \text{ кА};$$

$$I_K^{(1)} = 2,92 \text{ кА} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 600 = 1800 \text{ А} = 1,8 \text{ кА}.$$

Правильність вибору автоматичних вимикачів виконується за умовами:

$$I_{вим.авт} \geq I_K^{(3)}; I_{вим.авт} \geq I_K^{(2)}; I_{вим.авт} \geq i_{уд}; I_K^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.п.}$$

Проведимо перевірку обраних до встановлення на цеховий ТП автоматичних вимикачів:

а) автоматичний вимикач *QF1* типу *ВА88–37 400/400А* на лінію 11 та шинопровід ШМА-1:

$$I_{вим.(QF1)} = 35 \text{ кА} > I_{K2}^{(3)} = 11,75 \text{ кА};$$

$$I_{вим.(QF1)} = 35 \text{ кА} > I_{K2}^{(3)} = 10,16 \text{ кА};$$

$$I_{вим.(QF1)} = 35 \text{ кА} > i_{уд.2} = 19,11 \text{ кА};$$

$$I_{K2}^{(1)} = 3,17 \text{ кА} = 3170 \text{ А} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 400 = 1200 \text{ А};$$

автоматичний вимикач вибрано вірно;

а) автоматичний вимикач *QF7, QF9* типу *ВА88–43 1600/1250А* на секцію шин низької напруги цехової ТП:

$$I_{вим.(QF7, QF9)} = 50 \text{ кА} > I_{K1}^{(3)} = 16,32 \text{ кА};$$

$$I_{вим.(QF7, QF9)} = 50 \text{ кА} > I_{K1}^{(3)} = 14,12 \text{ кА};$$

$$I_{вим.(QF7, QF9)} = 50 \text{ кА} > i_{уд.1} = 32,31 \text{ кА};$$

$$I_{K1}^{(1)} = 4,04 \text{ кА} = 4040 \text{ А} > 3 \cdot I_{н.п.} = 3 \cdot 1250 = 3750 \text{ А};$$

автоматичний вимикач вибрано вірно.

3.3 Техніко-економічний розрахунок

У техніко-економічному розрахунку необхідно порівняти два варіанти розвитку цехової мережі електропостачання механічного цеху. Варіант А представлений на рис. 3.3, варіант Б –рис. 3.4.

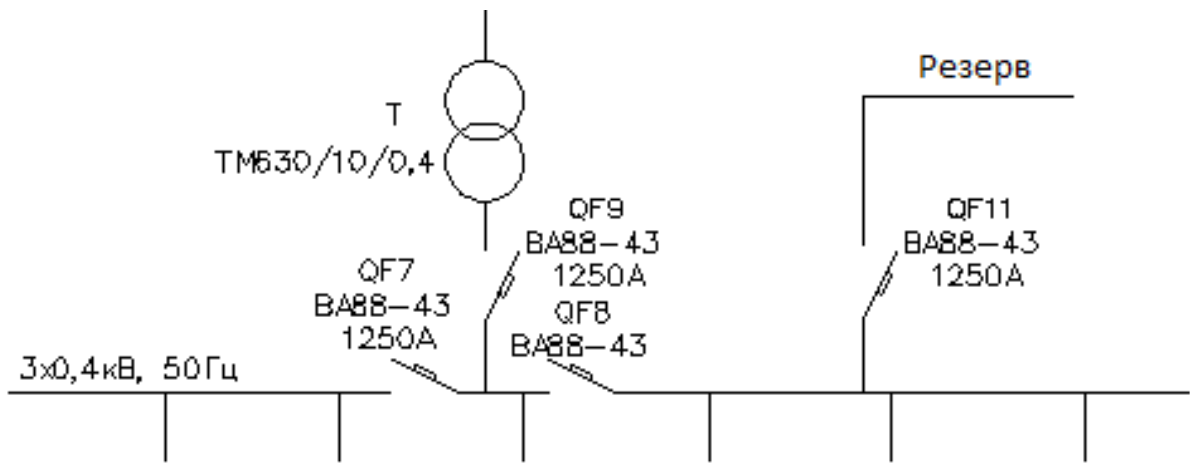


Рисунок 3.3 – Варіант А розвитку мережі електропостачання цеху

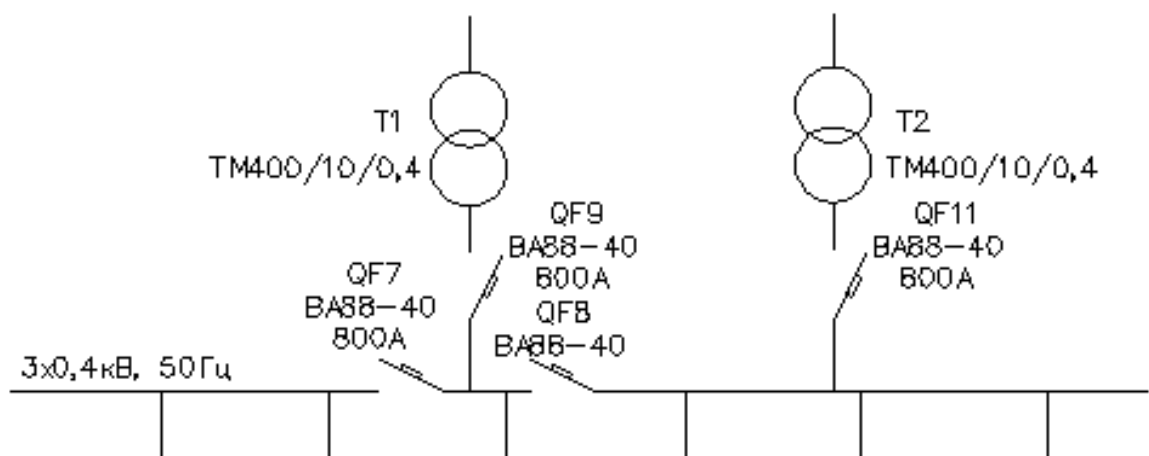


Рисунок 3.4 – Варіант Б розвитку мережі електропостачання цеху

Зіставлення варіантів провадиться в результаті розрахунків порівняльної економічної ефективності капітальних витрат. Економічним критерієм, за яким визначається найвигідніший варіант, є мінімум приведених затрат, що визначається за формулою [8]:

$$Z = r \cdot K + I = (E_H + p) \cdot K + I = (E_H + p_a + p_{e.p.}) \cdot K + I$$

де Z – мінімум приведених затрат, грн;

E_H – нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних вкладень, $E_H = 0,125 (1 / p_{ik})$;

p – сумарний коефіцієнт відрахувань від капітальних вкладень;

K – капітальні вкладення, грн;

I – щорічні експлуатаційні затрати, грн.

Капітальні вкладення визначаються:

$$K = \sum K_{ПС}$$

де $\sum K_{ПС}$ – сума капітальних вкладень на спорудження підстанції, грн.

Щорічні експлуатаційні витрати визначаються [8]:

$$I = I_a + I_e + I_m,$$

де I_a – затрати на амортизацію, грн;

I_e – затрати на відшкодування втрат електроенергії, грн;

I_m – затрати на ремонт та обслуговування, грн.

Амортизаційні відрахування знаходять за нормами амортизації у частках одиниці від капіталовкладень [8]:

$$I_a = p_a \cdot K,$$

де p_a – норма амортизації, визначається з урахуванням терміну корисного використання об'єкта;

$$p_a = \frac{1}{T_{кв}}$$

де $T_{кв}$ – термін корисного використання об'єкта, років.

Для силових електричних трансформаторів термін корисного використання становить $T_{кв} = 3 \div 5$ років, для низьковольтної електричної апаратури (до 1 кВ) $T_{кв} = 7 \div 10$ років [8]. У кваліфікаційній роботі для розрахунків приймаємо:

- для силових трансформаторів $T_{кв} = 5$ років;
- для автоматичних вимикачів до 1 кВ $T_{кв} = 8$ років;

Витрати відшкодування втрат електроенергії у трансформаторах визначаються:

$$I_e = \beta_0 \cdot (\tau \cdot \Delta P_T + 8760 \cdot n \cdot \Delta P_{XX})$$

де β_0 – коефіцієнт вартості втрат активної енергії, = 7 грн./кВт·год;

τ – кількість годин максимальних втрат, год;

ΔP_T – сумарні змінні втрати потужності у трансформаторах, kВт ;

n – число трансформаторів;

ΔP_{XX} – втрати потужності холостого ходу в трансформаторах, kВт .

Число годин максимальних втрат визначиться:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{max}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760$$

де T_{max} – число годин використання максимального активного навантаження в рік, год.

Проектований механічний цех працює у дві зміни (вихідні дані), внаслідок чого кількість годин використання максимального активного навантаження на рік становить $T_{max} = 2500 \div 4000$ годин [8]. Для розрахунків приймаємо $T_{max} = 3900$ годин.

Сумарні змінні втрати потужності у трансформаторах визначаються:

$$\Delta P_T = \frac{R_T}{n} \cdot I_T^2$$

де R_T – активний опір трансформатора, Ом ;

n – число трансформаторів;

I_T – струм відразу після трансформатора, А .

Витрати на ремонт та експлуатацію визначаються за нормативними відрахуваннями у частках одиниці від капіталовкладень [8]:

$$I_m = p_{e.p.} \cdot K$$

де $p_{e.p.}$ – норма відрахувань, %.

Норма відрахувань для силового електротехнічного обладнання та розподільчих пристроїв становить $p_{e.p.} = 5,9\%$ [8].

Розрахунок капітальних вкладень.

Зробимо розрахунок капітальних вкладень для схеми варіанта розвитку мережі (рис. 3.3) і для схеми варіанта Б (рис. 3.4).

Витрати на монтаж автоматичних вимикачів серії ВА88 визначаємо у розмірі 5% вартості витрат на придбання автоматичних вимикачів [8].

Розрахунок капітальних вкладень для схеми варіанта А представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Капітальні вкладення для схеми А

Найменування обладнання та робіт	Од. вимір.	К-сть	Вартість, тис. грн/од.	К, грн
Трансформатор силовий <i>ТМ – 630/10/0,4</i>	шт.	1	315,000	315,000
Автоматичний вимикач <i>ВА88 – 43 на струм 1250 А</i>	шт.	4	57,124	228,496
Монтаж трансформатора <i>ТМ – 630/10/0,4</i>	шт.	1	24,700	24700
Пуско-налагоджувальні роботи на трансформаторі <i>ТМ – 630/10/0,4</i>	шт.	1	10,400	10,400
Монтаж автоматичних вимикачів <i>ВА88 – 43 на струм 1250 А</i>	шт.	4	2,856	11,424
РАЗОМ				590,020

Розрахунок капітальних вкладень для схеми варіанта Б представлено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Капітальні вкладення схеми Б

Найменування обладнання та робіт	Од. вимір.	К-сть	Вартість, тис. грн/од.	К, грн
Трансформатор силовий <i>ТМ – 400/10/0,4</i>	шт.	2	199,000	398,000
Автоматичний вимикач <i>ВА88 – 40 на струм 800 А</i>	шт.	4	31,133	124,532
Монтаж трансформатора <i>ТМ – 400/10/0,4</i>	шт.	2	24,700	49,400
Пуско-налагоджувальні роботи на трансформаторі <i>ТМ – 630/10/0,4</i>	шт.	2	6,500	13,000
Монтаж автоматичних вимикачів <i>ВА88 – 43 на струм 1250 А</i>	шт.	4	1,557	6,228
РАЗОМ				591,160

Розрахунок експлуатаційних витрат.

Зробимо розрахунок щорічних експлуатаційних витрат для схем варіантів А і Б розвитку мережі електропостачання цеху. Результат розрахунку зводимо до табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Щорічні експлуатаційні витрати для схем А та Б

Варіант розвитку мережі	К, грн	P_a	I_a , грн	ΔP_T , кВт	ΔP_{XX} , кВт	I_e , грн	$P_{e.p.}$	I_m , грн	I , грн
А	590.020	0.325	191.757	0.0028	1.31	17.223	0.059	34.811	243.791
Б	591.160	0.325	192.127	0.0016	0.95	24.972	0.059	34.878	251.977

Техніко-економічне порівняння варіантів.

Зробимо розрахунок приведених витрат за формулою для схем А та Б варіантів розвитку мережі електропостачання цеху.

Для схеми варіанта А:

$$Z = (0,125 + 0,325 + 0,059) \cdot 590020 + 243791 = 544\,111,2 \text{ грн.}$$

Для схеми варіанта Б:

$$Z = (0,125 + 0,325 + 0,059) \cdot 591\,160 + 251\,977 = 552\,877,4 \text{ грн.}$$

З розрахунку визначаємо, що загальні витрати на схеми А склали 544 111,2 грн., а схеми Б – 552 877,4 грн. По техніко-економічному порівнянню вийшло, що варіант А розвитку мережі електропостачання цеху більш економічний.

Виходячи з цього у кваліфікаційній роботі остаточно приймаємо для проектування варіант А розвитку мережі.

3.4 Розрахунок заземлення та близнкозахисту

3.4.1 Розрахунок заземлювального пристрою

Під розрахунком заземлювального пристрою (ЗП) розуміють визначення типу заземлювача, кількості вертикальних заземлювачів, місця розміщення та

перерізу заземлювальних провідників. Розрахунок проводиться для необхідного опору заземлювального пристрою відповідно до вимог ПУЕ [6].

Зробимо розрахунок ЗП механічного цеху. Для розрахунку використовуємо методику, подану стандарті ДСТУ EN 62305-3:2021 [9].

Для розрахунку ЗП використовуємо такі дані:

- використовуємо лише штучні заземлювачі;
- тип ЗП – рядне, вздовж стіни будівлі цеху на відстані 1 м від стіни будівлі;
- ґрунт – пісок (початкові дані), $\rho = 800 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- кліматична зона – III;
- вертикальний заземлювач – сталевий куточок $50 \times 50 \times 5 \text{ мм}$, $L = 2 \text{ м}$;
- горизонтальний заземлювач – сталева смуга $40 \times 4 \text{ мм}$;
- глибина закладання ЗП в ґрунт $t = 0,5 \text{ м}$.

Встановлюємо необхідний ПУЕ допустимий опір заземлювального пристрою.

Відповідно до ПУТ [6], опір заземлювального пристрою у будь-який час року має бути не більше 4 Ом при лінійній напрузі 380 В джерела трифазного струму; однак, згідно з тим самим пунктом ПУЕ, при питомому опорі ґрунту ρ більше $100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ допускається збільшувати зазначену норму в $0,01\rho$ разів, але не більше десятикратного значення. Десятикратним значенням зазначеної норми є 40 Ом . При збільшенні норми 40 Ом у $0,01\rho$ раз маємо:

$$R_{\text{д}} = 4 \cdot 0,01 \cdot \rho = 4 \cdot 0,01 \cdot 800 = 32 \text{ Ом}.$$

Остаточно приймаємо допустиме значення опору заземлювального пристрою:

$$R_{\text{д}} = 32 \text{ Ом}.$$

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням коефіцієнта сезонності $K_{\text{сез}} = 1,5$ [9]:

$$\rho_p = K_{\text{сез}} \cdot \rho = 1,5 \cdot 800 = 1200 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо розрахунковий опір одного вертикального електрода:

$$\rho_e = 0,3 \cdot \rho_p = 0,3 \cdot 1200 = 360 \text{ Ом}.$$

Визначаємо розрахункову кількість вертикальних електродів:

а) без урахування екранування

$$N_{e.p}^1 = \frac{r_e}{R_{\text{д}}} = \frac{360}{32} = 11,25$$

приймаємо попередню кількість електродів $N_{e.p}^1 = 12$;

б) з урахуванням екранування: попередньо вибираємо відношення a/L , звідки [8] для $N_{e.p}^1 = 12$ визначаємо коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_e = 0,74$.

$$N_{e.p} = \frac{N_{e.p}^1}{\eta_e} = \frac{12}{0,74} = 16,22$$

Остаточню приймаємо кількість вертикальних електродів $N_e = 17$.

Визначаємо довжину горизонтального заземлювача (смуги).

Оскільки відношення $a/L = 2$, то відстань між вертикальними електродами $a = 2 \times L = 2 \times 2 = 4 \text{ м}$, звідки довжина смуги для рядного ЗП.

$$L_{\text{II}} = a \cdot (N_e - 1) = 4 \cdot (17 - 1) = 64 \text{ м}.$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача: для рядного ЗП при $N_e = 17$ і $a/L = 2$, $\eta_e = 0,62$ [8].

Визначаємо коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача: для кліматичної зони III $K_{\text{сез}} = 2,3$ [8].

Визначаємо опори електродів:

- Опір вертикальних електродів:

$$R_B = \frac{r_e}{N_e \cdot \eta_e} = \frac{360}{17 \cdot 0,74} = 28,62 \text{ Ом}$$

- опір горизонтального заземлювача (смуги):

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\text{II}} \cdot \eta_e} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.г}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\text{II}}^2}{b \cdot t} = \frac{0,4}{64 \cdot 0,62} \cdot 800 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot 64^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 104,09 \text{ Ом}$$

де b – ширина горизонтального заземлювача (смуги), m ;

t – глибина закладення заземлювача, m .

Визначаємо фактичне значення контуру заземлення:

$$R_{зп} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} = \frac{28,62 \cdot 104,09}{28,62 + 104,09} = 22,45 \text{ Ом};$$

$$R_{зп} = 22,45 \text{ Ом} < R_d = 32 \text{ Ом}$$

3.4.2 Розрахунок блискавкозахисного заземлення

Блискавкозахист будівель і споруд – це система, що складається з комплексу пристроїв і споруд, призначених для захисту об'єктів від грозової електрики, що дозволяє знизити наслідки потрапляння блискавки в об'єкт, що захищається, або вторинних її проявів.

Основним нормативним документом, що регламентує будову блискавкозахисту, є ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя [9]. Стандартом передбачається застосування зовнішнього та внутрішнього блискавкозахисту.

Зовнішній блискавкозахист є класичним, він є блискавковідведенням, що складається з струмоприймача, спуску і системи заземлення.

Під внутрішнім блискавкозахистом розуміють низку заходів, які сприяють захисту від перенапруг у силовій мережі.

У кваліфікаційній роботі прийнято до встановлення систему зовнішнього блискавкозахисту, тому надалі розглядаємо лише цей вид блискавкозахисту.

За типом блискавкозахист може бути наступним [9]:

- однострижневий;
- двострижневої однакової чи різної висоти;
- багаторазовий стрижневий;
- одиночний тросовий;
- багаторазової тросової.

Згідно стандарту [9] визначаємо, що проєктований механічний цех із класифікації будівель та споруд з улаштування блискавкозахисту відноситься до звичайних об'єктів.

Визначаємо рівень захисту проєктованого цеху від прямих ударів блискавки – III, при цьому надійність захисту P_z від прямих ударів блискавки – $P_z = 0,90$.

Для проєктованого цеху як зовнішній захист блискавки приймаємо до встановлення одиничний тросовий блискавковідвід (рис. 3.5), заземлювачем якого є заземлюючий пристрій цеху.

Зробимо розрахунок зони захисту прийнятого до встановлення одиничного тросового блискавковідводу. Для розрахунку скористаємося формулами для об'єкта при висоті відведення блискавки до 150 м [9].

Виходячи з розмірів цеху $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 9$ м (вихідні дані), визначаємо:

- довжина прольоту $a = A = 48$ м;
- висота споруджуваної споруди $h_x = H = 9$ м;
- висота опор блискавковідводів для підвісу троса $h_{on} = 23$ м.

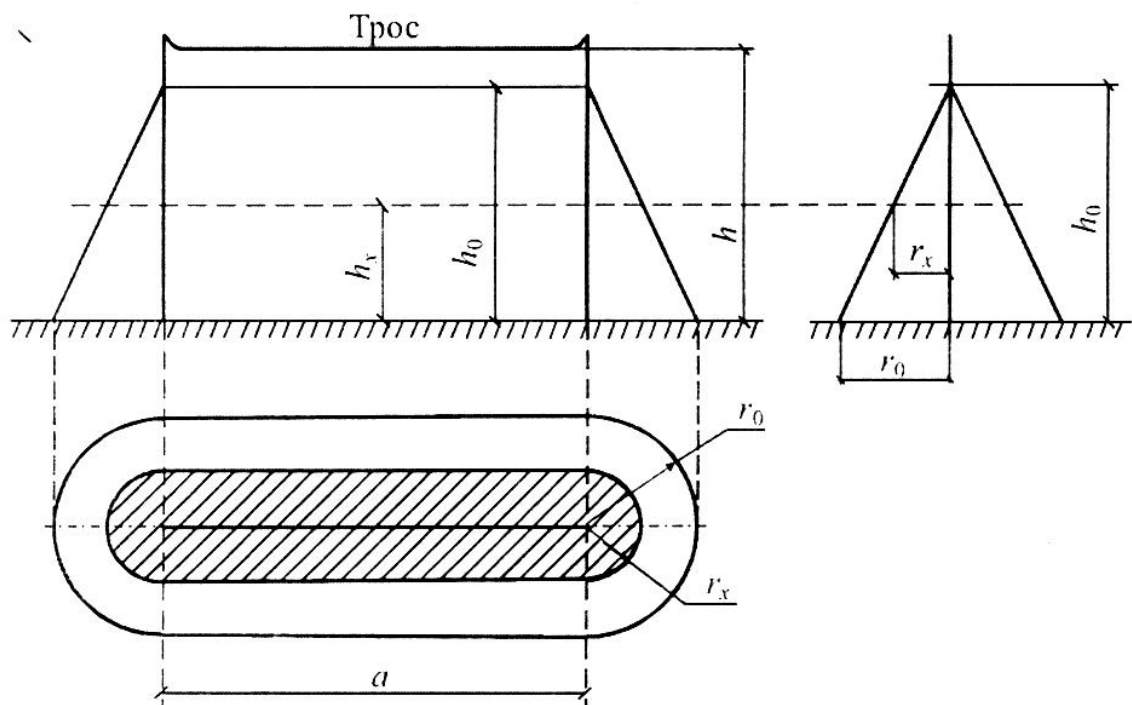


Рисунок 3.5 – Зона дії одиничного тросового блискавковідводу.

Висота підвісу троса h в середині прольоту при $a \leq 120$ м визначається за формулою [9]:

$$h = h_{on} - 2 = 23 - 2 = 21 \text{ м}$$

Визначасмо висоту вершини конуса блискавковідводу h_0 :

$$h_0 = 0,87 \cdot h = 0,87 \cdot 21 = 18,27 \text{ м}$$

Визначасмо радіус захисту на рівні землі r_0 :

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 21 = 31,5 \text{ м}$$

Визначасмо радіус захисту на рівні висоти цеху r_x :

$$r_x = \frac{r_0 \cdot (h_0 - h_x)}{h_0} = \frac{31,5 \cdot (18,27 - 9)}{18,27} = 15,98 \text{ м}$$

Визначасмо ширину зони захисту на рівні висоти будівлі цеху:

$$b = 2 \cdot r_x = 2 \cdot 15,98 = 31,96 \text{ м}$$

На підставі проведеного розрахунку визначаємо, що обраний одиночний тросовий блискавкозахист за всіма параметрами задовольняє об'єкт, що захищається (механічний цех).

3.5 Висновки до розділу 3

В даному розділі здійснено розрахунок струмів короткого замикання на лініях електропостачання цеху, на підставі якого виконано перевірку правильності вибору захисної апаратури.

Проведено техніко-економічний розрахунок вибору розвитку цехової мережі електропостачання механічного цеху.

Зроблено вибір та розрахунок заземлювальних пристроїв: контур заземлення та блискавкозахисту.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки

На кожному підприємстві при експлуатації електрообладнання користуються нормативно-технічною документацією з безпечної експлуатації електроспоживачів: “Закон України про Охорону праці”, ПУЕ, ПТЕ і ПТБ у відповідності до якої електроустановки допущені до експлуатації.

До нормативно-технічної документації входять:

- акти прийому робіт;
- генеральний план ділянки на якому нанесені споруди і підземні електротехнічні комутації;
- акти випробувань і наладки електрообладнання;
- акти прийому електроустановок в експлуатацію;
- виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електрообладнання;
- інструкції по обслуговуванню електроустановок, а також посадові інструкції по кожному робочому місцю.

Крім того, на кожному цеху необхідно мати:

- паспортні карти або журнал з описанням електрообладнання і засобів захисту із вказанням технічних даних, а також присвоєння інвентарних номерів;
- креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас;
- креслення підземних кабельних трас і заземлюючі пристрої з прив'язками до будівельних споруд, а також з вказанням місць установки з'єднувальних муфт і перемикань з іншими комунікаціями;

- загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремим цехам та ділянкам;
- комплект експлуатаційних інструкцій по обслуговуванню електроустановок цеха, ділянки і комплект посадових інструкцій по кожному робочому місцю і інструкцій по охороні праці.

Всі зміни в електроустановка, які вносяться в процесі експлуатації, повинні відображатися в схемах і кресленнях відразу за підписом особи, яка відповідає за електрогосподарство, з вказанням його посади і дати внесення змін.

Заходи з електробезпеки поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів, що забезпечують безпеку виконання робіт в електроустановках відносяться:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують в порядку технічної експлуатації;
- допуск до роботи;
- наряд під час виконання робіт;
- оформлення перерв в роботі, переводу бригади на інше робоче місце, закінчення роботи

В процесі роботи заводу персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. На робочих місцях повинні бути інструкції по обслуговуванню обладнання, правила техніки безпеки, плакати та попереджувальні написи.

Особи, що обслуговують електроустановки, проходять медогляд, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань кваліфікаційної групи по ТБ.

Технічні заходи.

Для захисту людей в умовах виробничого процесу застосовуються:

- безпечні струми;
- ізоляція проводів;
- механічні огороження;

- захисні заземлення;
- занулення;
- блокування пристроїв;
- захисні засоби.

Захисне заземлення - це заземлення, виконане з метою захисту людей від замикань на землю, або корпус.

Захисне відключення - система захисту, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки.

На підприємстві повинні проводитись протипожежні інструктажі.

Всі працівники підприємства зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки. Для цього з робітниками проводиться пожежно-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і засобів, що використовуються для цього.

Головним завданням пожежної безпеки є забезпечення працюючих комфортними умовами праці, зберігання матеріальних цінностей, а також забезпечення неперервного виробничого процесу.

Основними причинами пожеж на підприємствах харчової промисловості є необережна робота з відкритим вогнем, застосування пошкоджених, вогнегасників які не відповідають класу вибухонебезпечності.

Пожежна безпека заводу забезпечується системою запобігання пожеж і пожежного захисту. Пофарбування зовнішньої поверхні обладнання, яка нагрівається, повинне проводитись жаростійкою фарбою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити організаційні заходи. До них відносяться:

- організація пожежної охорони;
- навчання працюючих;
- розробка і застосування норм та правил.

Пожежна профілактика - це найбільш важлива частина протипожежних заходів і уявляє собою єдиний комплекс організаційних та технічних заходів по попередженню та локалізації пожеж та вибухів.

Головними та найбільш частими причинами горіння, пожеж, вибухів є:

1. порушення правил пожежної безпеки;
2. порушення режиму технологічного процесу;
3. несправність обладнання;
4. самозапалювання, грозові розряди.

Причинами пожеж являються також короткі замикання та струмові навантаження провідників. Електрична дуга може визвати запалення розташованих поблизу горючих матеріалів і маслонаповнених апаратів.

В приміщеннях підприємства передбачені засоби для гасіння пожежі. В електричних установках гасіння пожежі відбувається за допомогою повітряно-механічної піни піноутворювачем (ПО-1 та ПО-6).

Ручні вогнегасники типів ОУ-5 та ОУ-8 передбачені для гасіння невеликих джерел вогню всіх видів.

При виникненні пожеж, якщо електрична установка не відключена та знаходиться під напругою, виникає небезпека враження електричним струмом. Необхідно зняти напругу, а потім гасити її. Якщо напругу зняти не можна, то припускається гасіння установки при дотриманні особистих засобів електробезпеки. На заводі плануються такі протипожежні заходи:

1. На основі даних по вибухо- та пожежонебезпеці технологічних процесів визначені класи вибухо-пожежонебезпеки згідно ПУЕ та здійснено вибір електричного обладнання, електричного освітлення та електричної апаратури.

2. Пускова та розподільча апаратура винесена з вибухонебезпечних приміщень у електрощитові. Світильники вибрані відповідно класу та групі вибухонебезпечної суміші.

3. Розподільчі шафи, пускова апаратура у цехах розташовані у місцях доступних для обслуговування з проходами не менше за 0,8 м від технологічного обладнання.

Згідно ПУЕ приміщення на підприємстві по вибухо- та пожежонебезпеці класифікують (табл 4.1).

Таблиця 4.1 – Перелік вибухо-пожеженебезпечних приміщень на підприємстві

№	Найменування приміщень	Категорії з вибухо-пожеже небезпеки	Клас приміщення згідно умов навколишнього середовища
1	Складські приміщення	В	П-Па
2	ГРП	А	В-Іа
3	Дільниця зарядки, акумуляторів електрокара в посудо-тарному цеху, лікерному відділенні	А	В-І
4	Зарядка гаража	А	В-І
5	Склад красок гаража	А	В-І
6	Машинний зал аміачної компресорної	А	В-Іб
7	Камера витяжних вентиляторів із машинного залу	А	В-Іб

Вибухонебезпечною вважається зона в приміщенні в межах до 5 м. по горизонталі і вертикалі від технологічного апарату із якого можливе виділення горючих газів, або парів легкозаймистих речовин, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші рівний або більший 5% вільного об'єму приміщення.

Пожеженебезпечною зоною називається простір в приміщеннях і поза приміщеннями в межах якого постійно чи періодично обертаються горючі речовини і в якому вони можуть знаходитись при нормальному технологічному процесі, або при його порушеннях.

4.2 Вимоги до проектування й побудови промислових підприємств

Нові промислові підприємства повинні будуватися з врахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розміщувати розосереджено. Відстань між будівлями повинна забезпечувати протипожежні розриви. При

забезпеченні таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу навіть, якщо гасіння пожежі не проводиться.

Ширина протипожежного розриву L_p , м, визначається за формулою:

$$L_p = H_1 + H + 15 \text{ м,}$$

де H і H_1 – висота сусідніх будинків.

Будівлі адміністративно-господарського і обслуговуючого призначення повинні розміщуватись окремо від основних цехів.

Найбільш важливі виробничі споруди треба будувати заглибленими або пониженої висоти, прямокутної форми в плані. Це зменшить парусність будівлі і збільшить її опір ударній хвилі будь-якого вибуху. Висока стійкість до дії ударної хвилі властива залізобетонній будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці.

Для підвищення стійкості до пожеж в будинках повинні застосовуватись вогнестійкі конструкції, а також вогнезахисна обробка горючих елементів будівлі. В кам'яних будинках перекриття повинно бути виготовлене з армованого бетону або з бетонних плит. Велика за розмірами будівля повинна поділятися на секції з негорючими стінами.

В ряді випадків при проектуванні і будівництві промислових будівель і споруд повинна бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного порошу. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

В складських приміщеннях повинно бути якомога менше вікон та дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, нафта, мазут та ін.) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля кордонів об'єкту або за його межами.

Деякі унікальні види технологічного обладнання потрібно розміщувати в більш міцних спорудах (підвалах, підземних спорудах) або будівлях з легких негорючих конструкцій павільйонного типу, під навісами або відкрито. Це обумовлюється тим, що в багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший надлишковий тиск ударної хвилі, ніж будівля, в якій воно

знаходиться. При зруйнуванні будівлі внаслідок падіння конструкцій розміщене в них обладнання буде виходити з ладу.

На підприємствах, які виготовляють або споживають сильнодіючі отруйні і вибухонебезпечні речовини, при будівництві чи реконструкції необхідно передбачати захист ємностей і комунікацій від зруйнування ударною хвилею або падаючими конструкціями, а також заходи, які виключають розливання отруйних і вибухонебезпечних речовин.

Душові приміщення необхідно проектувати з врахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин - з врахуванням використання їх для знезаражування автотранспорту.

Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручний і найкоротший шлях між виробничими будівлями, спорудами і складами. В'їздів на територію об'єкту повинно бути не менше, ніж два з різних напрямків. Внутрішні залізниці повинні забезпечувати найпростішу схему рух та займати мінімальну площу території об'єкту і мати обгінні ділянки. Вводи залізниці в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків в міську каналізаційну мережу і пристосування для аварійних викидів в підготовлені для цього місця.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено розробку системи електропостачання механічного цеху. У ході роботи розраховані електричні навантаження цеху, на підставі яких здійснено розрахунок та вибір силового трансформатора та пристрої компенсації реактивної потужності цехової ТП.

Здійснено розрахунок та вибір апаратів захисту, встановлених на цеховий ТП та шинопроводах цеху. Виконано розрахунок та вибір кабельних ліній, шинопроводів та проводів системи електропостачання цеху.

Здійснено розрахунок струмів короткого замикання на лініях електропостачання цеху, на підставі якого виконано перевірку правильності вибору захисної апаратури.

У питаннях заходів електробезпеки працюючого персоналу цеху зроблено вибір та розрахунок заземлювальних пристроїв: контур заземлення та блискавкозахисту.

Таким чином, цілі та завдання, поставлені у кваліфікаційній роботі, виконані.

Розроблена система електропостачання механічного цеху виконана з урахуванням вимог чинних і правил і відповідає їм.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Федорейко В. С. Регульований асинхронний електропривод як засіб енергозбереження / Федорейко В. // Вісник ТДТУ. — Тернопіль : ТДТУ, 2002. — Том 7. — № 3. — С. 48–52
2. Бешта, О. С. "Використання регульованого електропривода в задачах підвищення енергоефективності технологічних процесів." Науковий вісник Національного гірничого університету 4 (2012): 98-107.
3. Михайлюта, С. Л., В. І. Биков, and Г. С. Михайлюта. "Регульований електропривід як засіб підвищення ефективності виробництва." Вісник Інженерної академії України 2 (2010): 267-271.
4. Лук'яненко Ю. В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні : Навч. посіб. / Ю. В. Лук'яненко, Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик; Вінниц. держ. техн. ун-т. - Вінниця, 2002. - 111 с. 77 23
5. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
6. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
7. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
8. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.
9. ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; IEC 62305-3:2010, MOD)
10. Бабюк, С. М., Хлопик, В. В. (2019). Актуальність задачі відновлення електропостачання знеструмлених споживачів трансформаторних підстанцій.

Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 3, 7-7.

11. Електрична частина станцій та підстанцій: виконання та оформлення домашніх контрольних робіт: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О.В. Остапчук, Р.В. Вожаков. – Київ: КПІ ім Ігоря Сікорського, 2022. – 84 с.

12. Бабюк, С. М., & В Пліс, Я. (2020). Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 82-83.

13. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначеності (EN 50160:2010, IDT) : ДСТУ EN 50160: 2014. – [Чинний від 2014-10-01]. – К.Мінекономрозвитку України, 2014. – 33 с. – (Національний стандарт України)

14. Технічна політика: Побудова та експлуатація електричних мереж. Технічна політика // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ: ДП «НЕК «Укренерго», 2014. 250 с.

15. Бабюк, С. М., Красножоний, О. В., Барило, В. П., & Брич, Б. В. (2020). Фактори, що впливають на надійність електропостачання. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 84-85.

16. Бабюк С. М. Шляхи підвищення енергоефективності систем електропостачання / С. М. Бабюк, Я. В Пліс // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 82–83.

17. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.– Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.

18. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.

19. Algorithms for automatic of metrological characteristics of transducers / Serhiy Babiuk, Ivan Sysak, Oleh Buniak, Yaroslav Osadtsa // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2022. — Vol 107. — No 3. — P. 67–75.

20. Vakulenko, O., Sysak, I., Babiuk, S., & Bunko, V. (2021, December). Features of the enameled wires insulation diagnosing by voltage. In Proceedings of the International Conference „Advanced applied energy and information technologies 2021”, 2021 (pp. 27-32). TNTU, Zhytomyr «Publishing house „Book-Druk “» LLC.

21. Буняк, О., Бабюк, С., & Сисак, І. (2019). Інтелектуальний пристрій автоматичного регулювання параметрів електмережі. Матеріали ІV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 268-270.

22. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.