

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри КЕСТ
_____ В. П. Квасніков
«__» _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

Тема: “ Електропостачання цеху рухомого складу ВАТ «Запоріжсталь»”

Виконавець:

(підпис)

Лук`яненко Б.Ю.
(П.І.Б.)

Керівник:

(підпис)

Стахова А.П.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер:

(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 студента

_____ Лук'яненко Богдан Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи: «Електропостачання цеху рухомого складу ВАТ «Запоріжсталь» затверджена наказом ректора від «08» травня 2023 р. №654/ст.
2. Термін виконання роботи: з 22 травня 2023 року по 25 червня 2023 року.
3. Вихідні дані до роботи: Перелік електроустаткування цеху. План розташування електроустаткування цеху рухомого складу.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. 1. Загальна характеристика виробництва. 2. Розрахунок системи електропостачання цеху. 3. Організація безпеки життєдіяльності. Висновки. Список використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: план-схеми, фото обладнання, графіки.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Ознайомлення з матеріалом	22.05.23 – 27.05.23	виконано
2	Вивчення літератури	28.05.23 – 30.05.23	виконано
3	Розробка плану дослідження	31.05.23 – 04.06.23	виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	05.06.23 – 10.06.23	виконано
5	Оформлення висновків, переліку посилань, рекомендацій	11.06.23 – 14.06.23	виконано
6	Підготовка доповіді та демонстративного матеріалу в середовищі PowerPoint	15.06.23 – 25.06.23	виконано

7. Дата видачі завдання: « 22 » травня 2023 р.

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

Завдання прийняв до виконання _____ Лук`яненко Б.Ю.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Електропостачання цеху рухомого складу ВАТ «Запоріжсталь»: 53 сторінки, 7 рисунків, 8 таблиць, 14 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – система електропостачання цеху рухомого складу.

Предмет дослідження – комплекс електроустаткування та освітлювальна установка цеху рухомого складу, що є основними споживачами електроенергії.

Мета роботи: є оволодіння основами проектування, закріплення теоретичних знань і відпрацювання практичних навичок розрахунку системи електропостачання цеху рухомого складу, що входить до складу механічного заводу.

У роботі було виконано аналіз основного електроустаткування цеху рухомого складу, виконано розрахунок електричних навантажень цеху, потім було обрано потужність і тип трансформаторів.

У ході роботи для досягнення мети було вирішено такі завдання:

- вивчено аспекти вибору трансформаторів та обладнання,
- виконано аналіз потужностей споживача,
- виконано розрахунок струмів короткого замикання та обрано електрообладнання.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати у навчальному процесі та в практичній діяльності фахівців.

ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ, АВТОМАТИЧНІ
ВИМИКАЧІ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЗАХИСНЕ ЗАЗЕМЛЕННЯ,
БЛИСКАВКАЗАХИСТ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА	9
1.1. Історична довідка про комбінат «Запоріжсталь»	9
1.2. Коротка характеристика комбінату «Запоріжсталь».....	13
1.3. Загальна характеристика під'їзної колії комбінату.....	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ	19
2.1. Коротка характеристика цеху та споживачів електричної енергії	19
2.2. Електричні розрахунки.....	20
2.2.1. Визначення категорій надійності та вибір схем електропостачання.....	21
2.2.2. Розрахунок електричної силової частини цеху.....	23
2.2.3. Розрахунок освітлювальних установок цеху	24
2.2.4. Вибір числа та розрахунок потужності силових трансформаторів на підстанції.....	28
2.3. Вибір точок та розрахунок струмів короткого замикання.....	31
2.4. Вибір основного обладнання та апаратів захисту на підстанції	34
2.4.1 Вибір шин та ізоляторів.....	35
2.4.2 Вибір живильних та розподільчих ліній.....	37
2.4.2. Вибір компенсуючих пристроїв	39
2.5. Розрахунок заземлення	40
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЯДІЙНОСТІ.....	43
3.1. Експлуатація електричних та освітлювальних установок	43
3.2. Пристрої для обслуговування освітлювальних установок	45
3.3. Планово-попереджувальний огляд, освітлювальна установка	46
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ЕП - електроприймач

ПУЕ - правила улаштування електроустановок

ТП - трансформаторна підстанція

РП - розподільні пристрої

ЕЕ - електро енергія

ЕУ - електроустаткування

ЦРС - цех рухомого складу

ГПП - головна понижувальна підстанція

КЗ - коротке замикання

ВСТУП

Вирішення багатьох завдань, пов'язаних з електропостачанням промислових підприємств може бути досягнуто декількома технологічними засобами. Багатоваріантність реалізації промислових систем електропостачання вимагає проведення попередніх техніко економічних розрахунків, результатом яких є економічне обґрунтування обраного технічного рішення.

Система електропостачання промислового підприємства, виконана найбільш раціонально, передбачає задоволення вимог щодо економічності та надійності якості електроенергії. При цьому має бути забезпечена гнучкість системи, що дозволяє подальше розширення системи у разі розвитку підприємства, без суттєвого ускладнення та подорожчання початкового варіанта. Необхідно також по можливості використовувати варіанти, що дозволяють знизити витрати кольорових металів і електроенергії.

Система електропостачання, включає комплекс пристроїв призначених для виробництва, передачі і розподілу електричної енергії.

У процесі проектування промислових систем електропостачання здійснюється вибір найбільш оптимального, раціонального та ефективного варіанта вирішення цього питання. Саме комплексний підхід до вирішення даного завдання при врахуванні всіх необхідних вимог та енергетичних стандартів дозволяють надалі економічно та технічно грамотно працювати всьому підприємству.

У процесі проектування та подальшої реалізації промислової системи електропостачання необхідно враховувати численні фактори: споживана потужність та категорія надійності, розміщення електричних навантажень тощо.

Актуальність теми випускної кваліфікаційної роботи полягає в тому, що створення економічних, надійних промислових систем електропостачання, освітлення, автоматизованих систем управління електроприводами та

технологічними процесами, впровадження нових комплектних перетворювальних пристроїв тощо.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА

1.1. Історична довідка про комбінат «Запоріжсталь»

В травні 1929 року, уряд країни затвердив плани щодо створення значного промислового комплексу, який спеціалізуватиметься на виробництві чорної та кольорової металургії. Основним елементом став Дніпровський промисловий комбінат, включаючи завод листових сталей, відомий сьогодні як ПАТ "Запоріжсталь".

Розпочалося будівництво "Запоріжсталі" в січні 1931 року за проектом, розробленим всесоюзним інститутом "Гіпромет". У жовтні 1932 року, майбутнє ПАТ "Запоріжсталь" отримало електроенергію з ДніпроГЕС, найбільшої гідроелектростанції країни на той момент. 16 листопада 1933 року відбулося відкриття ПАТ "Запоріжсталь", зі спуском першої домни, яка мала найбільший об'єм в Україні на той час - 960 кубометрів. Новий завод став найбільшим металургійним підприємством в Європі з проектною потужністю в 1,2 млн тонн чавуну і 1,4 млн тонн сталі. В 1934 році ПАТ "Запоріжсталь" запустило в роботу ДП №2, а в 1938 році - ДП №3, яка стала найбільшою у світі з об'ємом 1300 кубометрів. У 1935 році на заводі введено в експлуатацію першу мартенівську піч, а потім ще дві мартенівські печі, які були унікальними для світової металургійної промисловості.

У 1938 році, ПАТ "Запоріжсталь" стало першим в Європі, де запрацював безперервний стан гарячої прокатки тонколистової сталі. Цей новий цех відзначався надзвичайною потужністю і пропускнуою здатністю, яка не мала аналогів у Європі. У 1939 році був запущений в роботу цех холодної прокатки № 1. До 1940 року, ПАТ "Запоріжсталь" виробляло 70% сталевого листа в країні, що стало основою для розвитку сільськогосподарського

машинобудування та автомобілебудування в Україні, завдяки отриманню вітчизняного тонколистового прокату високої якості.

Після Великої Вітчизняної війни (1941-1945), ПАТ "Запоріжсталь" зазнав перерви у своєму розвитку. У серпні 1941 року робота заводу була повністю зупинена.

У жовтні 1941 року, в умовах фронтових боїв, був здійснений демонтаж основного обладнання ПАТ "Запоріжсталь", яке було відправлене в тил країни понад 50 тисяч тонн. Пізніше це обладнання було відновлено на заводах в Росії, зокрема, на Магнітці, де запоріжські металурги освоїли виплавку броньової сталі великовантажними печами з основним склепінням.

Відновлення ПАТ "Запоріжсталь" стало пріоритетним завданням після війни. В червні 1947 року було відновлено роботу ДП № 3, а в червні 1948 року - ДП № 4. Останній став першою суцільнозварною домною в країні, і його корпус був зварений фахівцями всього за 34 дні.

До грудня 1949 року ПАТ "Запоріжсталь" відновило виробництво сталі й вийшло на довоєнний рівень.

Після 1945 року велика потреба країни у листовій сталі для автомобільної промисловості стала особливо актуальною. Тому на запоріжському заводі була приділена особлива увага відновленню прокатного виробництва. У липні 1947 року було прокатано перші злитки відновленого слябінгу, а в серпні запусився безперервний стан гарячої прокатки.

У листопаді 1948 року на комбінаті "Запоріжсталь" вперше в країні було вироблено перші плавки на кисневому дутті. Технологія цього процесу була розроблена спільно з фахівцями Центрального науково-дослідного інституту чорної металургії.

Це досягнення відкрило нові можливості для підприємства, оскільки кисень дозволяв знизити вміст забруднень у сталі та поліпшував якість виробу. Це сприяло подальшому зростанню виробництва на "Запоріжсталі" і розширенню її асортименту.

Впровадження нових технологій і постійне вдосконалення процесів виробництва дозволили ПАТ "Запоріжсталь" стати одним з найбільших та найпотужніших металургійних підприємств не тільки в Україні, але й у світі. Завдяки своєму виробничому потенціалу, компанія забезпечувала потреби країни у сталі для різних галузей, включаючи автомобільну та сільськогосподарську промисловість.

У грудні 1952 року на ПАТ "Запоріжсталь" вперше в Україні виробили плавки на кисневому дутті, спільно розроблені з фахівцями Центрального НДІ чорної металургії. Використання кисню в сталеварінні дозволило скоротити тривалість плавки на 2 години і збільшити виробництво на 100 тонн сталі з кожного квадратного метра поду.

У наступні роки ПАТ "Запоріжсталь" продовжувало впроваджувати нові технології і досягнення. У 1957 році вперше в Україні виробництво гарячекатаного листа було переведено на рулонний спосіб, а у 1959 році освоєно виробництво холодногнутих профілів, що полегшило процес обробки для машинобудівних підприємств.

У 1960 році "Запоріжсталь" почала виплавляти феромарганець, що дозволило виробляти нові види високоміцної сталі для штучних супутників Землі. В 1962 році був встановлений найбільший у Європі ливарний цех з застосуванням нових технологій.

В наступні роки ПАТ "Запоріжсталь" продовжила модернізувати свої виробничі процеси. У 1974 році введена в експлуатацію двованна піч з високою продуктивністю, а в 1977 році освоєний метод безстопорного розливання металу.

В 1990-ті роки компанія активно розвивала свою маркетингову діяльність і шукала нові ринки збуту. Також в цей період проводилися модернізація та автоматизація транспортного господарства підприємства.

Це лише кілька досягнень "Запоріжсталі" протягом його історії. У 1990-х роках підприємство продовжило модернізувати свої виробничі потужності, запроваджуючи нові технології і вдосконалюючи процеси виробництва. У цей

період на "Запоріжсталі" було освоєно виробництво 19 нових видів гаряче- і холоднокатаного листа / стрічки для машинобудівної галузі України.

Також були впроваджені автоматизовані системи управління та контролю, що покращило ефективність виробництва і якість продукції. Крім того, "Запоріжсталь" отримав нагороди та визнання за свої виробничі досягнення, зокрема орден Жовтневої Революції.

Важливими подіями в історії підприємства було досягнення виробничих мільйонних показників. У 1978 році на "Запоріжсталі" була виплавлена стомільйонна тонна сталі, а в 1983 році прокатано стомільйонну тонну прокату на безперервному прокатному стані.

Весь цей шлях розвитку і досягнень свідчить про значний внесок "Запоріжсталі" у виробництво сталі в Україні та її лідерство в галузі металургії. Компанія продовжує розвиватися і впроваджувати нові інноваційні рішення для підтримки свого статусу одного з найбільших і сучасних сталевиробників країни.

Надалі, "Запоріжсталь" продовжувала свою еволюцію і розвиток, адаптуючись до змін у глобальній економіці і впроваджуючи нові технології. Вона активно займалась маркетинговою діяльністю та пошуком нових ринків збуту, що сприяло розширенню її присутності на міжнародному ринку.

У цей період "Запоріжсталь" продовжувала модернізувати свої виробничі потужності, зокрема впроваджуючи автоматизацію транспортного господарства. Наприклад, була введена автоматична система вагового контролю завантаження вагонів на залізничній станції Східна у 1992 році. Це сприяло покращенню ефективності та точності управління процесом вантаження.

У 1994 році "Запоріжсталь" освоїла виробництво нових 19 видів гаряче- і холоднокатаного листа / стрічки для машинобудівної галузі України. Це дало підприємству можливість розширити свій асортимент продукції та задовольнити потреби ринку.

Запорізьська сталелитейна компанія продовжує грати важливу роль у виробництві сталі в Україні. Її постійна модернізація, інноваційність та активна маркетингова політика сприяють її успіху як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку. Підприємство продовжує розвиватися, впроваджувати нові технології та старається відповідати потребам сучасного глобального ринку сталевих продукції.

1.2. Коротка характеристика комбінату «Запоріжсталь»

Публічне акціонерне товариство «Запоріжсталь» – одне з найбільших промислових підприємств України, продукція якого добре відома і користується попитом у споживачів на внутрішньому ринку і в багатьох країнах світу. Проектні потужності комбінату дозволяють виробляти близько 6,3 млн тон агломерату, 4,2 млн тон чавуну, 4,07 млн тон сталі, порядку 3,7 млн тон гарячого прокату рис.1, і порядку 1,2 млн тон холодного прокату рис.2 [1].



Рис.1.1. Гарячекатаний прокат



Рис.1.2. Холоднокатаний прокат

Комбінат володіє повним виробничим циклом випуску металургійної продукції. Структура виробництва представлена на рис.1.3.



Рис.1.3. - Структура виробництва

У агломераційному цеху комбінату виробляється основний залізрудний агломерат. Практично всі процеси виробництва агломерату автоматизовані.

Доменне виробництво щорічно виплавляє близько 3,8 млн. т чавуну/рік. Відмінною особливістю чавуну виробництва ПАТ «Запоріжсталь» є низький вміст у ньому сірки і фосфору [1].

Виробництво мартенівського цеху становить близько 4,0 млн. т сталі/рік. Мартенівські печі використовують природний газ. Сталь продувається киснем і аргоном. Виплавляється сталь розливається в злитки масою до 18,6 т, які використовуються для виробництва листового прокату [1].

Цех гарячої прокатки тонкого листа виробляє гарячекатаний прокат в листах і рулонах товщиною від 2,0 до 8,0 мм. Цех гарячої прокатки тонкого листа оснащений агрегатами для забезпечення постачання прокату в листах і рулонах. Безперервний тонколистовий стан «1680» максимальної виробничою потужністю 3,7 млн т. на рік призначений для виробництва гарячекатаних смуг товщиною 2,0-8,0 мм, шириною 860-1500 мм, масою рулону до 16 т. На трьох профілегибочних агрегатах виробляється більше 500 типорозмірів холодногнутих профілів з вуглецевих і низьколегованих марок сталі товщиною від 1,0 до 8,0 мм і з шириною розгортки профілю до 1440 мм [1].

Цех холодної прокатки № 1 виробляє холоднокатаний плоский прокат товщиною від 0,5 до 2,0 мм, шириною від 850 до 1500 мм в листах завдовжки до 4000 мм і в рулонах масою до 16 т, а також холоднокатану стрічку товщиною від 0,2 до 2,0 мм. У ЦХП № 1 на безперервному чотирьохкільтовому стані «1680», двох однокільтових реверсивних станах «1680» і «1200» і двох безперервних вузькосмугових чотирьохкільтових станах, двадцятивалковому стані «1700» і двох безперервних вузькосмугових чотирьохкільтових станах «450» і «650» виробляється холоднокатаний прокат з вуглецевої і низьколегованої сталі. Цех оснащений засобами для дресирування, поперечного різання і подовжнього розпуску, що забезпечують поставку холоднокатаного прокату товщиною від 0,2 до 2,0 мм, шириною від 10 до 1500 мм і довжиною листа до 3950 мм, а також рулонів масою до 15 т [1].

Цех холодної прокатки № 3 на стані «2800» виробляє холоднокатаний лист товщиною від 1,5 до 5,0 мм, шириною 1000-2300 мм і довжиною до 3500 мм з вуглецевих марок сталі. У складі цеху маєтся спеціалізоване відділення з виробництва шліфованих і полірованих листів і рулонів. Максимальна виробнича потужність по гарячекатаному прокату – до 3,6 млн. т, по

холоднокатаному прокату – 1 млн. т, по холодногнутих профілів – до 500 тис. т [1].

Один з пріоритетних напрямків діяльності ПАТ «Запоріжсталь» – підвищення енергоефективності та раціональне використання виробничих ресурсів.

Система енергетичного менеджменту комбінату пройшла сертифікацію на відповідність міжнародному стандарту ISO 50001, що дозволяє досягти суттєвої економії енергоресурсів за рахунок застосування кращої управлінської практики і без значних вкладень. Система енергетичного менеджменту дозволяє знижувати собівартість і енергоємність продукції, витрати на енергоносії, удосконалює поведження з відходами та забезпечує виконання вимог щодо зниження викидів парникових газів.

Основними споживачами продукції комбінату є підприємства автомобільного, авіаційного, сільськогосподарського, транспортного машинобудування, виробники зварних труб, виробів побутової техніки та інші [1].

ПАТ «Запоріжсталь» пов'язують міцні ділові відносини із споживачами з більш ніж 52 країн світу. Найбільш великими країнами-споживачами продукції комбінату є Китай, Туреччина, Польща, Таїланд, Єгипет, Сирія, Ефіопія, Ізраїль і Алжир [1].

Комбінат пропонує на експорт близько 70% всієї своєї продукції. Це переробний чавун, сляби, гарячекатані та холоднокатані рулони і листи, гнуті профілі [1].

Відвантаження експортної продукції здійснюється залізничним, річковим і морським транспортом через Запорізький річковий порт і морські порти Азовського і Чорного морів [1].

1.3. Загальна характеристика під'їзної колії комбінату

Подання одиниць рухомого складу на територію цеху та їх подальше виведення з території після ремонту здійснюється відповідно до графіків, затверджених керівництвом заводу.

Перед подачею одиниць рухомого складу здійснюється обмивка та очищення кузовів, рам та ходових частин. Для цього використовуються спеціальні обмивні камери-ангари, обладнані поворотними колонками з соплами, що обертаються, насосними станціями і бетонованими грязесборниками.

Після надходження до цеху визначається обсяг і характер ремонтних робіт. Для цього перед початком ремонтних робіт кожна одиниця, що надійшла в цех, оглядається начальником цеху або старшим майстром з опису. На транспортну одиницю складається дефектна відомість, яка є водночас і нарядом на проведення ремонтно-складальних робіт. Далі, транспортні одиниці проходять операції розбирання ремонту та складання.

До складу ремонтно-складальних робіт входять операції попередньої виправки деформованих та пошкоджених частин рам та кузовів. Ці операції проводяться на правильно-розбірному майданчику.

На даному майданчику використовуються спеціальні стенди для виправлення металевих частин кузовів, пневмогідролічні домкрати з електроприводом, а також пересувні ремонтні та правильні машини, призначені для виправлення стійок, розкосів, армування та виконання інших операцій, пов'язаних з кузовним ремонтом.

Усі, що знімаються з транспортних одиниць, несправні деталі та вироби метизу направляються в цех для виправлення та повторного використання.

Після проведення всього обсягу ремонтних робіт, транспортні одиниці приймаються інспектором-приймачем та включаються до робочого парку.

В результаті багатьох виробничих процесів, що здійснюються в цеху, утворюються пил та шкідливі гази, тому в приміщенні цеху встановлені

вентиляційні установки.

У разі аварійної зупинки певних виробничих цехів відбувається зупинка всього виробничого циклу цеху. Отже, будь-яке порушення електропостачання впливає на обсяги продукції, що випускається. Тому від надійності промислової енергосистеми залежить функціонування виробництва, у цілому.

Відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ), електроприймачі щодо забезпечення надійності електропостачання поділяються на три категорії [3].

Електроприймачі першої категорії . Перерва електропостачання електроприймачів, що належать до цієї категорії, може зумовити виникнення небезпечних виробничих факторів, результатом яких може стати небезпека для життя виробничого персоналу, заподіяння істотних збитків народному господарству, вихід з ладу дорогого обладнання, масовий виробничий шлюб, збої складного технологічного процесу.

Електроприймачі другої категорії . Перерва електропостачання електроприймачів, що належать до цієї категорії, може стати причиною масового недовипуску продукції, простоїв робітників, обладнання та промислового транспорту.

Електроприймачі третьої категорії . До цієї категорії належать електроприймачі, які не підходять під визначення, описаних вище категорій.

Для вибору оптимального варіанта системи зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху рухомого складу необхідно визначити необхідний ступінь надійності (категорію надійності) електропостачання електроприймачів (ЕП) та навести їх технічні характеристики [4].

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

2.1. Коротка характеристика цеху та споживачів електричної енергії

Цех призначений для виготовлення деталей будівельної, дорожньої та автотранспортної техніки і є складовою механічного заводу.

На ньому передбачено: верстатне відділення, де розміщений верстатний парк; ремонтна майстерня, службові, допоміжні та побутові приміщення. Транспортні операції виконуються за допомогою кран-балки та наземних електровізків.

Цех рухомого складу отримує електропостачання власної трансформаторної підстанції (ТП) 10/0,4 кВ, розташованої біля механічного заводу. Розподільні пристрої (РП) споживачів ЕЕ розміщені у верстатному відділенні. Від цієї ж ТП отримують ЕСП ще два цехи з додатковим навантаженням кожен ($S = 250$ кВ-А, $\cos \varphi = 0,8$; $K_i = 0,5$).

Усі електроприймачі відносяться до другої категорії надійності електропостачання.

Кількість робочих змін – 3.

Грунт у районі будівлі – глина з температурою $+15$ °С. Каркас будівлі споруджений із блоків-секцій завдовжки 8 і 6 м кожен.

Розміри будівлі $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 7$ м.

Усі приміщення, крім верстатного відділення, двоповерхові заввишки 3,2м.

Таблиця 2.1 - Перелік електроустаткування цеху

№ на плані	Найменування ЕУ	Потужність Реп, кВт	Примітка
1	2	3	4
1...3	Ковальсько-штампувальні	14,5	
4...8	Преси електромеханічні	28,1	
9...12	Преси фрикційні	24,2	

1	2	3	4
13	Кран-балка	9,5	ПВ = 40%
14...18	Ковочні молоти	10,2	
19, 20	Вентилятори	4,5	
21...26	Преси кривошипні	15	ПВ - 60%
27, 28	Насоси масляні	3,5	
29, 30	Наждакові верстати	1,5	1-фазні
31, 32	Шліфувальні верстати	7,5	
33, 34	Свердлильні верстати	3	

План розташування електроустаткування цеху рухомого складу показаний рисунку 2.1.

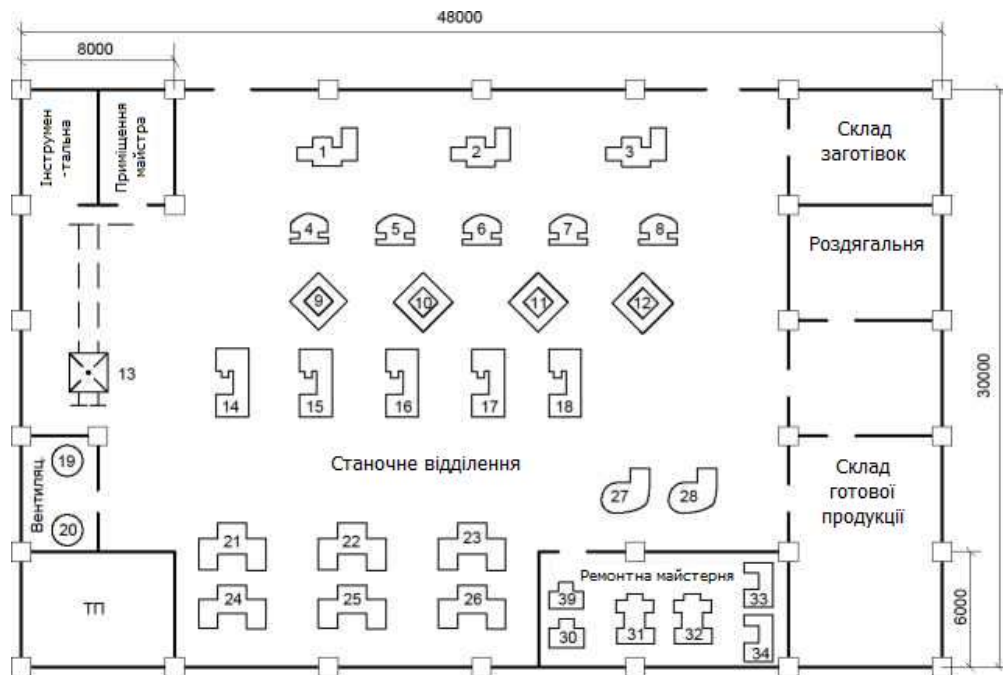


Рисунок 2.1 - План розташування електроустаткування цеху рухомого складу

Значення потужності електроспоживання (Реп, кВт) вказано для одного електроприймача.

2.2. Електричні розрахунки

2.2.1. Визначення категорій надійності та вибір схем електропостачання

Споживачем електроенергії (електроспоживачем) є електрична частина технологічної установки чи механізму, яка одержує енергію з мережі і витрачає її на виконання технологічних процесів.

Електроспоживачі промислових підприємств кваліфікуються за наступними ознаками: струм, напруга, частота, потужність, надійність електропостачання, режим роботи, технологічному призначенні, територіальне розміщення. За напругою електроспоживачі поділяться на дві групи: до 1000 В і вище 1000 В. По типу струму електроспоживачі поділяться на споживачів промислової частоти (50 Гц), змінного струму частотою вище чи нижче 50 Гц, постійного струму. За потужністю підприємства прийнято розділяти на малі – до 5 МВт; середні від 5 до 75 МВт; великі від 75 до 1000 МВт.

За ступенем надійності електропостачання ПУЄ передбачає три основні категорії.

Перша категорія – об'єднує такі електроспоживачі, перерва в електропостачанні яких пов'язана з небезпекою для життя людей, нанесенням значних збитків народному господарству, розладом складного технологічного процесу, пошкодженням устаткуванням, масовим браком продукції виробництва. Перерва в електропостачанні споживачів першої категорії допускається тільки на час автоматичного вводу резервного живлення.

До другої категорії надійності – відносяться споживачі, перерва в електропостачанні яких може привести до масового недовипуску продукції, простою технологічних машин, робітників, промислового транспорту. Перерва в електропостачанні споживачів другої категорії допускається на час, необхідний для включення резервного живлення силами експлуатаційного персоналу.

Третя категорія – об'єднує електроприймачі, які не підпадають під вказані вище характеристики. Приймачі даної категорії допускають перерву в

електропостачанні не більше однієї доби.

За надійністю електропостачання рухомого складу цех (далі ЦРС) є споживачем другої категорії. Ця категорія передбачає використання електроприймачів, зупинка яких, у разі відключення електроенергії, обумовлює великий недовипуск продукції, масові простой робітників, промислового обладнання та транспорту [3].

У даній роботі електроприймачами другої категорії є ковальсько-штампувальні автомати, преси електромеханічного кривошипного та фрикційного типу, кран-балка, ковочні молоти, а також масляні насоси. Сумарна встановлена потужність всіх перерахованих споживачів становить $P_y = 584,4$ кВт, що відповідає 92% загальної встановленої потужності. Частка потужності, що споживається електроприймачами третьої категорії, відповідно, становлять 8%.

Систему електропостачання ЦРС планується заживити від РУ-10 кВ головної понижувальної підстанції (ГПП) заводу. ДПП розташована з відривом 0,43 км. Враховуючи виробничі умови і те, що основна частка споживачів відноситься до другої категорії, виберемо для живлення ЦРС двокабельну лінію. Лінія буде прокладена естакадою, що дозволить забезпечити доступність та зручність для огляду, експлуатації та ремонту кабельної лінії.

Відповідно до числа кабельних ліній вибираємо силові трансформатори ТП цеху в кількості двох штук. Тим самим забезпечимо роздільний режим роботи ліній і трансформаторів, коли при виході з ладу будь-якого елемента системи електропостачання справний забезпечує електропостачання хоча б споживачів другої категорії в межах допустимих навантажень [3].

Силові трансформатори підключатимуться до кабельних ліній через роз'єднувачі. Таке підключення забезпечує відключення трансформатора в режимі холостого ходу та надійний видимий розрив, що необхідно під час виконання робіт з ремонту та обслуговування системи електропостачання. Пристрій резервної перемички 10 кВ, у цьому випадку, зайвий [3].

Як струмопровідне обладнання РУ-0.4 кВ використовуємо збірні шини.

Шини мають бути секціоновані за кількістю трансформаторів. Кожна секція шин підключається до окремого трансформатора, а також відповідної групи електроприймачів [4].

Міжсекційне введення та відхідні лінії в РУ-0,4 кВ обладнаємо автоматичними вимикачами, з метою забезпечення можливості комутації ланцюгів у будь-яких нормальних режимах та їх автоматичне відключення у разі аварії [3].

Як внутрішні розподільні пристрої 0,4 кВ використовуємо розподільні пункти, щитки освітлення, шинопровід.

Електроприймачі, до системи електропостачання підключатимуться за допомогою кабелів, прокладених у металевих коробах, трубах [4].

2.2.2. Розрахунок електричної силової частини цеху

У розрахунку силових навантажень використовуємо метод коефіцієнта максимуму. Даний метод заснований на упорядкованих діаграмах, які дають можливість визначити розрахунковий максимум навантаження, виходячи з номінальної потужності та характеристик електроприймачів [9].

За заданою схемою електропостачання здійснимо угруповання електроприймачів по лініях, що відходять. Кожну групу електроприймачів розбиваємо на підгрупи однорідні за режимом роботи з однаковими значеннями коефіцієнтів використання та коефіцієнтів потужності. Номінальну потужність електроприймачів з повторно короткочасним режимом роботи, приводимо до тривалого режиму.

Номінальна потужність кран-балки становитиме:

$$P_{H \text{ ол}} = P_n \cdot \sqrt{ПВ} = 9,5 \cdot \sqrt{0,4} = 5,985 \text{ кВт.}$$

Аналогічно визначимо значення для пресів кривошипного типу:

$$P_{H \text{ ол}} = 15 \cdot \sqrt{0,6} = 11,55 \text{ кВт.}$$

Таблиця 2.2 - Розрахункові дані цеху рухомого складу

Найменування	n	Встановлена потужність		m	K _i	cosφ/tgφ	Середня потужність		η _ε	K _м	Максимальна розрахункова потужність			I _м
		P _н	ΣP _н				P _{см}	Q _{см}			P _м	Q _м	S _м	
РП1 (13; 19.20)	3	4,5-28,1	18,5	< 3	0,31	0,8/1,73	6,35	5,69	3	1,3	8,25	6,26	10,36	15,7
РП2 (27.28)	2	3,5	12,25		0,7	0,8/0,75	8,58	6,44						
РП3 (29.34)	6	1,5-7,5	25,25	> 3	0,15	0,5/2,29	3,72	6,97	6	2,64	9,82	7,67	12,22	18,5
ШП1 (1.8)	8	14,5-28,1	184	< 3	0,19	0,65/1,17	35,5	47,5	5	1,75	62,13	45,7	77	116,7
ШП2(9..12; 14..18)	9	10,2-24,2	147,8	< 3	0,2	0,65/1,17	29,44	34,8	12	2,24	65,95	37,88	76,05	117
ШП3(21.26)	6	15	90	< 3	0,2	0,62/1,27	18	22,9	12	1,75	31,5	25,15	40,31	62,01
ЩО1 ЛД-40	8	0,64	0,64		0,85	0,95/0,33	0,5	0,17			0,54	0,18	0,57	0,88
ЩО2 ЛД-40	35	2,8	2,8		0,85	0,95/0,33	2,38	0,79			2,5	0,87	2,65	4,08
ЩОО ЖСП-250	20	5	5		0,9	0,95/0,33	4,5	1,49			4,64	1,64	4,92	7,57
ЩАТ ДРЛ-250	10	1	1		0,9	0,95/0,33	0,9	0,3			0,93	0,33	0,99	1,52
Разом: навантаження 0,4 кВ КПУ	107	0,64-28,1	487,5	>3	0,2	0,4/0,95	109,9	120,6	35	1,34	147,23	132,8	98,2	295,8
2 додаткові ділянки цеху						0,8/0,75					200	150	250	380,8
Усього за ТП- КПУ						0,77/0,82					347,23	282,8	448,2	676,6
Усього за ТП- КПУ урахуванням компенсації	3					0,95/0,41					347	42,76	349,6	537,9

2.2.3 Розрахунок освітлювальних установок цеху

У системі загального освітлення цеху рухомого складу з метою енергозбереження будемо використовувати світлодіодні світильники [11].

Розміри приміщення верстатного відділення: А = 32 м; В = 30 м; Н = 7 м-кodu.

Визначимо робочу висоту:

$$h = H - h_c - h_p = 7 - 0,7 - 0,8 = 5,5 \text{ м,}$$

де H – висота приміщення, м;

$h_c = 0,7$ м – висота звису світильника, м;

$h_p = 0,8$ м – висота робочої поверхні над підлогою, м.

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{AB}{h \cdot (A + B)} = \frac{32 \cdot 30}{5,5 \cdot (32 + 30)} = 2,81 \approx 3$$

Розрахуємо коефіцієнт використання світлового потоку: $\kappa_i = 60\%$, залежно від індексу приміщення, типу світильника та відбивних властивостей стелі $\rho_{\text{п}} = 50\%$, стін $\rho_{\text{с}} = 30\%$, робочої поверхні $\rho_{\text{рп}} = 30\%$ [13].

Площа приміщення верстатного відділення визначимо як різницю загальної площі будівлі та сумарної площі всіх інших приміщень:

$$S = 552 \text{ м}^2.$$

Відповідно до розряду зорових робіт приймаємо мінімальну освітленість:

$$E_{\text{min}} = 100 \text{ лк.}$$

Приймаємо кількість рядів 3 і кількість світильників у ряду 4.

Світловий потік однієї лампи розрахуємо за такою формулою:

$$F_n = \frac{E_{\text{min}} \cdot \kappa_z \cdot S_z}{N \cdot \kappa_i} = \frac{100 \cdot 1,8 \cdot 552 \cdot 1,5}{12} = 12420 \text{ лм,}$$

де $\kappa_z = 1,8$ - Коефіцієнт запасу;

z - Коефіцієнт, що залежить від типу джерела світла, для ламп ДРЛ $z = 1,15$

N - Кількість світильників, шт.

Для освітлення даного приміщення використовуватимемо світильники, що мають тип кривої сили світла $\Gamma-1$, тому відношення відстаней між сусідніми світильниками до розрахункової висоти їх установки приймаю $L / H_p = 0,9$ м. Виходячи з цього, попередньо розраховуємо відстані між сусідніми світильниками і від крайніх світильників до стін [13].

$$L = 0,9 \cdot 5,5 = 4,95 \text{ м,}$$

$$I = 0,4 \cdot 4,95 = 1,98 \text{ м.}$$

Далі визначаємо число рядів світильників і число світильників кожному ряду:

$$R = \frac{B - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{30 - 2 \cdot 1,98}{4,95} + 1 = 6,3 = 6 \quad \text{рядів,}$$

$$N_R = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{32 - 2 \cdot 1,98}{4,95} + 1 = 6,6 = 7 \quad \text{шт.}$$

де A - довжина приміщення, м;

B - ширина приміщення, м;

L - відстань від крайніх світильників до стін;

Визначаємо дійсні відстані між рядами світильників та лампами в ряду:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l}{R - 1} = \frac{30 - 2 \cdot 1,98}{6 - 1} = 5,2 \quad \text{м}$$

$$L_A = \frac{A - 2 \cdot l}{N_R - 1} = \frac{32 - 2 \cdot 1,98}{7 - 1} = 4,7 \quad \text{м}$$

Як джерело світла використовуватимемо світильники ML 120C на основі світлодіодної матриці TRXA -120 с - 120Вт [11].

Номінальний світловий потік обраного джерела світла $\Phi_{\text{ном}} = 12000$ лм.

Зробимо розрахунок потужності робочого освітлення:

$$P_p = k_c \cdot k_{\text{пра}} \cdot \sum P_{\text{ном}}, \text{ кВт,}$$

де k_c - коефіцієнт попиту;

$k_{\text{пра}}$ - коефіцієнт пускорегулюючої апаратури (ПРА);

$\sum P_{\text{ном}}$ - сума потужностей ламп робочого освітлення, кВт,

$$P_p = 0,95 \cdot 1,1 \cdot (120 \cdot 42) = 5,3 \quad \text{кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність освітлювального навантаження $Q_{p.o}$, кВар, за формулою:

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \cdot \text{tg}\varphi_o$$

де $\text{tg}\varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності освітлення, при $\cos\varphi = 0,57$.

$$Q_{p.o} = 5,31,44 = 7,6 \quad \text{кВар}$$

Повне розрахункове освітлювальне навантаження $S_{p.o}$, кВА, визначаємо

за формулою:

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.o.}^2 + Q_{p.o.}^2} = \sqrt{5,3^2 + 7,6^2} = 9,3 \text{ кВт},$$

Розрахунковий струм освітлювальної мережі $I_{p.o.}$, А, визначаємо за формулою:

$$I_p = \frac{S_{p.o.}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{9,3}{1,73 \cdot 0,38} = 14,15 \text{ А}$$

За результатами розрахунку вибираємо провід із мідними жилами, типу ВВГ-П 3x1,5, розрахований на струм $I = 16 \text{ А}$.

В системі аварійного освітлення використовуватимемо світильники РН-200 з лампами типу ЛБ [11]. Потужність аварійного освітлення складає відсоткову частку від основного: 20% – для продовження роботи; 5% – для евакуації.

$$P_{ав} = 13200 \cdot 0,05 = 660 \text{ Вт}$$

Кількість світильників – 6 шт.

Для проведення аварійного освітлення використовуємо провід АПВ, з перетином жили $2,5 \text{ мм}^2$.

Розрахунок приміщень невиробничого характеру, таких як склад заготовок, роздягальня, склад готової продукції і т.д. проводиться за методом питомої потужності світлового потоку. Проведемо світлотехнічний розрахунок приміщення складу готової продукції.

Розміри приміщення: $A = 8 \text{ м}$; $B = 12 \text{ м}$; $H = 7 \text{ м}$.

Площа приміщення: $S = 8 \cdot 12 = 96 \text{ м}^2$.

При $S = 96 \text{ м}^2$ і числі світильників $N = 12$ визначимо потужність однієї лампи:

$$P = \frac{S \cdot W}{N} = \frac{96 \cdot 7,5}{12} = 60 \text{ Вт}$$

Вибираємо лампу ЛБ $2 \times 30 \text{ Вт}$.

Сумарна потужність становитиме: $P_c = 720 \text{ Вт}$.

Визначаємо розрахункову реактивну потужність навантаження аварійного освітлення:

$$Q_{p.a.o} = 0,72 \cdot 1,44 = 1,04 \text{ квар.}$$

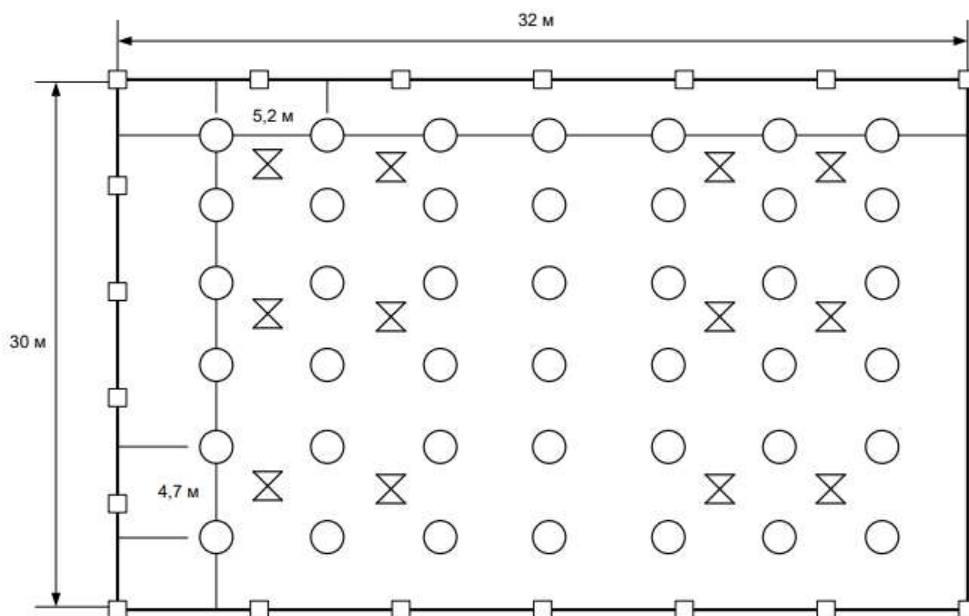
Повне розрахункове навантаження аварійного освітлення складе:

$$S_{p.a.o} = \sqrt{0,72^2 + 1,04^2} = 1,3 \text{ кВт},$$

Розрахунковий струм мережі аварійного освітлення становитиме:

$$I_p = \frac{1,3}{1,73 \cdot 0,38} = 1,98 \text{ А}$$

Для мережі аварійного висвітлення вибираємо аналогічний провід.
Розташування світильників представлено рисунку 2.2.



Умовні позначення: □ - Світильник робочого освітлення, X - Світильник аварійного освітлення

Рисунок 2.2 - План розташування світильників

2.2.4 Вибір числа та розрахунок потужності силових трансформаторів на підстанції

Силові понижуючі трансформатори, служать для зниження напруги живлення 10кВ до робочої напруги споживачів - 0,4 кВ. Будучи основними елементами електропостачання, силові трансформатори здійснюють також

розподілення електроенергії КПУ з низької сторони [6].

Виходячи з вимог надійності, встановимо 2 силових понижуючих трансформатора з первинною напругою $U_1 = 10$ кВ та вторинною $U_2 = 0,4$ кВ.

Розрахунок потужності трансформаторів будемо проводити з дотриманням наступної умови. Трансформатори в нормальному режимі повинні забезпечувати електроенергією всі електроприймачі при оптимальному завантаженні з найменшими втратами. У разі переходу в аварійний режим (вихід з ладу одного із трансформаторів), справний трансформатор повинен забезпечувати роботу електроприймачів першої категорії в режимі допустимого навантаження [6].

Розрахунок потужності трансформаторів будемо проводити, виходячи з наступних даних для:

- повна розрахункова потужність навантажень 0,4 кВ $S_p = 349$ кВА;
- частка електроприймачів другої категорії надійності становить 92%, третьої категорії – 8%;
- повна розрахункова потужність електроприймачів другої категорії складає:

$$S_{II\text{кат}} = 0,92 \cdot S_p = 0,92 \cdot 349 = 321,08 \text{ кВА}$$

де $K_{зт}$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів у нормальному режимі, $K_{зт} = (0,6 - 0,75)$. $K_{ар}$ - коефіцієнт перевантаження трансформатора в аварійному режимі, не має бути вищим за значення 1,4. Допустимий час роботи трансформатора в режимі максимального навантаження становить не більше 6-ти годин на добу, протягом не більше ніж 5-ти діб поспіль.

Зробимо попередній розрахунок і визначимо орієнтовну потужність трансформаторів, відповідно до зазначених вище умов:

$$S_{\sim m} = \frac{S_{\text{зм}}}{2 \cdot K_{\text{зм}}} = \frac{349}{2 \cdot 0,68} = 257 \text{ кВА}$$

Щоб визначити оптимальну потужність трансформатора, розглянемо стандартні значення потужності трансформаторів, менші та орієнтовні.

1. Два трансформатори, кожен потужністю $S_T = 630$ кВА

$$K_{zm} = \frac{S_p}{2 \cdot S_m} = \frac{349}{2 \cdot 630} = 0,28.$$

В результаті отримали досить низький коефіцієнт завантаження трансформатора K_{zt} . Це свідчить про те, що у нормальному режимі, навіть у години максимальних навантажень, трансформатори працюватимуть із великим недовантаженням. Це спричинить великі втрати електроенергії, що у свою чергу, викличе необґрунтовано завищені капітальні витрати та експлуатаційні витрати. Робимо висновок про те, що 1 варіант неекономічний і надалі не розглядається [6].

2. Два трансформатори, кожен потужністю $S_t = 160$ кВА.

$$K_{zm} = \frac{S_p}{2 \cdot S_m} = \frac{349}{2 \cdot 160} = 1,09.$$

Навіть у нормальному режимі трансформатор працюватиме з перевантаженням що неприйнятно для систем електропостачання, тому подальшої перевірки проводити не будемо.

3. Два трансформатори, кожен потужністю $S_t = 320$ кВА.

$$K_{zm} = \frac{S_p}{2 \cdot S_m} = \frac{349}{2 \cdot 320} = 0,55.$$

$$1,4S_T > S_{кат} = 1,4 \cdot 320 > 321,08 = 448 > 321,08 \text{ кВА.}$$

Довідкові дані трансформатора представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані силового трансформатора ТМ – 320/10

Марка	Втрати, кВт		Струм холостого ходу, I_x , %	Напруга короткого замикання, U_k , %
	Холостого ходу, ΔP_x	Короткого замикання, ΔP_k		
ТМ – 320/10	1.60	6.07	7.5	5,5

В даному випадку потужність трансформатора відповідає умовам як нормальної експлуатації, так і аварійного режиму, отже, в даній роботі будемо використовувати трансформатори марки ТМ -320/10, потужністю $S_T = 320$ кВА [6].

2.3 Вибір точок та розрахунок струмів короткого замикання

З метою правильного вибору обладнання та провідних частин, стійких до впливу струмів КЗ, а також для визначення уставок релейного захисту та захисних апаратів необхідно зробити розрахунок струмів короткого замикання (КЗ) [2]. Для цього, потужність короткого замикання на шинах 6 кВ живильної ТП приймемо рівною значенню відключаючої потужності вимикача на лінії живлення:

$$S_K = S_{\text{відкл}} = 152 \text{ МВА.}$$

Розрахунок зробимо в іменованих одиницях (Ом, мОм), виходячи з параметрів елементів електричної ланцюга. Визначимо активні та індуктивні опори ланцюга КЗ, наведені до базисного ступеня напруги в умовах нормального режиму роботи. Для цього складемо розрахункову схему. У розрахунковій схемі враховуватимемо джерело живлення та всі елементи схеми, що впливають на величину струмів КЗ [10].

Відповідно до розрахункової схеми складемо схему заміщення, де вкажемо опору всіх елементів і намітимо точки для розрахунку струмів КЗ.

Розрахункова та еквівалентна схеми, представлені на рисунках 2.3 та 2.4 відповідно.

Комутаційні апарати та перерізи провідників попередньо виберемо по номінальному струму [2].

Визначимо значення опору елементів ланцюга КЗ для напруги $U_6 = 400 \text{ В}$:

$$X_c = \frac{U_6^2}{S_K} = \frac{160000}{152} = 1053 \text{ о.е.}$$

Визначимо значення опору кабельної лінії Л1:

$$R_{\text{л1}} = R_0 \cdot L \cdot \left(\frac{U_6}{U_{\text{сп}}} \right)^2 = 2,28 \cdot 0,43 \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 4,4 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{л1}} = X_0 \cdot L \cdot \left(\frac{U_6}{U_{\text{сп}}} \right)^2 = 0,113 \cdot 0,43 \cdot \left(\frac{0,4}{6} \right)^2 = 0,22 \text{ Ом}$$

де R_0 , X_0 активний та індуктивний питомі опори лінії Л1, Ом/км.

Розрахункова схема наведена на рисунку 2.3, схема заміщення - рисунку 2.4.

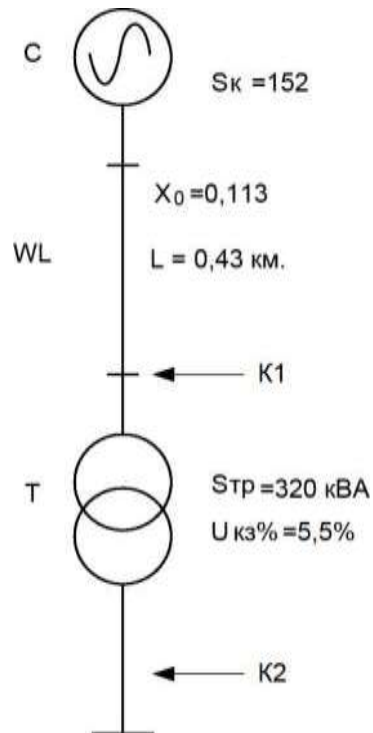


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема

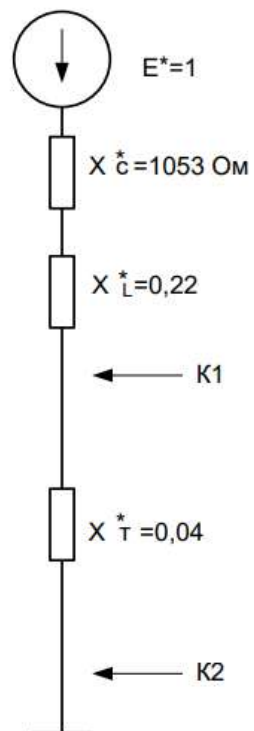


Рисунок 2.4 - Схема заміщення

Далі визначимо результуючий опір ланцюга КЗ у точці К1:

$$R_{K1} = R_{л1} = 4,4 \text{ Ом.}$$

$$X_{K1} = X_c + X_{л1} = 1053 + 0,22 = 1053,22 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{4,4^2 + 1053,22^2} = 1053,23 \text{ Ом.}$$

Визначимо значення опорів трансформатора ТМ - 320/10:

$$R_{*T} = \frac{\Delta P_k}{S_m} = \frac{3,3}{320} = 0,0103 \text{ Ом}$$

$$X_{*T} = \sqrt{U_k^2 - R_{*T}^2} = \sqrt{0,055^2 - 0,0103^2} = 0,04 \text{ о.е.}$$

$$R_T = R_{*T} \cdot \left(\frac{U_{\delta}^2}{S_T} \right) = 0,0103 \cdot \left(\frac{160000}{320 \cdot 10^3} \right) = 5,15 \text{ Ом}$$

$$X_T = X_{*T} \cdot \left(\frac{U_{\delta}^2}{S_T} \right) = 0,04 \cdot \left(\frac{160000}{320 \cdot 10^3} \right) = 0,02 \text{ Ом}$$

У даних виразах, R_{*T} , X_{*T} - відносні, відповідно, активний та індуктивний опір трансформатора; U_{δ} , - напруга КЗ, ΔP_k потужність втрат КЗ.

Результуючий опір ланцюга КЗ у точці К2 складе:

$$R_{K2} = R_{K1} + R_T + R_{л1} + R_{в1} + R_{пш} + R_{ш}, \text{ Ом,}$$

де $R_{пш} = 15 \text{ МОм}$ - перехідний опір контактних з'єднань алюмінієвих шин при $D_{cp} = 300 \text{ мм}$, $r_0 = 0,142 \text{ Ом/м}$ та $x_0 = 0,2 \text{ Ом/м}$. Повні опори шин при довжині 5м: $R_{ш} = 0,71 \text{ Ом}$, $X_{ш} = 1 \text{ Ом}$. Тоді:

$$R_{K2} = 1,57 + 5,15 + 0,15 + 0,1 + 15 + 0,71 = 22,7 \text{ Ом.}$$

$$X_{K2} = X_{K1} + X_T + X_{ш} + X_{в1} = 1,128 + 0,02 + 1 + 0,1 = 2,25 \text{ Ом.}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{22,7^2 + 2,25^2} = 22,8 \text{ Ом.}$$

Розрахуємо діюче та ударне значення струму КЗ, I_k , i_y , а також визначимо потужність КЗ, S_K у намічених точках.

Для точки К1:

$$I'_{K1} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 1,93} = 119,8 \text{ кА}$$

$$I_{K1} = I'_{K1} \cdot \frac{U_{\delta}}{U_{cp.H}} = 119,8 \cdot \frac{0,4}{6} = 4,8 \text{ кА,}$$

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} \cdot I_{K1} = 1,41 \cdot 1,38 \cdot 4,8 = 9,35 \text{ кА}$$

$$S_{K1} = \sqrt{3} \cdot U_{cp.n} \cdot I_{K1} = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 4,8 = 82,97 \text{ МВА}$$

Аналогічно для точки К2:

$$I_{K2} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{1,73 \cdot 31,75} = 7,3 \text{ кА}$$

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{K2} = 1,41 \cdot 1 \cdot 7,3 = 10,3 \text{ кА}$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot U_{cp.n} \cdot I_{K2} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 7,3 = 5,04 \text{ МВА}$$

У наведених виразах, I_{K1} - значення струму КЗ у точці К1, при напрузі 0,4 кВ; K_y - коефіцієнт, що враховує співвідношення між активним та індуктивним опором ланцюга КЗ, та визначається місцем КЗ (Ударний коефіцієнт) [2]; $U_{cp.n}$ - середня номінальна напруга, при якій проводиться розрахунок струму КЗ.

Результати розрахунків струмів КЗ зводимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахункові струми короткого замикання

Точка КЗ	Z_k , Ом	I_k , кА	i_y , кА	S_k , МВА
К1	1053,23	4,8	9,35	82,97
К2	22,8	7,3	10,3	5,04

Розрахунок струмів короткого замикання був здійснений відповідно до розрахункової схеми та схеми заміщення, де вказані опори всіх елементів і намічені точки для розрахунку струмів КЗ.

2.4. Вибір основного обладнання та апаратів захисту на підстанції

Вибір необхідного, призначеного для встановлення на ТП обладнання, виготовляємо відповідно до схеми електропостачання. При цьому, враховуємо умову, що розрахункові значення елемента електричного ланцюга в місці установки апарата, що вибирається, не повинні бути вищими за паспортні, номінальні значення даного апарату. Далі робимо перевірку на стійкість до впливу струмів КЗ. Обладнання в РУ-0,4кВ ТП комплектується на панелях

розподільних щитів типу ЩО70-3УЗ [16].

Перелік обраного обладнання та його розрахункові та номінальні величини наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Устаткування системи електропостачання

Найменування обладнання	Паспортні дані	Розрахункові дані
1	2	3
РУ - 6кВ		
Роз'єднувач внутрішньої установки	U _н =6кВ I _н =400А I _{терм} =16кА I _{дин} =41кА	U _н =6кВ I _р =24А I _к =4,79кА i _у =9,35кА
Обмежувач перенапруги ОПН-КР/TEL-6/6,9	U _н =6кВ U _{кл} =6,9кВ I _{разр} =10кА I _{проп} =250А	-
Автоматичні вимикачі 0,4 кВ		
Ввідний та міжсекційний А3750Б	U _н =380В I _н =800А I _к =6300А i _у =100кА	U _н =380В I _р =231А I _к =4,79кА i _у =9,35кА
Що відходять		
РП1, РП2, РП3 (А3710Б)	U _н =380В I _н =50А I _к =500А i _у =36кА	U _н =380В I _р =20А I _к =7,28кА i _у =10,3кА
ЩО-1, ЩО-2, ЩАО, ЩОО (АЕ2026)	U _н =380В I _н =16А I _{эм.р.} =192А	U _р = 380В I _р = 14,96А
ТТ Т - 0,66УЗ	U _н =660В I _{н1} = 800А I _{н2} = 5А I _{терм} = 50кА I _{дин} = 25кА	U _н =380В I _р = 231А I _к = 4,79кА I _у = 9,35 кА
ШП А3720Б	U _н =380В I _н =250А I _к =2500А i _у =7536кА	U _н =380В I _р =120А I _к =7,28кА i _у =10,3кА
Обмежувач напруги ОПН - КР / TEL - 0,38/0,5	U _н =0,4В U _{кл} = 0,5 кВ I _{розр} = 6 кА I _{проп} =150А	-
Амперметр	Шкала 0 – 800 А	I _р = 231А
Вольтметр	Шкала 0 – 500 А	i _р = 380В
Електролічильник ЕА10RL-Р1В4	0-5А, 400В	-

2.4.1 Вибір шин та ізоляторів

Для монтажу в РУ-0,4 кВ використовуватимемо шини з алюмінію. Дані шини мають розміри: 50 x 5 мм, переріз смуги – 250 мм². Допустиме значення струму шин становить: I_{доп} = 665А. Смуга монтується на ребро. Проліт між опорними ізоляторами приймаємо: L = 1000 мм, Відстань між фазами

становитиме: $a = 350$ мм.

Далі здійснимо перевірку шини на динамічну стійкість під впливом струмів КЗ [7].

При трифазному КЗ зусилля, що діє між фазами визначимо за формулою:

$$F_{\text{розр}} = \left(1,76 \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot \frac{1}{a}\right) \cdot 10^{-1} = \left(1,76 \cdot \frac{9,35}{0,35}\right) \cdot 10^{-1} = 44 \text{ Н}$$

Механічне напруження в шинах складе:

$$\delta_{\text{розр}} = \frac{F_1}{10W} = \frac{44}{10 \cdot 0,21} = 20,95 \text{ МПа}$$

де W - момент опору шин, який, у свою чергу, визначається

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{0,5^2 \cdot 5}{6} = 0,21 \text{ см}^3$$

Шини перетином 250 мм^2 повністю задовольняють умові динамічної стійкості: $\delta_{\text{розрахунків}} = 20,95$ МПа, що менше допустимого значення $\delta_{\text{доп}} = 80$ МПа.

Далі здійснимо перевірку шини на термічну стійкість до струмів КЗ. Спочатку розрахуємо мінімальний переріз алюмінієвих шин, при величині струму КЗ, що дорівнює $4,79$ кА, протягом 1 секунди:

$$S_{\text{мин}} = I_{\text{к}} \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{пр}}}{C}} = 4790 \cdot \sqrt{\frac{1}{88}} = 54,4 \text{ мм}^2$$

де $C = 88$ – коефіцієнт для алюмінієвих.

Вибрані шини повністю задовольняють умову термічної стійкості: $S_{\text{мин}} = 54,43 \text{ мм}^2$ менше $S_{\text{ш}} = 250 \text{ мм}^2$.

Вибір ізоляторів здійснюємо виходячи з номінальної напруги та струму. Далі здійснюємо перевірку на механічне навантаження при КЗ, при цьому враховуємо умову, що розраховане значення для даного типу ізолятора не повинно бути більше ніж 60% від руйнівного навантаження [7].

Відповідно до сказаного вище, використовуємо опорні ізолятори марки ИО-0,66-375-2УЗ. Параметри цього типу ізоляторів такі:

$$U_{\text{н}} = 0,66 \text{ кВ};$$

$F_{разр} = 3750 \text{ Н.}$

Тоді:

$0,6 F_{разр} > F_{розр} = 2250 > 44 \text{ Н.}$

Вибрані ізолятори повністю задовольняють умову механічного навантаження при КЗ.

У РУ-0,4 кВ буде використано 6 шин з алюмінію (по 3 на кожен трансформатор) і 6 опорних ізоляторів ИО-0,66-375-2У3 (по 3 на кожен трансформатор). Шини та ізолятори встановлюються на введенні в РУ-0,4 кВ.

2.4.2. Вибір живильних та розподільчих ліній

Живильну кабельну лінію вибираємо виходячи зі значення економічної щільності струму в режимі нормальної роботи, із тривало допустимого струму навантаження в режимі аварії (у разі пошкодження одного з кабелів). Далі здійснюють перевірку на термічну стійкість до впливу струмів КЗ, а також падіння напруги [7].

Попередньо, як живильну лінію вибираємо алюмінієвий кабель марки АВВГ. Кабель марки АВВГ відноситься до категорії силових кабельних провідників. Особливість кабелю АВВГ в його універсальності – він має великий діапазон застосування. Основне призначення – подача електроенергії з напругою в межах 600-1000 вольт. Ще одна експлуатаційна особливість – стійкість до займання, що дозволяє купити кабель АВВГ для комплектації систем енергопостачання на об'єктах з підвищеною пожежонебезпекою.

У маркуванні зазвичай застосовується буквено-цифрове значення, що допомагає визначити додаткові характеристики, і купити силовий кабель АВВГ необхідної модифікації. В його різних конструктивних варіантах передбачено кількість жил від 1 до 6, що підвищує стійкість до різної сили струму і напруги. У маркуванні цей факт позначається цифрами від 1 до 6. Тій же меті служить і ще одне число маркування, яке вказує на перетин кожного з провідників – у всіх струмоведучих жил воно майже завжди однаково.

Розрахуємо перетин кабелю економічної щільності струму при $T_m = 4100$ год.

$$S_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{макс}}}{2 \cdot j_{\text{ЭК}}} = \frac{24}{2 \cdot 1,4} = 8,6 \text{ мм}^2,$$

де $I_{\text{макс}}$ – максимальний розрахунковий струм при напрузі 6 кВ;

$j_{\text{ЭК}}$ – економічна щільність струму.

Для кабелю АВВГ 5х50 допустимий струм $I_{\text{доп}} = 65 \text{ А}$.

Лінія живлення на основі кабелю АВВГ 5х50 повністю задовольняє умову нагрівання тривалим струмом:

$$I_{\text{доп}} = 65 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 24 \text{ А}.$$

Проведемо перевірку кабелю АВВГ 5х50 на термічну стійкість до впливу струму КЗ за мінімально допустимим перерізом:

$$S_{\text{мин}} = I_{\text{К}} \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{пр}}}{C}} = 4790 \cdot \sqrt{\frac{0,22}{88}} = 25 \text{ мм}^2$$

Умови термічної стійкості до впливу струму КЗ кабель АВВГ повністю відповідає: $45 \text{ мм}^2 > 25 \text{ мм}^2$

Далі здійснимо перевірку вибраного кабелю на втрату напруги при номінальному навантаженні. Для силових мереж змінного струму відхилення напруги від номінального значення не перевищує $\pm 5\%$ [4].

Втрата напруги в кабельній лінії становитиме:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \left(\sqrt{3} \cdot I_p \cdot \frac{L}{U_H} \right) \cdot (R_0 \cdot \cos\varphi + X_0 \cdot \sin\varphi) \cdot 100 = \\ &= \left(\sqrt{3} \cdot 12 \cdot \frac{0,43}{6000} \right) \cdot (2,28 \cdot 0,93 + 0,113 \cdot 0,37) \cdot 100 = 0,2 \%, \end{aligned}$$

Величина втрати напруги знаходиться в межах норми: $0,19\% < 5\%$.

На підставі представлених розрахунків, можна зробити остаточний вибір на користь кабелю АВВГ 5х50 в якості лінії живлення.

Як розподільні силові лінії напругою 0,4 кВ, використовуємо розподільний шинопровід і алюмінієвий кабель марки АВВГ НГ-LS. Перетину вибраних кабелів визначимо за тривалим допустимим струмом. Це зумовлено невеликою довжиною силових ліній. Також здійснимо перевірку силових ліній

на відповідність апарату захисту та на термічну стійкість до впливу струму КЗ. Параметри розподільчих силових ліній представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розподільні лінії напругою 0,4 кВ

Лінія	Розрах. струм I_p , А	Струм розчіплювача $I_{нр}$, А	Коефіцієнт захисту КЗ	Струм захисту I_z , А	Марка та перетин провідника	Довго допустимий струм $I_{доп}$, А
РП-1	15,71	50	1	50	АВВГ - 4x45	69
РП-2	19,33	50	1	50	АВВГ - 4x45	69
РП-3	18,5	50	1	50	АВВГ - 4x45	69
ШП-1	116,67	250	1	250	ШРА-73	250
ШП-2	117	250	1	250	ШРА-73	250
ЩО	14,96	16	1	16	ПВ-1-5 (1x2,5)	30
Цех ГП	361	400	1	400	АВВГ-1- 2(4x150)	2x216

Визначимо мінімально-допустимий переріз кабелів за умовою термічної стійкості до впливу струму КЗ:

$$S_{\text{мин}} = I_k \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{мп}}}{C}} = 7280 \cdot \sqrt{\frac{0,065}{75}} = 24,7 \text{ мм}^2$$

Таким чином, мінімально-допустимий переріз кабелів за умовою термічної стійкості до впливу струму КЗ, становить 24,7 мм².

2.4.2. Вибір компенсуючих пристроїв

З розрахунків отримано загальний коефіцієнт потужності, що становить $K_p = 0,77$. Отримана величина є невисоким значенням, що викликає непродуктивне навантаження реактивної потужності електричних мереж, що тягне за собою великі втрати активної потужності. З метою збільшення значення K_p до оптимального значення $K_p = 0,95$ слід компенсувати реактивну потужність за допомогою компенсуючих пристроїв. Компенсації підлягає наступна величина реактивної потужності [9]:

$$Q_x = P_m \cdot (tg\varphi_p - tg\varphi_{\text{ном}}) = 347,23 \cdot (0,825 - 0,329) = 172,23 \text{ квар},$$

де P_m – розрахункова максимальна активна потужність, кВт.

$\operatorname{tg}\varphi_p$ $\operatorname{tg}\varphi_{\text{опт}}$ - тангенси кутів розрахункового та оптимального коефіцієнта потужності.

Як компенсувальні пристрої будемо використовувати дві конденсаторні установки ККУ-0,38-1, встановлені в РУ-0,4 кВ ТП і підключені по одній на кожну секцію шин. Кожна установка має потужність 80 квар.

Підсумкові розрахункові значення навантажень становитимуть:

$$P_M = 347 \text{ кВт};$$

$$Q_M = (282,7 - 80 \cdot 2) = 42,76 \text{ квар};$$

$$S_M = 349,62 \text{ кВА};$$

$$I_M = 537,88 \text{ А};$$

$$\cos\varphi = 0,95;$$

$$\operatorname{tg}\varphi = 0,41.$$

2.5. Розрахунок заземлення

Вихідні дані для розрахунку заземлювального пристрою (ЗП) наступні: питомий опір ґрунту в районі підстанції $r_{\text{гр}}$ і опір заземлювального пристрою $R_{\text{зп}}$. Останнє залежить від робочої напруги електроустановки та режиму її нейтралі [14].

Підстанція є приміщенням, вбудованим у будівлю пресової ділянки. Враховуючи це, заземлювачі розташуємо вздовж стіни будівлі. Як заземлювачі будемо використовувати вертикальні пруткові електроди. Ґрунт у районі будівлі – глина, питомий опір якої становить $r_{\text{гр}} = 40 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Визначимо розрахунковий опір ґрунту з урахуванням коефіцієнта підвищення опору:

$$r = r_{\text{гр}} \cdot \psi = 40 \cdot 1,36 = 54,4 \text{ Ом}\cdot\text{м} = 0,544 \cdot 104 \text{ Ом}\cdot\text{см}.$$

Для мережі напругою 6 кВ із ізольованою нейтраллю, при загальному заземленні, опір заземлювального пристрою визначається за формулою [14]:

$$R_{\text{зп}} = \frac{U_{\text{з}}}{I_{\text{з}}} = \frac{50}{0,43} = 116,3 \text{ Ом}$$

де $U_3 = 50 \text{ В}$ - напруга дотику,

I_3 - повний струм замикання на землю, що у свою чергу, визначається як:

$$I_3 = \frac{U_H (35 \cdot L_K + L_B)}{350} = \frac{10(35 \cdot 0,43 + 0)}{350} = 0,43 \text{ А}$$

де L_K і L_B - довжини кабельних та повітряних ліній, що мають електричний зв'язок, км.

Опір заземлювальних пристроїв електроустановок із ізольованою нейтраллю напругою понад 1000 В не повинен бути більшим 10 Ом, отже, приймаємо $R_{3y} = 10 \text{ Ом}$.

Опір ЗУ для мережі з глухозаземленою нейтраллю напругою 0,4 кВ не повинен перевищувати 4 Ом, тому приймаємо найменший опір загального ЗУ $R_{3y} < 4 \text{ Ом}$.

Як природний заземлювач може виступати фундамент будівлі, з вимірним опором $R_e = 9,7 \text{ Ом}$, що більше за допустиме. Отже, необхідно застосувати додаткові штучні заземлювачі, опір яких визначається так [12]:

$$R_e = \frac{R_e \cdot R_{3y}}{R_e - R_{3y}} = \frac{9,7 \cdot 4}{9,7 - 4} = 6,81 \text{ Ом}$$

Діаметр пруткових електродів $d = 12 \text{ мм}$, довжина $L = 5 \text{ м}$. Визначимо опір одиночного електрода з урахуванням опору ґрунту:

$$R_{np} = 0,0027 \cdot \rho = 0,0027 \cdot 0,544 \cdot 10^4 = 12,35 \text{ Ом.}$$

Розрахуємо необхідну кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_{np}}{\eta \cdot R_{3y}} = \frac{12,7}{0,68 \cdot 6,81} = 2,67 = 3 \text{ шт.}$$

де η - коефіцієнт екранування трубчастих заземлювачів, рівний 0,68.

Визначимо опір розтіканню штучних заземлювачів:

$$R_{3y} = \frac{R_{np}}{\eta \cdot n} = \frac{12,35}{0,68 \cdot 3} = 6,05 \text{ Ом}$$

Тоді загальний опір заземлювальних пристроїв становитиме:

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{3y}}{R_e + R_{3y}} = \frac{9,7 \cdot 6,23}{9,7 + 6,23} = 3,73 \text{ Ом}$$

Розраховане значення відповідає нормі.

Пруткові електроди закопуються в землю вертикально, на глибину 0,7 м і з'єднуються сталеву стрічкою між собою. Сталева стрічка повинна мати типорозміри 40x4 мм і з'єднується із прутками за допомогою електрозварювання. Цією ж смугою здійснюється введення в ТП і приєднання до головної шини заземлення (ГЗШ) у двох місцях. Горизонтальна смуга не вносить опір у загальне заземлення, тому що розташовується в шарі ґрунту, що замерзає [14].

Для виконання робіт з вимірювання опору заземлювача повинна бути передбачена можливість від'єднання заземлювального провідника. Щит заземлювача повинен розташовуватись у зручному місці. Можливість від'єднання заземлювального провідника має бути, тільки за наявності спеціального інструменту.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЯДІЙНОСТІ

3.1. Експлуатація електричних та освітлювальних установок

Як показує практика, жодна освітлювальна установка не може надійно та ефективно функціонувати без регулярного та належного догляду. Зниження інтенсивності світлового потоку та поступове зменшення рівня освітленості обумовлено цілою низкою об'єктивних причин, а саме:

- старіння освітлювальних ламп;
- накопичення пилу і бруду на поверхнях, що відбивають і розсіюють світильників і лампах;
- поступове погіршення відбивних властивостей поверхонь приміщень та обладнання [12].

Старіння освітлювальних ламп є неминучим процесом. А за рівнем забрудненості світильників, поверхонь приміщень та обладнання можна забезпечити належний контроль, і при добре організованій експлуатації наслідки забруднення можуть бути своєчасно усунуті.

Організація експлуатації освітлювальних установок, за якої забезпечується найбільш ефективна та надійна робота всієї системи освітлення, повинна передбачати таке:

- приймання освітлювальних установок з перевіркою їх роботи, після закінчення монтажних робіт та проведення капітальних ремонтів;
- своєчасну заміну застарілих та перегорілих ламп та чищення світильників;
- проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів світильників та електричної мережі [8].

Збереження умов освітлення виробничих приміщень, створюваних системою освітлення в процесі експлуатації, у значному ступеня залежить від догляду за

нею, від своєчасної заміни джерел світла та змісту освітлювальних приладів у чистоті.

Найпростішим і найчастіше використовуваним способом заміни джерел світла є індивідуальний метод заміни ламп, що передбачає заміну лампи після її перегорання. Одним із суттєвих недоліків даного підходу є тривале використання ламп, що втратили свою ефективність, і як наслідок, зниження загальної освітленості, що створюється освітлювальною установкою [8].

Найбільш важливою, необхідною і в той же час, трудомісткою роботою, що виконується в процесі експлуатації освітлювальних установок, є періодичне очищення колб ламп, а також поверхонь світильників, що відбивають і розсіюють, від накопиченого пилу і бруду. При цьому, частота проведення таких робіт залежить від цілого ряду факторів, і в першу чергу від середовища приміщення, що освітлюється. Так, світильники, що експлуатуються в умовах цехів металургійного виробництва, потребують більш частого обслуговування, ніж освітлювальна система закладу охорони здоров'я. Таким же чином, елементи освітлювальної установки шліфувальної майстерні повинні піддаватися частішому чищенню, ніж світильники, що експлуатуються в умовах актового залу, розташованого в тому ж будинку [8].

Кількість чисток, що здійснюються відповідно до глави II -А, СНІП «Штучне освітлення. Норми проектування» [5], за кількістю пилу, диму та кіптяви, що містяться в повітряному середовищі приміщень та зовнішніх просторів, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Кількість чисток світильників

Висвітлювані об'єкти	Кількість чисток не менше
Виробничі приміщення в яких міститься пил, дим і кіптява в кількості:	
10 мг/м ³ і більше	2 рази на місяць
Від 5 до 10 мг/ м ³	1 раз на місяць
Не більше 5 мг/ м ³	1 раз на 3 місяці
Допоміжні приміщення з нормальним повітряним середовищем та приміщення громадських та житлових будівель	1 раз на 3 місяці

Майданчики промислових підприємств у яких міститься пил, дим і кіптява в кількості:	
Більше 5 мг/м ³	1 раз на 3 місяці
До 0,5 мг/м ³	1 раз на 6 місяців
Вулиці, площі, дороги, території громадських будівель житлових районів та виставок, парки, бульвари	1 раз на 6 місяців

3.2. Пристрої для обслуговування освітлювальних установок

Обслуговування світильників викликає особливі труднощі в процесі експлуатації освітлювальних установок.

встановлюються на значній висоті від рівня підлоги чи земної поверхні. У зв'язку з цим виконання робіт зі зміни або чищення джерел світла та забруднених частин світлотехнічної схеми світильників багато в чому залежить від наявності спеціальних пристроїв або пристроїв, що дозволяють забезпечити доступ до світильників [12].

Для виконання зазначених робіт, залежно від висоти підвіски світильників, можуть бути використані наступні пристрої:

- приставні драбини або драбини;
- пересувні телескопічні та шарнірно-телескопічні вишки;
- спускні пристрої;
- підвісні та мостові вантажопідйомні крани;
- стаціонарні світлотехнічні містки;
- - автомашини, обладнані кошиками чи майданчиками на
- розсувної телескопічної або шарнірно-телескопічної вежі [12].

Відповідно до ПЕУ, приставні сходи та драбини можуть бути використані при обслуговуванні освітлювальних установок з висотою підвіски світильників, що не перевищує 5м. При цьому роботи з обслуговування повинні проводитись не менше ніж двома особами.

Довжина драбин і драбин, повинна забезпечувати вільний доступ до світильника зі сходинки, що віддаляється на 1м від верхнього краю драбини або

драбини. За наявності на драбині майданчика - вона повинна мати огорожі заввишки не менше 1 м.

Телескопічні та шарнірно-телескопічні підйомники пересувного типу можуть успішно використовуватися при обслуговуванні світильників зовнішнього освітлення, підвішених на опорах освітлення, спеціальних кронштейнах, на стінах будинків. При цьому висота підвіски може досягати 6 м і більше від рівня земної поверхні або підлоги [12].

Використання телескопічних витягів пересувного типу при обслуговуванні світильників, розташованих у промислових будівлях, є малоефективним. Це пов'язано з тим, що підйомники подібного типу забезпечують вузький фронт робіт, обмежений розмірами робочої корзини. Тут також дається взнаки значний час, що витрачається на підйом і опускання телескопічного підйомника перед і після його ручного переміщення з однієї робочої позиції на іншу.

Аналогічно, як і при застосуванні приставних драбин і драбин, світильники повинні підвішуватися так, щоб технологічне обладнання та виступаючі частини фундаментів не заважали встановленню підйомника [12]. Дані умови не завжди можливо забезпечити, тому телескопічні витяги пересувного типу знайшли дуже обмежене застосування при обслуговуванні промислових освітлювальних установок.

3.3. Планово-попереджувальний огляд, освітлювальна установка

З метою забезпечення надійної та ефективної роботи освітлювальної установки необхідно організувати постійний контроль над її складовими частинами. У період експлуатації слід проводити попереджувальні періодичні огляди, перевірки та при необхідності здійснювати ремонт елементів освітлювального обладнання. Строки проведення оглядів та планових ремонтів визначаються службою електрогосподарства підприємства на підставі вимог правил технічної експлуатації. [12].

У процесі проведення оглядів та перевірок світильників повинні встановлюватися такі фактори:

- наявність, цілісність і надійність кріплень розсіювачів, захисних стекол, решіток, що екранують, відбивачів;
- надійність електричних з'єднань, стан ізоляції проводів,
- справність ламп, стартерів, ПРА та ін.

Огляд, ремонт та перевірка повинні проводитись щодо світильників, щитків групового та магістрального призначення, проводів, вимикачів, перемикачів, штепсельних розеток. Рекомендовані терміни проведення планово-попереджувальних оглядів та ремонтів усіх перелічених елементів освітлювальних систем перераховані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Рекомендовані терміни планово-попереджувальних оглядів та ремонтів

Об'єкти ремонту та огляду:	Для приміщень із нормальним середовищем та для установок зовнішнього	Для приміщень сирих, особливо сирих, заповнених, з їдкими парами чи газами, пожежо- або вибухонебезпечних.
Щитки, вимикачі, штепсельні розетки, освітлювальні прилади та ін.	1 раз на 4 місяці	1 раз на 2 місяці
Ті ж, але які стосуються аварійного освітлення, крім штепсельних розеток.	1 раз на 2 місяці	1 раз на місяць

У освітлювальних установках, організованих з використанням великої кількості люмінесцентних світильників, перевірку з метою виявлення причин ушкодження слід проводити на стенді в ремонтному відділенні майстерні.

Роботи, пов'язані з оглядом, перевіркою та ремонтом світильників, слід організувати відповідно до періодичності їх чищення. Усунення виявлених пошкоджень або заміну несправних частин та деталей світильників на нові, необхідно здійснювати у процесі ремонту. Це стосується лише досить легко демонтованих частин світильників, до яких можна віднести патрони, розсіювачі, захисні стекла, екрануючі ґрати, стартери, ПРА, ущільнюючі

прокладки та ін. При неможливості заміни непридатної частини світильника, замінено підлягає весь світильник.

Для забезпечення ремонтних робіт в умовах майстерень, а також безпосередньо на об'єктах монтажу можуть застосовуватися численні механізми, інструменти та пристосування, як загальнобудівельного призначення, так і спеціалізовані електромонтажні [12].

В умовах майстерень організуються технологічні лінії потокового типу, призначені для індустріальної обробки та заготівлі труб, листової та сортової сталі, шин, комплектів електропроводок, кабелів тощо.

З метою забезпечення виконання ремонтних робіт безпосередньо на об'єктах комплектуються спеціалізовані автомашини або автопричепи, а також пересувні майстерні.

Всі машини, механізми та засоби механізації, що використовуються в електромонтажному виробництві, можна поділити на п'ять груп:

- інструмент ручного та механізованого типу;
- пристосування та засоби малої механізації;
- зварювальне обладнання;
- спеціалізовані автомашини та пересувні майстерні;

монтажні механізми для вантажно-розвантажувальних та ремонтних робіт.

Все перераховане обладнання застосовується в процесі виконання робіт з ремонту приладів освітлення, розташованих на висоті, а також для монтажу та демонтажу елементів освітлювальної системи, при неможливості проведення ремонту на місці [12].

При ремонті освітлювальних систем, широко застосовуються ручні інструменти, призначені для з'єднання та кінець жил проводів і кабелів. Найбільш широко використовуються кліщі КСІ - 1, призначені для зняття ізоляції з кінців проводів, перетин яких може становити $0,75 - 4 \text{ мм}^2$. Перекушування проводів також здійснюється за допомогою зазначеного інструменту.

Кліщі КСІ - 1 складаються з трьох, взаємно пов'язаних шарнірних частин:

- важеля для затискання дроту;
- важеля з ножами для надрізу ізоляції;
- важеля з повзунком - ексцентриком, що переміщує притиск і фасонний ніж у кліщах губках.

Кліщі КУ (кліщі універсальні), на свій зовнішній вигляд, що нагадують звичайні плоскогубці, можуть використовуватися при проведенні шести монтажних операцій, а саме:

- перекушування дротів;
- зачищення жил;
- вирізання перемички;
- зняття ізоляції;
- виготовлення каблучок;
- затискач дроту.

При проведенні ремонтних робіт, у досить велику кількість випадків, необхідним інструментом є електросвердлувальні машини різного виду. Залежно від максимального діаметра свердла, електросвердлувальні машини бувають трьох виконань:

- пістолетного типу, призначені для свердління отворів малого діаметра (до 8 – 10 мм);
- з однією верхньою закритою рукояткою, призначені для свердління отворів діаметром до 15 мм;
- з двома бічними рукоятками та грудним або гвинтовим упором, призначені для свердління отворів діаметром понад 15 мм [12].

Ремонт освітлювальної установки поділяється на складний та дрібний. Дрібний ремонт передбачає заміну скляної колби, стартера, дроселя, ізоляції дроту, розташованого всередині корпусу лампи на невеликій висоті (3 метри). Ремонт лампи проводиться за допомогою драбини або за допомогою складних сходів двома особами, при цьому один з працюючих здійснює страховку та подає інструмент.

Складний ремонт передбачає проведення робіт на значній висоті. При

цьому світильник демонтується і його ремонт здійснюється в умовах майстерні, а після проведення ремонту здійснюється монтаж світильника на вихідне місце.

ВИСНОВКИ

Було розглянуто загальні поняття, опис, характеристики і призначення промислових систем електропостачання, досліджена система електропостачання та споживачі електричної енергії, як комплекс пристроїв, призначених для передачі та розподілу електричної енергії до споживачів цеху рухомого складу.

У ході роботи було дано характеристику електроприймачів цеху, проведено розрахунок схеми електропостачання. Розрахунок проведено для силової та освітлювальної мереж.

Також розраховані значення електричних навантажень, проведений вибір трансформаторів, та розрахунок струмів короткого замикання.

Проведено перевірку вибраних захисних пристроїв та струмопровідних частин за струмами короткого замикання.

Вибрано високовольтне обладнання та розраховано штучне заземлення.

Усі параметри системи електропостачання, отримані у процесі розрахунку, повністю задовольняють нормовані вимоги.

На підставі проведеного дослідження та розрахунків можна зробити висновок, що спроектована система електропостачання може вважатися придатною для практичного застосування на представленому промисловому підприємстві.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.zaporizhstal.com/>
2. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT)
3. Правила улаштування електроустановок. – К.: «Науково-проектний центр розвитку Об'єднаної енергетичної системи України», 2017. – 617с.
4. 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)
5. Державні будівельні норми України. Природне та штучне освітлення ДБН В.2.5.-28.2018. - Київ: Мінбуд України, 2018.-96с.
6. Маліновський А.А. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник [Текст] / А.А. Маліновський, Б.К. Хохулін. - 2-ге вид., перероб. та доп. вид. - Львів : Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2009. - 436 с. - ISBN: 978-966-553-833-2.
7. Михайлів М.І. Розрахунок електричних навантажень. Навчальний посібник. / Михайлів М.І., Соломчак О.В., Гоголюк П.Ф. - Івано-Франківськ : Факел, 2003. - 150 с.
8. Пилипчук, Р.В. Промышленное освещение [Текст]: методико-справочное пособие / Р.В. Пилипчук, В.В. Щиренко, Р.Е. Яремчук. – Тернополь: Б.и., 2006. – 432 с.
9. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник [Текст] / В.Є. Шестеренко. - Вінниця: Нова Книга, 2004. - 656 с. - ISBN: 978-7890-82-1.
10. Василега П.О. Електропостачання: навчальний посібник [Текст] /

П.О. Василега. - Суми : Університетська книга, 2014. - 415 с. - ISBN: 978-966-680-366-8.

11. Промисловий каталог електротехнічної продукції «Sky-energy»:
<https://www.sky-energy.com.ua/product-category/kabelno-providnikova-produkcija/silovi-kabeli-do-1kv/avvg-avvg-ng-avvg-ngd/>

12. Овчаренко А.С. Техничко-економическая ефективность систем електропостачання промислових підприємств [Текст] / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович. - Київ: Техніка, 1977. - 172 с.

13. Справочная книга по светотехнике / Под редакцией Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472с.

14. Довідник з електропостачання промислових підприємств: проектування і розрахунок /а.с. Овчаренко та ін. - Київ: Техніка, 1985.- 185с