

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри

В.П. Квасніков
“ _____ ” _____ 2023 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

Тема: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «УКРАВТОЗАПЧАСТИНА»

Виконавець _____ студент групи ЕЕ-415Б Німець Микола Олегович
(підпис) (студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник _____ доцент Стахова Анжеліка Петрівна
(підпис) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер _____ Паращанов. В.Г.
(підпис) (П.І.Б)

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра: комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Освітній ступень: «Бакалавр»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.П. Квасніков
« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Німець Микола Олегович

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «УКРАВТОЗАПЧАТИНА» затверджена наказом ректора від «08» травня 2023 р. № 654/ст.

2. Термін виконання роботи: з 22.05.2023 по 25.06.2023.

3. Вихідні дані до роботи: план-схема розміщення обладнання механічного цеху, токарно-гвинтонарізний верстат 1А62Г, верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78Н, верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78, верстат хонінгувальний вертикальний одношпиндельний, координатно-розточувальний верстат 2Е440А, круглошліфувальний верстат 3А423, круглошліфувальний верстат 3В423.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Теоретичні основи системи електропостачання, загальна характеристика об'єкта дослідження, розрахунок електропостачання, проектування та розробка вдосконаленої системи електропостачання, електробезпека та заземлення. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: схема розміщення обладнання, шляхи з'єднання ЦТП та ЕП.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Вивчення інформаційних джерел	22.05–28.05.23	виконано
2.	Розділ 1. теоретичні основи системи електропостачання	29.05–01.06.23	виконано
3.	Розділ 2. загальна характеристика об'єкта дослідження	02.06–05.06.23	виконано
4.	Розділ 3. розрахунок електропостачання	06.06–10.06.23	виконано
5.	Розділ 4. проектування та розробка вдосконаленої системи електропостачання	10.06–14.06.23	виконано
6.	Розділ 5. електробезпека та заземлення	14.06-15.06.23	виконано

7. Дата видачі завдання: “22” травня 2023 р.

Керівник дипломної роботи (проекту) _____ Стахова А.П.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Німець Микола Олегович
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВ «УКРАВТОЗАПЧАТИНА»»: ___ с., ___ рис., ___ табл., ___ літературних джерела.

Об'єкт дослідження: ТОВ «Укравтозапчастина».....

Предмет дослідження: електропостачання підприємства.....

Мета роботи: дослідження та оцінка поточного стану електропостачання, розробка рекомендацій для поліпшення функціонування системи.....

Методи дослідження: аналіз технічного стану обладнання, вимірювання та аналіз параметрів електричних мереж, вивчення нормативних вимог та принципів електробезпеки.....

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

- 1.1 Основні поняття та терміни
- 1.2 Структура системи електропостачання
- 1.3 Класифікація електричних мереж
- 1.4 Технічні вимоги до електропостачання

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

- 2.1 Історична довідка про підприємство
- 2.2 Огляд поточного стану системи електропостачання
- 2.3 Оцінка навантаження та споживання електроенергії
- 2.3.1 Визначення розрахункових навантажень за встановленою потужністю і

коефіцієнту попиту

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

- 3.1 Вибір числа та потужності цехових трансформаторів.
- 3.2 Вибір компенсуючих пристроїв.

3.2.1 Вибір числа та потужності конденсаторних батарей для зниження втрат потужності в трансформаторах

- 3.2.2 Вибір високовольтних батарей конденсаторів.

- 3.3 Розрахунок струмів короткого замикання

РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

- 4.1 Вибір схеми цехової силової електромережі

4.2 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

4.3 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

4.4 Визначення розрахункового навантаження на третьому рівні електропостачання

- 4.5 Розрахунок навантаження загального освітлення

4.6 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

4.7 Вибір кількості трансформаторів цехової підстанції

РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ТА ЗАЗЕМЛЕННЯ
ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Додаток А. Схеми та таблиці розрахунків

Додаток Б. Схеми та таблиці обладнання

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АД – асинхронний двигун

ДЖ – джерело живлення

ЕД – електродвигун

ЕО – електрообладнання

ЕП – електроприймач

ЛЛ – люмінесцентна лампа

НК – низьковольтні конденсатори

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПП – приймальний пункт

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПТЕ – правила технічної експлуатації

СЕС – система електропостачання

СН – середня напруга

СРШ – силова розподільна шафа

ТП – трансформаторна підстанція

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

ШРА – шинопровід магістральний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

ВСТУП

Система електропостачання є одним з найважливіших компонентів будь-якого підприємства. Вона забезпечує надійне та безперебійне електроживлення всіх електроустаткувань та процесів, що відбуваються на підприємстві. Ефективність та надійність системи електропостачання безпосередньо впливають на продуктивність, безпеку та економічну ефективність підприємства.

Ця дипломна робота присвячена дослідженню системи електропостачання на підприємстві ТОВ "Укравтозапчастина". Розглянутий аналіз є актуальним, оскільки електропостачання є критичним фактором для функціонування підприємства, особливо в умовах зростаючих вимог до якості та надійності енергопостачання.

Метою дослідження є оцінка поточного стану системи електропостачання, виявлення можливих проблем та ризиків, а також розробка рекомендацій для поліпшення функціонування системи. Для досягнення цієї мети будуть використані методи аналізу технічного стану обладнання, вимірювання та аналіз параметрів електричних мереж, вивчення нормативних вимог та принципів електробезпеки.

В рамках роботи будуть вивчені історичні дані про підприємство, його розвиток та зміни в системі електропостачання протягом останніх років. Будуть проведені огляд поточного стану системи, включаючи оцінку фізичного стану обладнання, параметрів електричних мереж, наявності систем резервного живлення та захисних пристроїв.

Отримані результати та рекомендації з дослідження поточного стану системи електропостачання будуть використані для розробки плану заходів щодо поліпшення системи. План буде орієнтований на забезпечення надійності, безпеки та ефективності електропостачання на підприємстві "Укравтозапчастина".

Крім того, у роботі будуть розглянуті сучасні тенденції та інноваційні рішення в галузі систем електропостачання. Будуть проаналізовані нові технології, які можуть підвищити ефективність та стійкість системи, такі як використання сонячної енергії, вітроенергетики, акумуляторних систем тощо.

На основі отриманих даних, аналізу та рекомендацій буде розроблений план заходів по модернізації системи електропостачання підприємства. План буде

включати в себе кроки щодо вдосконалення існуючого обладнання, впровадження нових технологій, підвищення резервності та безпеки системи, а також оптимізацію розподілу навантаження та забезпечення енергоефективності.

Основна мета цієї дипломної роботи полягає в покращенні системи електропостачання на підприємстві ТОВ "Укравтозапчастина" з метою забезпечення безперебійного та ефективного електроживлення всього обладнання та процесів. Результати цього дослідження та розробки заходів будуть корисними для підприємства, сприяючи його розвитку, підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності.

Завершуючи вступ, варто підкреслити, що тема дослідження є актуальною та значущою в контексті сучасного бізнесу. Надійне та ефективне електропостачання є важливою складовою успішної діяльності будь-якого підприємства, а особливо в галузі, пов'язаній з виробництвом автозапчастин.

Підприємство ТОВ "Укравтозапчастина" вже має історію успіху та розвитку. Протягом останніх років воно набуло значного досвіду у сфері виробництва та постачання автозапчастин на ринку. Однак, зростання обсягів виробництва та зміни в енергетичному середовищі ставлять перед підприємством нові виклики та вимоги до системи електропостачання.

Цей дослідницький проект спрямований на ретельний аналіз історичного розвитку підприємства ТОВ "Укравтозапчастина". В рамках цього аналізу будуть досліджені етапи становлення та зміни системи електропостачання на підприємстві. Розглянуть періоди модернізації, розширення та змін у виробничих процесах, що відображаються у вимогах до електропостачання.

Також будуть враховані аспекти стандартів безпеки та електробезпеки, які набули значного значення в сучасному бізнес-середовищі. Відповідність нормативним вимогам та стандартам безпеки є критично важливим аспектом для ефективної експлуатації системи електропостачання та забезпечення безпеки персоналу та майна підприємства.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Основні поняття та терміни

Електропостачання - це система, яка забезпечує передачу та постачання електричної енергії споживачам для їх потреб.

Система електропостачання - це комплекс технічних засобів, споруд і комунікацій, які забезпечують генерацію, передачу, розподіл і постачання електричної енергії.

Трансформаторна підстанція - це комплекс електротехнічних пристроїв, що використовуються для зміни напруги та струму в системі електропостачання.

Високовольтна мережа - це частина системи електропостачання, яка працює на високих рівнях напруги (зазвичай від 1 кВ до 220 кВ).

Низьковольтна мережа - це частина системи електропостачання, яка працює на низьких рівнях напруги (зазвичай 230/400 В).

Коротке замикання - це аварійна ситуація, коли струм прямує по найкоротшому електричному шляху безпосередньо між фазами або фазою та землею.

Конденсаторна навантажувач - це пристрій, який використовується для компенсації реактивної потужності у системі електропостачання.

Технологічний струм - це струм, що використовується для живлення специфічних електроустаткування у виробничих процесах.

Коефіцієнт корисної дії - це відношення корисної потужності до повної потужності, яке використовується для оцінки ефективності електричних систем та пристроїв.

1.2 Структура системи електропостачання

Система електропостачання складається з різних елементів, які працюють разом для забезпечення передачі та постачання електричної енергії споживачам. Основні компоненти, які входять до складу системи електропостачання, включають:

а. Генератори: Вони виробляють електричну енергію з використанням різних джерел енергії, таких як вугілля, нафта, природний газ, вітер, сонце або вода. Генератори перетворюють механічну енергію в електричну енергію.

б. Трансформатори: Вони використовуються для зміни напруги та струму в системі електропостачання. Трансформатори використовуються для підвищення або пониження напруги для передачі електричної енергії через великі відстані.

в. Передача: Передача електричної енергії з генераторів до розподільних пунктів здійснюється посередництвом високовольтних ліній передачі. Ці лінії передачі мають високу напругу для забезпечення ефективної передачі енергії на великі відстані з мінімальними втратами.

г. Розподіл: Розподільна система включає низьковольтні лінії, підстанції та трансформатори, які забезпечують розподіл електричної енергії до кінцевих споживачів, таких як будинки, підприємства, офіси тощо.

д. Споживачі: Це кінцеві користувачі електроенергії, які використовують електричну енергію для своїх потреб. Споживачі можуть бути резиденціальними, комерційними або промисловими об'єктами, а також установами громадського призначення.

Структура системи електропостачання може варіюватись залежно від розмірів та потужності системи. У більших системах електропостачання можуть бути додаткові рівні напруги, додаткові підстанції та дистрибуційні мережі для кращого розподілу електричної енергії.

Крім того, система електропостачання може бути взаємопов'язаною з іншими системами, такими як системи передачі та розподілу газу, системи теплопостачання

або відновлювальні джерела енергії. Це може забезпечити більш ефективне та стабільне функціонування всіх цих систем.

Враховуючи структуру системи електропостачання, важливо розробляти ефективні стратегії управління та планування, щоб забезпечити надійність, стабільність та ефективність постачання електричної енергії споживачам.

1.3 Класифікація електричних мереж

Електричні мережі можуть бути класифіковані за декількома критеріями, включаючи:

а. Напруговий рівень: Електричні мережі можуть бути високовольтними, середньовольтними або низьковольтними, залежно від рівня напруги, який використовується для передачі та розподілу електроенергії. Високовольтні мережі використовуються для передачі електричної енергії на великі відстані, середньовольтні мережі - для розподілу енергії в місцевих районах, а низьковольтні мережі - для забезпечення постачання електроенергії до споживачів.

б. Топологія: Електричні мережі можуть мати різні топології, такі як радіальна, петлева або сітчаста. Радіальна топологія передбачає однонаправлене рух електроенергії від джерела до споживачів. Петлева топологія має додаткові зв'язки між різними точками системи, що забезпечує резервування та більшу надійність. Сітчаста топологія включає в себе розподілені зв'язки між різними вузлами, що дозволяє більш гнучку маршрутизацію електроенергії.

с. Призначення: Електричні мережі можуть бути розподільними або передаючими. Розподільні мережі призначені для постачання електроенергії до кінцевих споживачів, таких як житлові будинки, комерційні підприємства або установи громадського призначення. Передаючі мережі використовуються для передачі великих обсягів електроенергії на великі відстані між генеруючими станціями та підстанціями.

д. Характер розподілу навантаження: Електричні мережі можуть бути радіальними або мережами зворотного живлення. У радіальних мережах

електроенергія передається від початкової точки до кінцевих споживачів в одному напрямку. Мережі зворотного живлення дозволяють двосторонній потік електроенергії, що дозволяє забезпечити резервні шляхи передачі та забезпечити надійність постачання.

Класифікація електричних мереж допомагає у розумінні їх різноманітності та специфіки функціонування. Враховуючи цю класифікацію, можна розробляти оптимальні стратегії планування, проектування та експлуатації систем електропостачання для забезпечення надійного та ефективного постачання електроенергії споживачам.

1.4 Технічні вимоги до електропостачання

а. Стабільність напруги: Однією з основних вимог до електропостачання є забезпечення стабільної напруги. Зміни напруги можуть призводити до неправильної роботи електричного обладнання, спричиняти перебої в роботі чутливих пристроїв і приладів, а також призводити до збоїв у виробничих процесах. Тому електропостачання повинно забезпечувати стабільну напругу в межах допустимих значень.

б. Надійність постачання: Іншою важливою вимогою є надійність електропостачання. Система електропостачання повинна бути спроектована та побудована таким чином, щоб забезпечити постійне постачання електроенергії без істотних перерв або відключень. Для досягнення цього можуть використовуватися резервні джерела живлення, автоматичні переключення, системи резервування та регулярне обслуговування обладнання.

с. Якість електроенергії: Якість електроенергії включає різні параметри, такі як гармоніки, коливання напруги, високочастотний шум тощо. Електропостачання повинно забезпечувати електроенергію в межах припустимих значень цих параметрів, щоб запобігти негативному впливу на електричне обладнання та забезпечити нормальну роботу споживачів.

d. Ефективність та енергозбереження: Однією з вимог до електропостачання є досягнення ефективності та енергозбереження. Система електропостачання повинна бути спроектована та оптимізована з метою мінімізації втрат електроенергії під час передачі та розподілу. Це може включати вибір ефективного обладнання, використання енергоефективних технологій, впровадження систем компенсації реактивної потужності та інші заходи для зниження споживання електроенергії та покращення загальної ефективності системи.

e. Безпека: Технічні вимоги до електропостачання також включають аспекти безпеки. Система електропостачання повинна бути спроектована та побудована з урахуванням вимог щодо електробезпеки, заземлення, запобігання короткого замикання та інших можливих небезпечних ситуацій. Такі вимоги допомагають забезпечити безпеку персоналу, обладнання та майна, що залежить від системи електропостачання.

Виконання цих технічних вимог є важливим для забезпечення стабільного та надійного електропостачання споживачів. Врахування цих вимог у процесі планування, проектування, будівництва та експлуатації системи електропостачання допомагає забезпечити ефективну та безпечну роботу всього комплексу електротехнічного обладнання та задоволення потреб споживачів.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Історична довідка про підприємство

ТОВ "Укравтозапчастина" було засновано у 1995 році і спеціалізується на виробництві та постачанні автомобільних запчастин. Починаючи з невеликого магазину запчастин, підприємство поступово розширювалося та розвивалося [9].

Протягом перших кількох років існування підприємства, важливим етапом було створення власної виробничої бази та розширення асортименту виробництва. Це вимагало зростання електропотреби та створення ефективної системи електропостачання.

За останні роки ТОВ "Укравтозапчастина" успішно модернізувало свої виробничі потужності та залучило нові технології для поліпшення якості продукції. Це призвело до зростання електропотреби та потреби в стабільному та надійному електропостачанні.[9]



2.2 Огляд поточного стану системи електропостачання

Основною продукцією цього заводу є механізми та машини різного призначення, які постачаються в сільській галузі народного господарства.



Всі машинобудівні підприємства можна розділити на два основних типи:

1. Підприємства з повним технологічним циклом виробництва, тобто з власною металургійною базою та ливарним виробництвом;

2. Підприємства з неповним технологічним циклом виробництва, що включають підприємства без металургійної бази, але з ливарним виробництвом та підприємства, що не мають ні металургійної бази, ні ливарного виробництва.

До останніх відноситься запропонований варіант для заводу з виробництва запчастин до тракторів. На металообробку припадає 40 - 50 відсотків споживання електроенергії заводом.

Металообробне обладнання є найпоширенішим серед усіх інших груп промислового обладнання. До цієї категорії відносяться машини, які обробляють деталі, матеріали та вироби різанням, штампуванням, куванням і шліфуванням.

Металообробка на металообробних верстатах характеризується великою різноманітністю технологічних процесів і режимів, нерівномірними навантаженнями і міжопераційними циклами, властивими робочим машинам. Обробка характеризується значною кількістю відходів у вигляді металевої стружки.

Обробка металів тиском (кування, гаряче і холодне штампування, пресування, волочіння, прокатка і згинання) значно зменшує відходи металу, покращує механічні властивості виготовлених деталей і підвищує якість обробки. Багато виробів з таких матеріалів, як метали і пластмаси, виготовляються тільки пресуванням. Обробка металів і матеріалів тиском, як гарячим, так і холодним, є найбільш економічним методом.

На механічні цехи припадає 40% загального обсягу робіт на заводі. Ці цехи характеризуються низкою високопродуктивних свердлильних і фрезерних верстатів, напівавтоматів і напівавтоматичних ліній.

Прості верстати зазвичай встановлюють для остаточного складання та фарбування. У ці цехи великі деталі та вузли, попередньо зібрані у відповідних цехах, доставляються різними транспортними засобами. У цих цехах машини та механізми збираються в остаточній формі та відповідно до стандартних специфікацій, і після перевірки та приймання відправляються на спеціалізовані майданчики, а потім до замовників за контрактом.

Згідно з ПУЕ, для забезпечення надійності електропостачання електроприймачі поділяються на три категорії:

1. Електроприймачі, перерва в роботі яких може спричинити небезпеку для життя людей, серйозні збитки народному господарству, пошкодження обладнання, великий брак продукції та порушення складних технологічних процесів

2. Перерви в роботі електроустановок, що призводять до масового браку продукції та масових зупинок робітників, механізмів і промислового транспорту; та

3. Всі інші електроприймачі, що не підпадають під визначення категорій 1 і 2.

Електроживлення приймачів категорії 1 і 2 здійснюється від двох незалежних джерел живлення. Приймачі категорії 3 живляться від одного джерела живлення.

Електропостачання заводу, який розглядається, належить до електроприймачів другої категорії.

2.3 Оцінка навантаження та споживання електроенергії

Правильне визначення електричних навантажень є основою для раціональної побудови та експлуатації систем електропостачання на промислових підприємствах.

Розрахункове навантаження - це постійне навантаження, еквівалентне фактичному постійному навантаженню з точки зору теплового впливу. Обладнання та перерізи провідників повинні бути обрані відповідно до умов нагріву з довготривалими допустимими струмами.

2.3.1 Визначення розрахункових навантажень за встановленою потужністю і коефіцієнту попиту

Першим етапом проектування системи електропостачання є визначення електричного навантаження. Залежно від величини електричного навантаження вибирається і випробовується електрообладнання системи електропостачання, визначаються втрати потужності та електроенергії. Від точної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні інвестиції, експлуатаційні витрати та надійність електрообладнання системи електропостачання.

Розрахунок базується на встановленій потужності та коефіцієнту попиту.

Для визначення розрахункового навантаження таким чином необхідно знати встановлену потужність групи споживачів електроенергії та коефіцієнти потужності і попиту, визначені за довідковими даними для цієї групи.

У разі відсутності точних даних про електроприймачі на стадії завдання на проектування під час порівняння варіантів та інших наближених розрахунків розрахункове ефективне навантаження розраховується за формулою, кВт

$$P_p = K_c * P_{\text{НОМ}}, \quad (2.1)$$

де, K_c – коефіцієнт попиту;

$P_{\text{НОМ}}$ - сумарна номінальна потужність електроприймачів цеху, кВт;

Розрахункове реактивне навантаження визначимо за формулою, квар

$$Q_p = P_p * \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.2)$$

де, $\operatorname{tg}\varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності, який відповідає $\cos \varphi$ даної групи

Приймачів.

Навантаження освітленості знаходиться за формулою, кВт

$$P_{po} = K_{co} * P_{ном.о}, \quad (2.3)$$

де, K_{co} - коефіцієнт попиту на освітлювальну установку;

$P_{ном.о}$ - номінальна потужність освітлювальної установки.

Повна розрахункова потужність цеху, кВ А;

$$S_p = \sqrt{(R_p)^2 + (Q_p)^2}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Перелік обладнання підприємства

Найменування цеху	Сілове навантаження						Навантаження освітлення				Сумарна потужність		
	$P_{ном}$, кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_p , кВт	Q_p , квар	F, m^2	K_{co}	$P_{ном}$, кВт	P_{po} , кВт	P_p+P_{po} , кВт	Q_p+Q_{po} , квар	S_p , кВА
Споживачі енергії 0,38 кВ													
1.Механічний	900	0,75	0,7	1,02	675	688	1185	0,85	20	17	692	688	976
2.Термічний	200	0,7	0,8	0,75	140	105	1185	0,70	18	12	152	105	185
3.Заготовчий	250	0,7	0,8	0,75	175	131	1707	0,80	29	23	198	131	237
4.Інструменталь ний	490	0,8	0,8	0,75	392	294	1517	0,80	23	18	410	294	505
0,805.Ковальний	480	0,8	0,7	1,02	384	391	727	0,80	10	8	392	392	554
6.Котельня	600	0,5	0,7	1,02	300	306	1067	0,70	15	10	310	306	436
7.Електроцех	360	0,8	0,8	0,75	288	216	1067	0,80	16	13	301	216	370
8.Експерименталь ний	370	0,65	0,8	0,75	240	180	484	0,85	8	7	247	180	306

9.Компресорна	60	0,8	0,8	0,75	48	36	1185	0,70	17	12	60	36	70
10.Насосна	600	0,5	0,7	1,02	300	306	370	0,70	5	4	303	306	431
11.Лабораторія	150	0,65	0,8	0,75	97	73	1214	0,80	21	16	114	73	135
12.Освітлення території							62492	1,00	10	10	10	0	10
Разом по 0,4кВ	4460				3040	2728				150	3190	2728	4198
Споживачі енергії 10 кВ													
9.Компресорна	800	0,8	0		640	0,000					640	0	640
Разом по 10кВ	800				640	0,00					640	0	640
Усього	5260				3680	2728					3830	2728	4702

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

3.1 Вибір числа та потужності цехових трансформаторів.

Використання підстанцій з двома трансформаторами рекомендується в наступних випадках: де переважають споживачі 1 категорії; де сконцентровані цехові навантаження; в цехах з високою питомою щільністю навантаження.

Орієнтовний вибір кількості та потужності цехових трансформаторів залежить від питомого навантаження, кВ А/м

$$\sigma = \frac{S_p}{F}, \quad (3.1)$$

де S_p - розрахункове навантаження цеху, кВА;

F - площа цеху, м².

За умови $\sigma < 0,2$ застосовують трансформатори потужністю до 1000 кВА.

У разі $0,2 < \sigma < 0,3$ застосовують трансформатори потужністю 1600 кВА.

За умови $\sigma > 0,3$ застосовують трансформатори потужністю 1600-2500 кВА.

Виходячи з картограми навантажень і пункту 2 цехові трансформатори встановлюємо в цехах 1, 2.

Результати розрахунку питомої щільності наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 3.1

Питома щільність по цехам

Цех	1	2
$\sigma, \text{кВ} * \text{А/м}^2$	0,82	0,33

Мінімальна кількість цехових трансформаторів для живлення технологічно пов'язаних навантажень технологічно пов'язаних навантажень визначається за формулою, шт.

$$N_{min} = \frac{P_p}{K_3 * S_{ном}} + \Delta N, \quad (3.2)$$

де K_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора (у разі переважання навантажень першої категорії для двотрансформаторних ТП К;-0,65-0,7; у разі переважання навантажень 2-ї категорії К;-0,7-0,8; у разі переважання навантажень 3-ї категорії К;-0,9);

ΔN - добавка до найближчого цілого числа.

Оптимальне число трансформаторів, шт.

$$N_{opt} = N_{min} + m, \quad (3.3)$$

де m - додаткові трансформатори

Результати вибору цехових трансформаторів зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Вибір цехових трансформаторів

Номер ТП	Пункт живлення	Споживачі	P_p , кВт	$S_{ном.т}$, кВ А	K_3	$N_{минразх}$	N_{min}	N_{opt}
1	1	1,2,3,9	1102,40	1000	0,8	1,38	2	2
2	4	4,11	524,21	400	0,8	1,64	2	2
3	5	5,6,7	1003,39	630	0,8	1,99	2	2
4	10	8,10	550,70	400	0,7	1,97	2	2

3.2 Вибір компенсуючих пристроїв.

Одним з основних питань, яке необхідно вирішувати при проектуванні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств, є питання компенсації реактивної потужності.

Віддавати великі обсяги реактивної потужності з енергосистеми споживачам недоцільно, оскільки навантаження реактивної потужності сприяє втратам активної потужності та енергії у всіх елементах системи електропостачання і вносить свій внесок у втрати напруги в мережі електропостачання.

Компенсація реактивної потужності безпосередньо в мережах промислових підприємств при одночасному підвищенні якості електроенергії є одним з основних способів зменшення втрат електроенергії та підвищення ефективності роботи електроустановок підприємства.

3.2.1 Вибір числа та потужності конденсаторних батарей для зниження втрат потужності в трансформаторах.

Максимальна реактивна потужність, яку необхідно віддати в мережу при напрузі до 1 кВ через трансформатор, визначається за формулою, квар

$$Q_{max.t} = \sqrt{(N_{опт} * Kз * S_{ном.t})^2 - (Pp + Pop)^2} \text{цеха.} \quad (3.4)$$

Сумарна потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ складе, квар

$$Q_{НК1} = Q_{рцеха} - Q_{МАХ.Т.} \quad (3.5)$$

Додаткова потужність $Q_{НК2}$ НБК для цієї групи трансформаторів визначається за формулою, квар

$$Q_{НК2} = Q_{рцеха} - Q_{НК1} - y * N_{опт} * S_{НОМ.Т.}, \quad (3.6)$$

де u - розрахунковий коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта питомих втрат K_{p1}
 Сумарна потужність НБК цеху становить, квар

$$Q_{НК} = Q_{НК1} + Q_{НК2}. \quad (3.7)$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Вибір потужності низьковольтних конденсаторних батарей

Номер ТП	$Q_{P, \text{квар}}$	$Q_{\text{МАХ.Т,}}квар$	$Q_{НК1},квар$	$Q_{НК2},квар$	$Q_{НК},квар$	$Q_{НК.факт},квар$	Кількість та тип НБК
1	960,89	1159,62	-198,73	-339,11	0,00	0	-
2	367,16	367,16	-0,03	-152,88	0,00	0	-
3	913,82	96,24	817,58	-722,76	817,58	804	2 * УКМ 58-04- 402-67 УЗ
4	486,44	101,63	384,80	-418,37	384,80	400	2 * УКМ 58-04- 200-33,3 УЗ
Разом	2728,27				1202,38	1204	

3.2.2 Вибір високовольтних батарей конденсаторів.

Сумарна розрахункова потужність високовольтних батарей конденсаторів для всього підприємства визначається з умов балансу реактивної потужності, квар

$$Q_{ВК} = Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{цт} + \Delta Q_{тГПП} - Q_{нкф} - Q_{сд} - Q_{э}, \quad (3.8)$$

де $\Delta Q_{цт}$ - сумарні реактивні втрати в цехових трансформаторах, квар;

$Q_{нкф}$ - реактивна потужність низьковольтних конденсаторних батарей, квар.

$$\Delta Q_{\text{цт}} = 2 * 49 + 2 * 20 + 2 * 33 + 2 * 18 = 240.$$

Реактивна потужність синхронних двигунів

$$Q_{\text{сд}} = P_{\text{нсд}} * K_{\text{зсд}} * \text{tg}\varphi_i, \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{сд}} = 800 * 0.7 * 0.75 = 240.$$

Сумарна розрахункова потужність ВБК для всього заводу, квар

$$Q_{\text{вк}} = 2728,27 + 240 + 355,22 - 1204 - 420 - 766,14 = 933,35.$$

Встановлюємо дві конденсаторні установки типу УКЛ 56-10,5-900 УЗ.
Фактична потужність ВБК, квар

$$Q_{\text{факт}} = n * Q_{\text{вк}}, \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{факт}} = 2 * 900 = 1800.$$

3.3 Розрахунок струмів короткого замикання

В електроустановках виникають різні види коротких замикань, які супроводжуються раптовим збільшенням струму. Тому електрообладнання, встановлене в системах електропостачання, повинно бути стійким до струмів короткого замикання і вибирається з урахуванням величини таких струмів.

У сучасних електричних системах дуже складно розрахувати струми короткого замикання з урахуванням всіх реальних умов. Через великі діапазони між значеннями параметрів, що характеризують різні типи обладнання, для вибору компонентів та обладнання, що перебувають під напругою, достатньо наближеного значення струму КЗ.

На практиці розрахунок струмів КЗ ґрунтується на низці припущень.

- 1) Збереження симетрії трифазної системи до моменту виникнення КЗ.
- 2) Нехтування струмами намагнічування в трансформаторах.
- 3) Нехтування ємнісними провідностями.
- 4) Наближений облік навантажень.
- 5) Нехтування впливом ємнісних опорів елементів розрахункової схеми на періодичну складову струму КЗ, якщо сумарний активний опір схеми до точки КЗ не перевищує 30-35% сумарного індуктивного опору.

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно підготувати розрахункову схему нормальної роботи системи електропостачання. Усі трансформатори, повітряні та кабельні лінії, що з'єднують джерело з усіма генераторами, великими синхронними та асинхронними двигунами і місцями КЗ, повинні бути включені в розрахункову схему з надперехідною стійкістю.

У схему заміщення вводимо надперехідними опорами всі трансформатори, повітряні та кабельні лінії, які пов'язують джерела з місцем КЗ.

Розрахункова схема для розрахунку струмів короткого замикання представлена на малюнку 3.4.

Розрахунок проводимо у відносних одиницях, використовуючи наближене приведення до одного ступеня напруги, за базисних умов.

$$S_6 = 100 \text{ МВ А.}$$

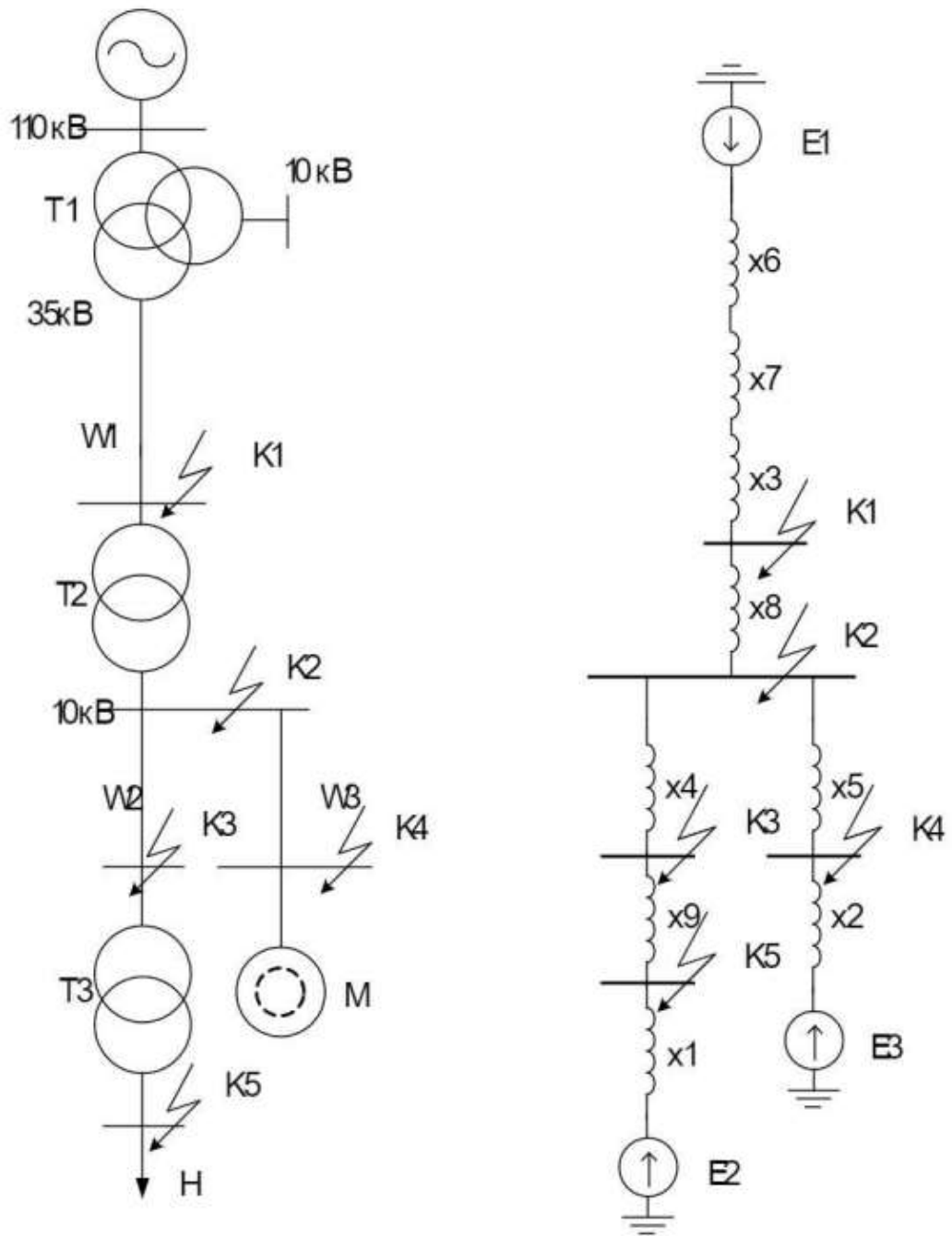


Рис. 3.1 – Схема для розрахунку струму КЗ

Базисні напруги, кВ

$$U_{61} = 37,$$

$$U_{62} = 10,5,$$

$$U_{63} = 0,4.$$

Базисні струми, кА

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6'} \quad (3.11)$$

$$I_{61} = \frac{100}{\sqrt{3} * 37} = 1,56,$$

$$I_{62} = \frac{100}{\sqrt{3} * 10,5} = 5,499,$$

$$I_{63} = \frac{100}{\sqrt{3} * 0,4} = 144,338.$$

Таблиця 3.4

Результати розрахунків струмів КЗ

Точка КЗ	U _Б , кВ	I _Б , кА	I _{КЗ} , кА	I _{уд} , кА
К1	37	1,56	1,9	5,33
К2	10,5	5,499	2,41	6,78
К3	10,5	5,499	2,86	8,06
К4	10,5	5,499	2,4	6,76
К5	0,4	144,34	31,93	89,93

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

4.1 Вибір схеми цехової силової електромережі

До складу електромережі цеху входять:

- мережі силових ЕП;
- мережі пересувних ЕП.

При виборі схеми електромережі цеху враховуються наступні фактори:

- потужність окремих ЕП;
- розміщення ЕП на території цеху;
- потрібна надійність живлення;
- умови середовища.

Цехова силова мережа повинна має відповідати таким вимогам:

- гарантувати необхідну електробезпеку, як для працюючих, так і для електротехнічного персоналу, що обслуговує мережу;
- забезпечувати необхідну надійність електропостачання;
- бути зручною та наочною в експлуатації;
- відповідати характеру навколишнього середовища;
- допускати застосування індустріальних і швидкісних методів монтажу;
- забезпечувати селективність роботи захисту.

Розглянемо схему цехової електромережі на прикладі цеху

металообробки.

Проектована СЕП (рис. 4.1) поєднує у собі принципи роботи магістральних та радіальних схем.

Магістральна схема – це така мережа, уздовж якої в кожній точці можуть бути приєднані споживачі електроенергії.

Радіальна схема – це схема з таким розподілом електроенергії, при якому окремий ЕП або зосереджена група ЕП живляться окремою лінією від того чи іншого ПРЕ.

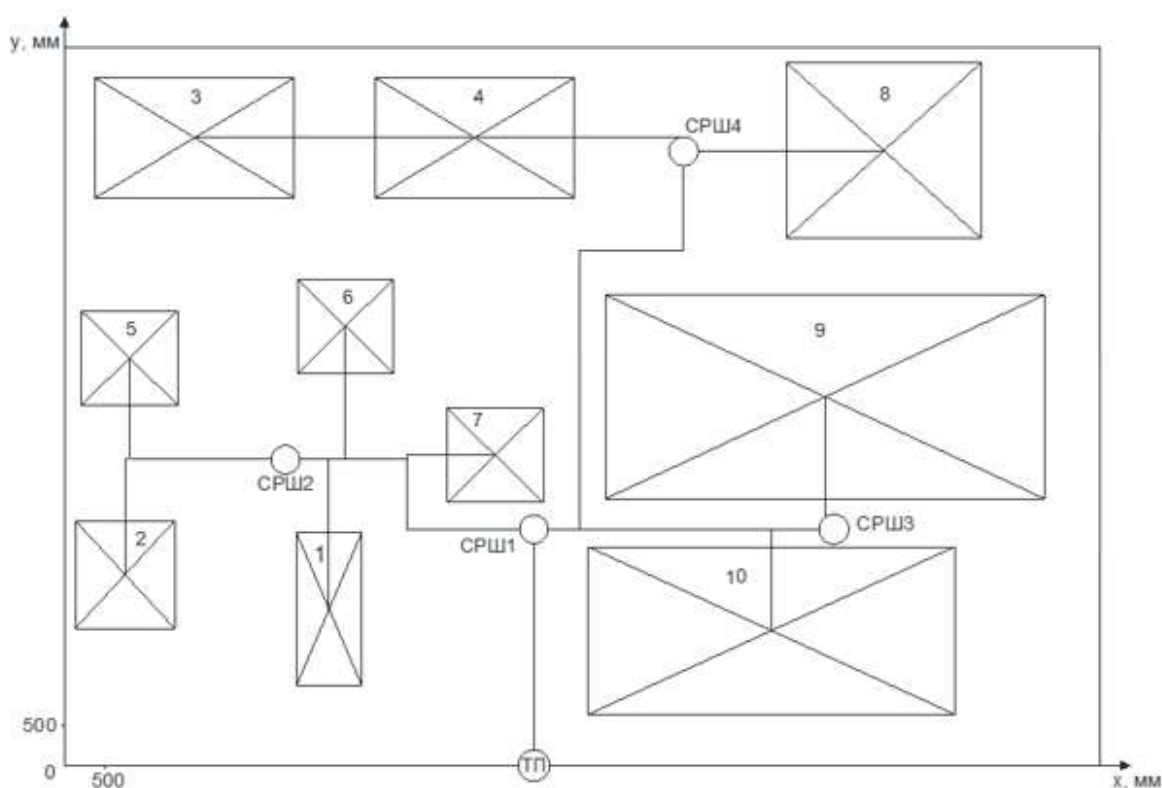


Рис. 4.1 - Шляхи з'єднання ЦТП та ЕП

Підключення ЕП таким чином дозволяє зменшити відстань від підстанції до ЕП без шкоди для надійності електропостачання і не всі ЕП будуть відключені від мережі при спрацьовуванні захисного пристрою. При розрахунку навантаження розрізняють три рівні навантаження: перший, другий і третій.

Перший рівень – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують окремі ЕП до СРШ.

Другий рівень – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують

СРШ, силові пункти та збірки до шин НН ЦТП.

Третій рівень – це збірні шини НН цехової ТП.

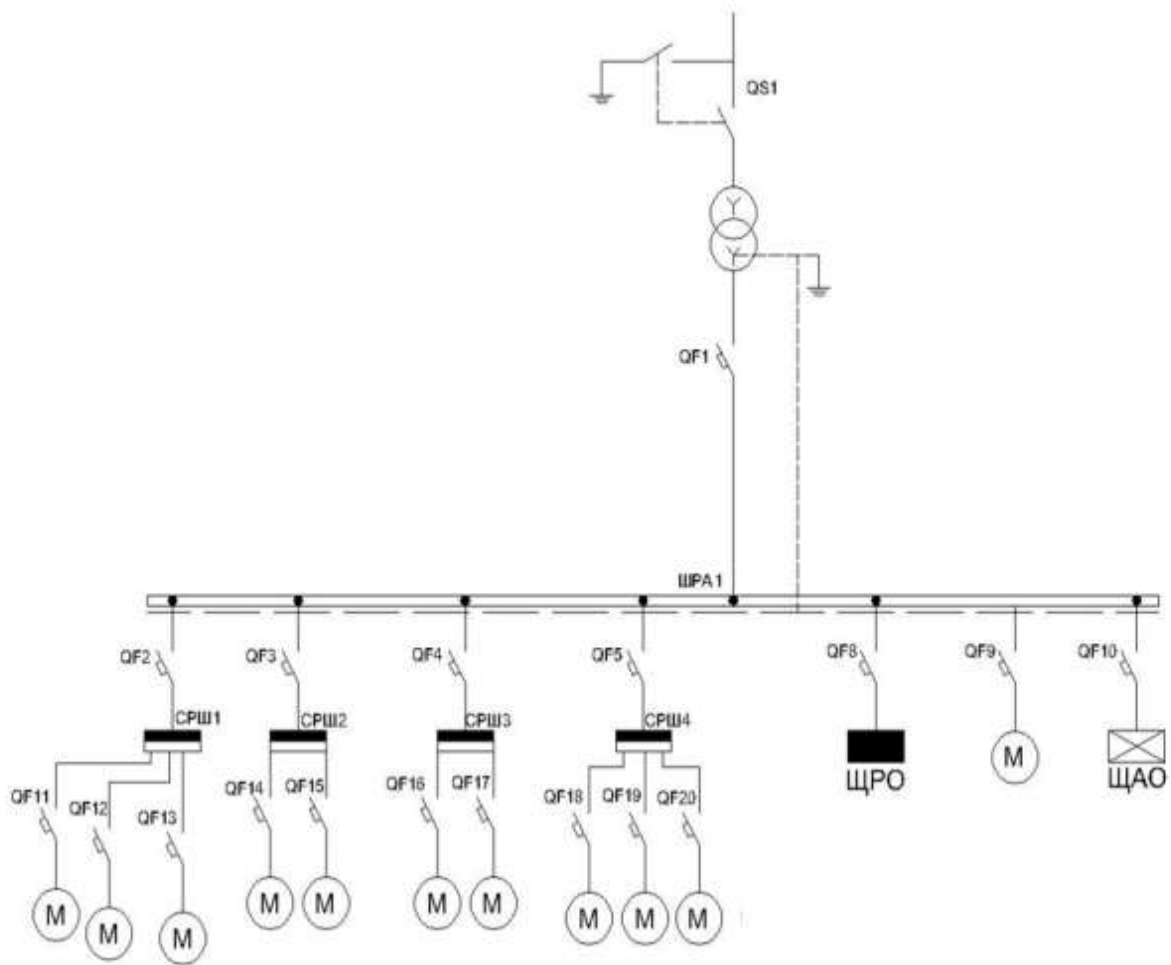


Рис. 4.2 – Схема для вибору електроапаратів та струмоведучих частин

Розташування цехових трансформаторних і перетворювальних підстанцій вибирається з урахуванням наступних факторів:

- З метою зменшення витрат кольорових металів у мережах низької напруги та зменшення втрат потужності і напруги в цих мережах, цехові підстанції слід розміщувати в центрі цехового електричного навантаження (ЦЕН), збільшуючи довжину мережі середньої напруги 10(6) кВ, що живить підстанцію;
- У місці розташування майстерні ПС не повинно бути транспортних засобів для переміщення технічного обладнання або механізмів;

- Структура навколишнього середовища повинна відповідати вимогам, визначеним виробником підстанції.

Оскільки, лише інколи ЦЕН збігається з приміщенням (місцем), розміри й умови якого достатні для розміщення ПС, пошук придатного приміщення (місця) для цехової ПС здійснюють у напрямку від ЦЕН до джерела живлення уздовж її живильної лінії СН, перевіряючи послідовно можливість виконання внутрішньо цехової, вбудованої, прибудованої, зовнішньої, окремо розташованої ПС, а також дахової, антресольної, або підземної цехової ПС.

Перелік силового обладнання цеху металообробки надано в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Технічні характеристики ЕП цеху з металообробки

Найменування ЕП	№ на плані	Кількість	P_n , кВт	$\cos \varphi$	K_B
Токарно-гвинтонарізний верстат 1А62Г	1	1	7,5	0,6	0,16
Верстат оздоблювальний-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78Н	2	1	2,3	0,6	0,16
Верстат оздоблювальний-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78	3-4	2	2,3	0,6	0,16
Верстат хонінгувальний вертикальний одношпindelний	5-7	3	8,12	0,6	0,16
Координатно-розточувальний верстат 2Е440А	8	1	4,5	0,5	0,14
Круглошліфувальний верстат 3А423	9	1	10,5	0,6	0,16
Круглошліфувальний верстат 3В423	10	1	15,5	0,6	0,16

4.2 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

На першому рівні електропостачання навантаження на лінію (дроти та кабелі) створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому коефіцієнті завантаження k_3 ЕП активне та реактивне навантаження на першому рівні електропостачання визначається наступними рівняннями:

$$P_{p.1} = k_3 * P_{ном}; \quad (4.1)$$

$$Q_{p.1} = P_{ном} * tg\varphi; \quad (4.2)$$

$$S_{p.1} = \sqrt{P_{p.1}^2 + Q_{p.1}^2}; \quad (4.3)$$

$$I_{ном.ед} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi}. \quad (4.4)$$

де, tg – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності \cos ;

$U_{ном}$ – номінальна напруга ЕП.

Так, як фактичне значення коефіцієнта завантаження k_3 ЕП невідоме, то при проектуванні приймаємо $k_3=1$.

Також необхідно розрахувати пускові струми АД ($I_{пуск}$) (4.5):

$$I_{пуск} = k_{пуск} * I_{ном.ед} \quad (4.5)$$

де, $k_{пуск}=5$ – для асинхронних двигунів.[2]

Результати розрахунків приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

№ ЕП	Найменування ЕП	R _{ном} , кВт	Розрахункові дані				
			P _{p.1} , кВт	Q _{p.1} , кВАр	S _{p.1} , кВА	I _{p.1} , А	I _{пуск} , А
1	Токарно-гвинтонарізний верстат 1А62Г	7,5	7,5	10	12,5	18,99	94,96
2	Верстат оздоблювально- розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78Н	2,3	2,3	3,07	3,83	5,82	29,12
3-4	Верстат оздоблювально- розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78	2,3	2,3	3,07	3,83	5,82	29,12
5-7	Верстат хонінгувальний вертикальний одношпindelний	8,12	8,12	10,83	13,53	20,56	102,81
8	Координатно- розточувальний верстат 2Е440А	4,5	4,5	7,79	9	13,67	68,37
9	Круглошліфувальний верстат 3А423	10,5	10,5	14	17,5	26,59	132,94
10	Круглошліфувальний верстат 3В423	15,5	15,5	20,67	25,83	39,25	196,25

4.3 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЄ. Оскільки не всі агрегати працюють з максимальним навантаженням одночасно, результуюче навантаження завжди буде меншим за суму номінальних потужностей. Активне та реактивне навантаження на другому рівні визначається за наступним рівнянням. (4.6) – (4.7):

$$P_{p.2} = K_{p.a} \sum_{i=1}^n P_{cp.i} \quad (4.6)$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p} \sum_{i=1}^n Q_{cp.i} \quad (4.7)$$

де, $Q_{cp.i}, P_{cp.i}$ – середні активна та реактивна потужності i -го ЕП;

$K_{p.p}$ – коефіцієнт реактивних навантажень, при числі ефективних ЕП $n_e \leq 10$ приймається $K_{p.p} = 1,1$, а при $n_e > 10$ $K_{p.p} = 1$. [2]

$K_{p.a} = 1,86$ – коефіцієнт активних навантажень. [2]

$$P_{cm.i} = k_{v.i} * P_{ном.i}; \quad (4.8)$$

$$Q_{cm.i} = k_{v.i} * Q_{ном.i} . \quad (4.9)$$

де, $k_{v.i}$ – коефіцієнт використання i -го ЕП;

Якщо до вузла приєднано до 3-х ЕП включно, то їх розрахункове навантаження на другому рівні електропостачання дорівнює сумі їх номінальних потужностей (4.10) – (4.11):

$$P_{p.2} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i} ; \quad (4.10)$$

$$Q_{p.2} = \sum_{i=1}^n Q_{ном.i} . \quad (4.11)$$

Розрахункове силове навантаження на другому рівні електропостачання визначається так (4.12):

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2}. \quad (4.12)$$

При цьому розрахунковий струм (4.13):

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (4.13)$$

Результати розрахунку приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії на другому рівні електропостачання

№ ЕП за планом	$P_{p.2}$, кВт	$Q_{p.2}$, кВАр	$S_{p.2}$, кВА	$I_{p.2}$, А
1,6,7	23,74	31,65	39,57	60,12
2,5	10,42	13,89	17,37	26,39
9,10	26	34,67	43,33	65,84
3,4,8	9,1	13,93	16,64	25,28

4.4 Визначення розрахункового навантаження на третьому рівні електропостачання

На третьому рівні потужності кількість споживачів ще більша, ніж на другому рівні потужності. Як наслідок, навантаження завжди менше, ніж загальна номінальна потужність. На цьому рівні електропостачання розрахунковий ефективний коефіцієнт навантаження $kr.a'$ залежить від ефективної кількості ЕП

n_e , приймають $k_{p.a}' = k_{p.p}'$. [2]

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^m P_{p2.i}}{P_{p2.макс}} = \frac{2(P_{p2.1} + P_{p2.2} + P_{p2.3} + P_{p.тел})}{P_{p2.3}} = 5,91 \quad (4.14)$$

де, $P_{p2.i}$ – розрахункова потужність i -групи електроприймачів на 2-му рівні електропостачання.

$P_{p2.макс}$ – максимальна розрахункова потужність групи ЕП на 2-му рівні електропостачання.

Число ефективно працюючих ЕП округлюється до меншого цілого числа, приймаємо $n_e=5$. Приймаємо $k_{p.a}' = k_{p.p}'=1$ [2] (4.15 – 4.18)

$$P_{p.3} = K_{p.a} \sum_{i=1}^m P_{p2.i} = 76,76 \text{ (кВт)} \quad (4.15)$$

$$Q_{p.3} = K_{p.p} \sum_{i=1}^m Q_{p2.i} = 104,14 \text{ (кВАр)}; \quad (4.16)$$

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2} = 129,37 \text{ (кВА)}; \quad (4.17)$$

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 196,56 \text{ (А)} \quad (4.18)$$

4.5 Розрахунок навантаження загального освітлення

Електричне освітлення на промислових об'єктах - це, як правило, рівномірне освітлення, що забезпечується світильниками, рівномірно розподіленими на кожній фазі трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження. Для освітлення будівель цеху будуть використовуватися низьковольтні лампи. Встановлене навантаження для

загального освітлення в цеху визначається за формулою (4.19):

$$P_{p.уст} = k * p_{п.о} * F * 10^{-3} = 1.83 \text{ (кВт)}; \quad (4.19)$$

де, k – коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежновід джерела світла (для ЛЛ низького тиску стартерних $k=1,2$);[2]

$p_{п.о}$ – питома установлена потужність загального освітлення цеху ($p_{п.о}=13 \text{ Вт/м}^2$);[2]

F – площа цеху, яка підлягає освітленню, м^2 .

Розрахункове значення активного навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою. (4.20) – (4.21):

$$P_{п.о} = K_{п.о} * P_{p.уст} = 1,83 \text{ (кВт)}; \quad (4.20)$$

$$Q_{п.о} = \text{tg}\varphi_0 * P_{p.уст} = 0.6 \text{ (кВАр)}; \quad (4.21)$$

де, $K_{п.о}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення (для невеликих виробничих будівель $K_{п.о}=1$);[2]

$\text{tg}\varphi_0$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi_0$ (для ЛЛ низького тиску $\cos\varphi_0=0,95$);

Розрахункове загальне навантаження загального освітлення цеху визначається за формулою (4.22):

$$S_{п.о} = \sqrt{P_{п.о}^2 + Q_{п.о}^2} = 1.92 \text{ (кВА)}; \quad (4.22)$$

При цьому струм визначається як (4.23):

$$I_{p.o} = \frac{Sp.o}{\sqrt{3} * U_{ном}} = 2.92 \text{ (A)} \quad (4.23)$$

4.6 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою (4.24):

$$P_{p.цтп} = P_{p.з} + P_{p.a.o} + P_{p.o} = 78.77 \text{ (кВт)}; \quad (4.24)$$

де, $P_{p.a.o}$ – розрахункова активна потужність аварійного освітлення (складає 10% від $P_{p.o}$);[6]

Загальне розрахункове реактивне навантаження ЦТП визначається за формулою (4.25):

$$Q_{p.цтп} = Q_{p.з} + Q_{p.a.o} + Q_{p.o} = 104.80 \text{ (кВА)}; \quad (4.25)$$

де, $Q_{p.a.o}$ – розрахункова реактивна потужність аварійного освітлення.

Загальне розрахункове навантаження ЦТП визначається за (4.26):

$$S_{p.цтп} = \sqrt{P_{p.цтп}^2 + Q_{p.цтп}^2} = 131,10 \text{ (кВА)}; \quad (4.26)$$

Розрахунковий струм визначається за (4.27):

$$I_{p.цтп} = \frac{Sp.цтп}{\sqrt{3} * U_{ном}} = 199,19 \text{ (А)}. \quad (4.27)$$

4.7 Вибір кількості трансформаторі цехової підстанції

Кількість трансформаторів для ЦТП визначається:

- а. заданим рівнем надійності ЕП;
- б. потужністю ЕП;

Так, як всі ЕП 3-ї категорії надійності, то для нашого цеху вибираємо один трансформатор, а коефіцієнт завантаження має бути $\beta_T=0,9-0,95$. [2]

Для трьох і менше трансформаторах їх номінальна потужність вибирається відповідно до ефективного навантаження, розрахованого з урахуванням допустимого коефіцієнта навантаження β_t за емпіричною формулою. (4.28):

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{Pp.цтп}{N * \beta_t} = 87,52 \text{ (кВА)}; \quad (4.28)$$

де, N – кількість трансформаторів ТП;

Вибираємо блищу більшу потужність трансформатора $S_{ном.т}=100$ кВА.

Обираємо трансформатор – 100/10/0,4 Δ/Y_n [5], технічні дані приведені в табл.4.4

Таблиця 4.4

Технічні дані трансформатора ТМ–100/10/0,4

Тип тр-ра	S _{ном} , кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані		
		U _{ном} , кВ		ик, %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	I _х , %	r _т , Ом	x _т , Ом	ΔQ, кВАр
		ВН	НН							
ТМ–100/10	100	10	0,4	4,5	1,97	0,31	2,6	22,70	40,8	2,6



Рис. 4.3 – трансформатор силовой типу ТМ

РОЗДІЛ 5

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ТА ЗАЗЕМЛЕННЯ

Якщо ізоляція електричного обладнання порушена, в корпусі та інших металевих частинах може виникнути небезпечний для життя потенціал (потенційна небезпека). Тому всі потенційно небезпечні частини повинні бути заземлені або нейтралізовані. У цьому проекті в майстерні використовується чотирипровідна система електроживлення. Тому для захисту працівників від ураження електричним струмом необхідно використовувати систему захисного відключення. Робота такої системи складається в тому, що при замиканні струмоведучих частин на корпус ЕП виникає однофазне КЗ, що спричиняє миттєве відключення. Для безпечного обслуговування ЦТП треба використовувати заземлення. Усі компоненти ЕП, які зазвичай не перебувають під напругою, але можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції, повинні бути заземлені.

Електропостачання цеху використаємо мережу за системою TN–С

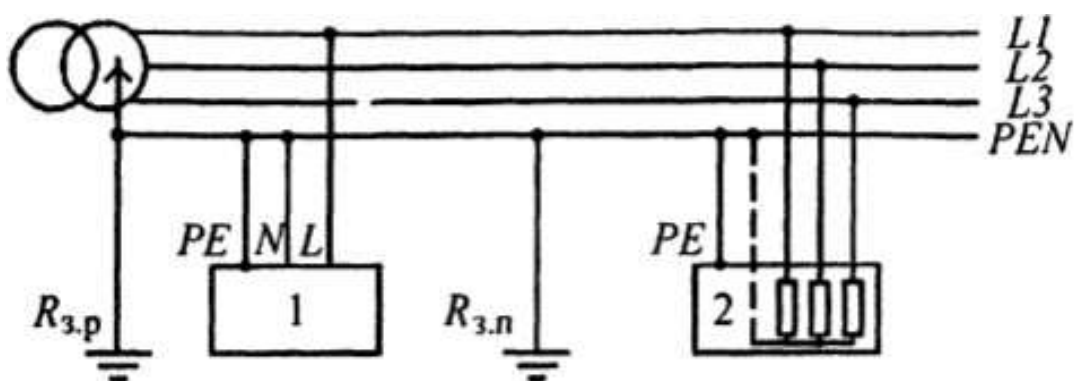


Рис. 5.1 – Схема мережі за системою TN–С

1 – однофазний ЕП; 2 – трифазний ЕП; $R_{з.р}$ – опір пристрою робочого заземлення;

$R_{з.п}$ – опір повторних заземлювачів.

У більшості випадків причиною ураження людей електричним струмом є порушення заземлювальної мережі, такі як обриви проводів, ослаблення болтових

з'єднань або пошкодження контактів. Такі порушення заземлення та заземлювального обладнання можуть бути джерелом підвищеної небезпеки. У разі пошкодження ізоляції небезпечна напруга дотику буде генеруватися не тільки в пошкодженому обладнанні, але й у всіх конструктивних елементах, підключених до цього обладнання, а також у будь-якій точці, де нульовий або нейтральний провідник віддалений від землі або джерела заземлення. Щоб уникнути таких небезпек, слід ретельно контролювати стан програмних компонентів і регулярно перевіряти їх.

Тому надійна робота пристроїв заземлення та занулення забезпечується не тільки правильним застосуванням відповідно до вимог ПУЕ, а й правильною експлуатацією згідно з усіма нормами правил технічної експлуатації (ПТЕ).

Крім того, установки захисного заземлення регулярно вимірюють значення повного опору петлі «фаза- нуль» під час введення в експлуатацію, в процесі експлуатації та після капітального ремонту або реконструкції мережі. Це вимірювання проводиться для визначення струму однофазного замикання, достатнього для активації захисного обладнання.

Опір петлі «фаза-нуль» вимірюється за допомогою ланцюга змінного струму. Існують схеми, які можуть вимірювати загальний опір петлі «фаза- нуль» без вимкнення обладнання. Однак таке вимірювання зазвичай проводиться у вихідні дні, коли вся мережа, що живиться від одного трансформатора, може бути відключена.

На рис. 5.2 показано конструкцію пристрою заземлення.

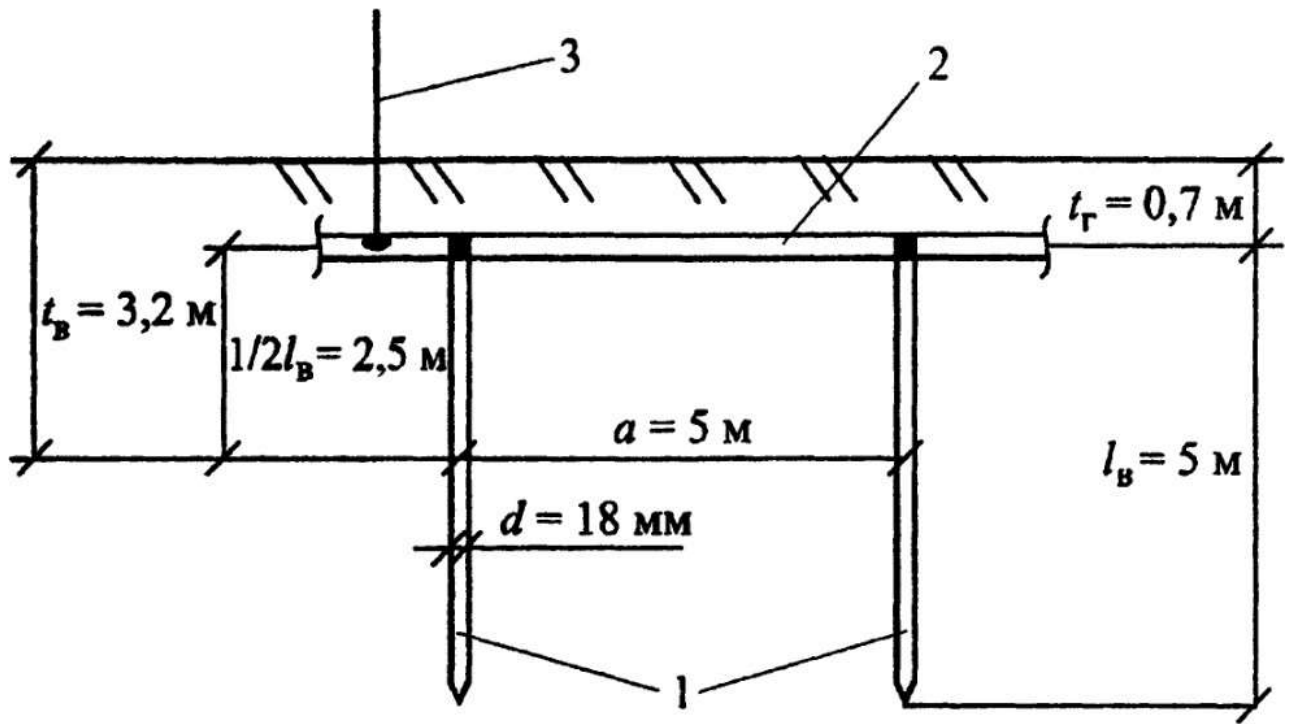


Рис. 5.2 – Конструкція пристрою заземлення

1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач; 3 – заземлюючий провідник.

ВИСНОВКИ

В цій роботі було визначено, що за забезпеченням надійності електропостачання згідно з ПУЕ електроприймачі поділяються на три категорії:

1. Електроприймачі, порушення електропостачання яких може спричинити небезпеку для життя людей, значний збиток народному господарству, пошкодження устаткування, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу.

2. Електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масових недовипусків продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту.

3. Усі інші електроприймачі, що не підходять під визначення 1-ї та 2-ї категорій.

Живлення електроприймачів 1-ї та 2-ї категорій здійснюється від двох незалежних джерел живлення. Електропостачання електроприймачів 3-категорії здійснюється від одного джерела живлення.

Електроспоживачі розглянутого механічного цеху відносяться до третьої категорії тому для живлення цеху достатньо однієї лінії та одного трансформатора. Враховуючи встановлену потужність обладнання цеху було обрано трансформатор 100/10/0,4 Д/Ун.

Проведені розрахунки навантаження цеху металообробки на першому, другому та третьому рівні електропостачання. Також проведено розрахунок навантаження загального освітлення цеху.

В розділі електробезпека та заземлення вказано, що необхідно використовувати занулення для захисту працівників від ураження електричним струмом. Також вказано, що надійна робота пристроїв заземлення та занулення забезпечується не лише правильним виконанням їх відповідно до вимог ПУЕ, але й правильною експлуатацією з дотриманням усіх норм правил технічної експлуатації (ПТЕ).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

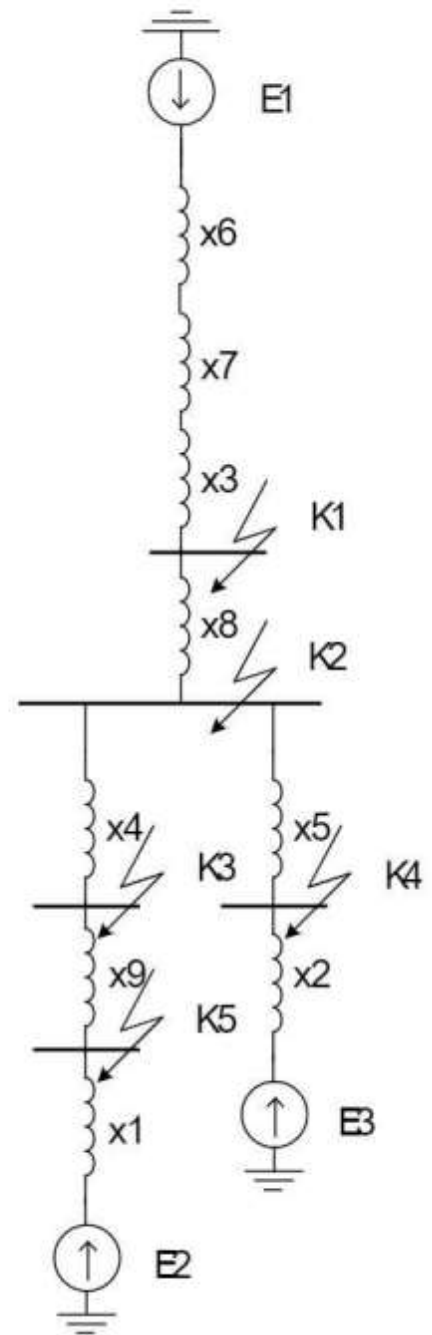
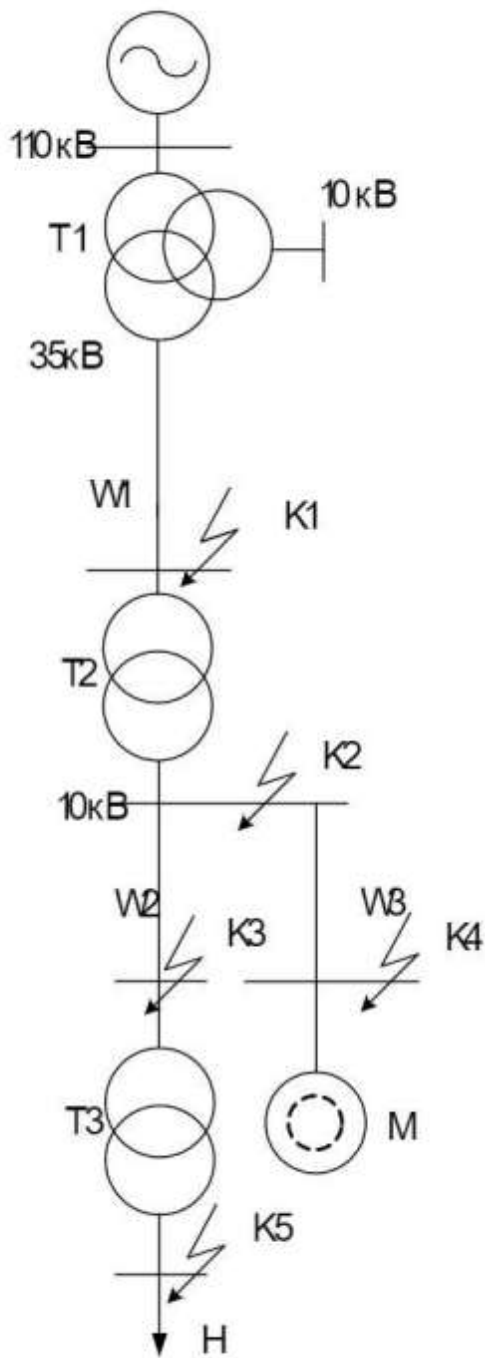
1. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2006. – 163 с.
2. Трансформатори силового типу ТМ, опис, характеристики, придбати, продаж, замовити (Київ, Україна) [Electronic resource]. URL: http://cabex.com.ua/ru/produkcija/transformatori/transformatori_silovie_tipa_tm.html (accessed: 28.11.2021).
3. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с. – Бібліогр. : с. 450-452.
4. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
5. Конспект лекцій з дисципліни “Електропостачання промислових підприємств” для студентів напряму 6.050701 – електротехніка і електротехнології, 6.050702 - електромеханіка / Укладачі Є.Д. Хмельницький, О.О. Крупник — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2015, 125 с.(Частина 1).
6. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник / П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грінчаненко та ін. - К.: Аграрна освіта, 2014. -506 с.
7. Штучний інтелект ChatGPT - <https://chat.openai.com/>
8. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.
9. Інтернет сторінка підприємства ТОВ «Укравтозапчастина» - <http://uaz-upi.com/company>

ДОДАТОК А. Схеми та таблиці розрахунків

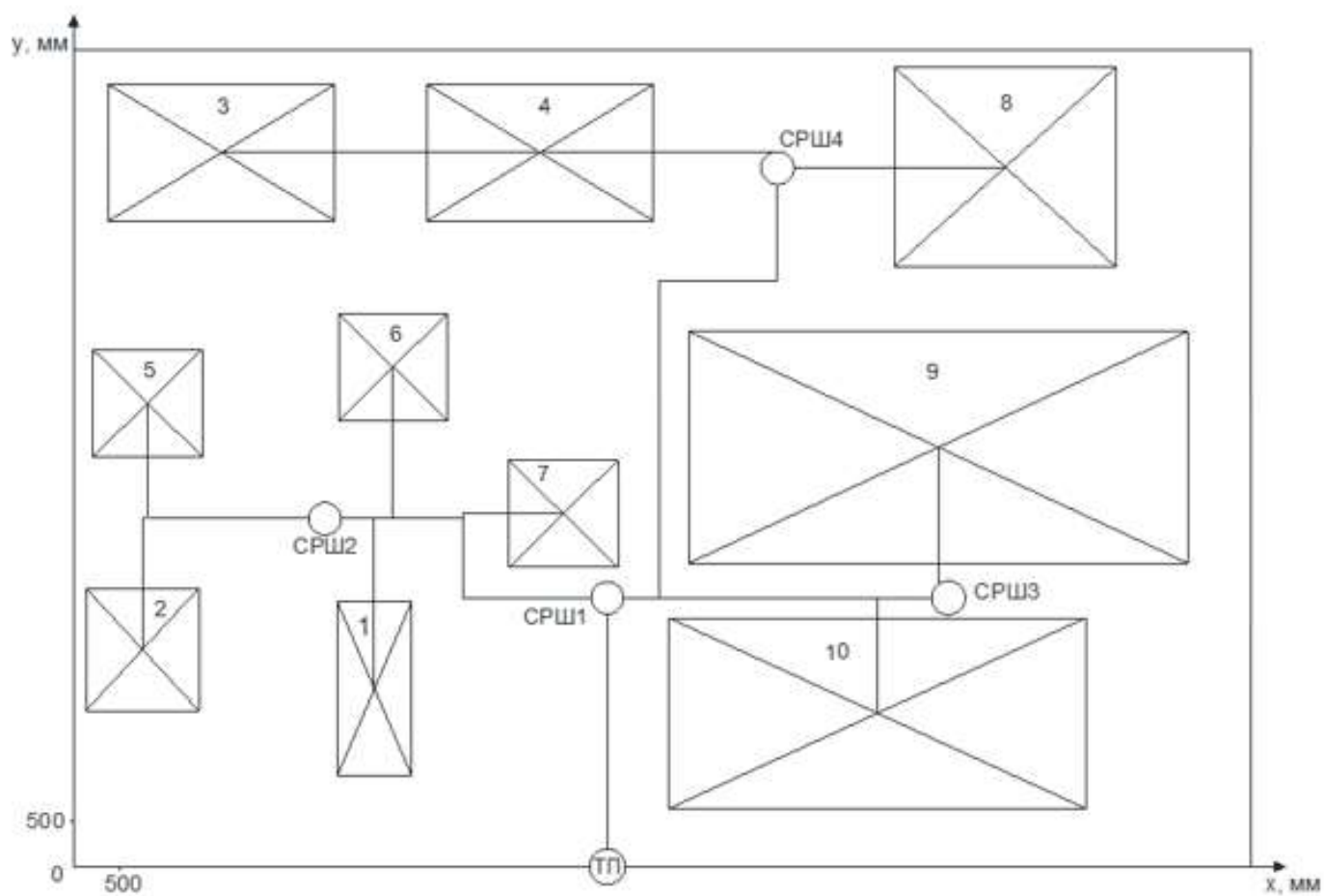
Результати розрахунків навантаження

Найменування цеху	Сілове навантаження						Навантаження освітлення				Сумарна потужність		
	$P_{ном}$, кВт	K_c	$\cos\phi$	$tg\phi$	P_p , кВт	Q_p , квар	F, m^2	$K_{со}$	$P_{ном}$, кВт	$P_{ро}$, кВт	$P_p+P_{ро}$, кВт	$Q_p+Q_{ро}$, квар	S_p , кВА
Споживачі енергії 0,38 кВ													
1.Механічний	900	0,75	0,7	1,02	675	688	1185	0,85	20	17	692	688	976
2.Термічний	200	0,7	0,8	0,75	140	105	1185	0,70	18	12	152	105	185
3.Заготовчий	250	0,7	0,8	0,75	175	131	1707	0,80	29	23	198	131	237
4.Інструментальний	490	0,8	0,8	0,75	392	294	1517	0,80	23	18	410	294	505
0,805.Ковальний	480	0,8	0,7	1,02	384	391	727	0,80	10	8	392	392	554
6.Котельня	600	0,5	0,7	1,02	300	306	1067	0,70	15	10	310	306	436
7.Електроцех	360	0,8	0,8	0,75	288	216	1067	0,80	16	13	301	216	370
8.Експериментальний	370	0,65	0,8	0,75	240	180	484	0,85	8	7	247	180	306
9.Компресорна	60	0,8	0,8	0,75	48	36	1185	0,70	17	12	60	36	70
10.Насосна	600	0,5	0,7	1,02	300	306	370	0,70	5	4	303	306	431
11.Лабораторія	150	0,65	0,8	0,75	97	73	1214	0,80	21	16	114	73	135
12.Освітлення території							62492	1,00	10	10	10	0	10
Разом по 0,4кВ	4460				3040	2728				150	3190	2728	4198
Споживачі енергії 10 кВ													
9.Компресорна	800	0,8	0		640	0,000					640	0	640
Разом по 10кВ	800				640	0,00					640	0	640
Усього	5260				3680	2728					3830	2728	4702

Схема для розрахунку струму КЗ



ДОДАТОК Б. Схеми та таблиці обладнання
Шляхи з'єднання ЦТП та ЕП



Технічні характеристики ЕП цеху з металообробки

Найменування ЕП	№ на плані	Кількість	P_n , кВт	$\cos \varphi$	K_B
Токарно-гвинтонарізний верстат 1А62Г	1	1	7,5	0,6	0,16
Верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78Н	2	1	2,3	0,6	0,16
Верстат оздоблювально-розточувальний вертикальний підвищеної точності 2А78	3-4	2	2,3	0,6	0,16
Верстат хонінгувальний вертикальний одношпindelний	5-7	3	8,12	0,6	0,16
Координатно-розточувальний верстат 2Е440А	8	1	4,5	0,5	0,14
Круглошліфувальний верстат 3А423	9	1	10,5	0,6	0,16
Круглошліфувальний верстат 3В423	10	1	15,5	0,6	0,16

Технічні дані трансформатора ТМ–100/10/0,4

Тип тр-ра	$S_{ном}$, кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані		
		$U_{ном}$, кВ		u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %	r_t , Ом	x_t , Ом	ΔQ , кВАр
		ВН	НН							
ТМ–100/10	100	10	0,4	4,5	1,97	0,31	2,6	22,70	40,8	2,6