

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 8.141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
на тему: «Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір
електрообладнання електричної мережі»

здобувачки групи ЕТмдн-31Ж

Харченко Ганни Сергіївни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

(підпис)

Ганна ХАРЧЕНКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

Тетяна ЗАГОРОДНЯ _____

Суми – 2024

Сумський державний університет

Факультет ЦЗДВН _____ Кафедра електроенергетики _____
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську роботу

Харченко Ганни Сергіївни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі»

затверджена наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 10.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: принципи схеми нормального режиму, параметри електрообладнання, режими роботи обладнання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

Вступ

Проектування системи електропостачання

Охорона праці

Економічний аналіз проекту

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень:
план розташування обладнання принципова схема розподільчих шин, план розташування електричного обладнання та комутаційних приладів

6. Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання ви- дав	Завдання прийняв
Економічна частина	Маценко О. М.		

7. Дата видачі завдання 15.09.2024 р.

Керівник роботи _____

Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1.	Вибір схеми силової електричної мережі	20.09 – 25.09
2.	Розрахунок електричних навантажень	26.09 – 01.10
3.	Вибір кількості та потужності трансформаторів	02.10 – 07.10
4.	Вибір перерізу провідників	08.10 – 20.10
5.	Розрахунок струмів короткого замикання	21.10 – 01.11
6.	Вибір електричних апаратів	02.11 – 10.11
7.	Розрахунок заземлення	11.11 – 15.11
8	Розрахунок економічної частини	16.11 – 30.11
9	Оформлення ПЗ, креслень, презентації	01.12 – 10.12

Студент _____

(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 65, рис. 4, табл. 22, джерел 20.

Бібліографічний опис: Харченко Г.С. Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Г.С. Харченко; керівник Т.М. Загородня. – Суми: СумДУ, 2024. – 65 с.

Ключові слова:

силова електрична мережа, електричне навантаження, трансформаторна підстанція, кабель живлення, струм короткого замикання, автоматичний вимикач, силова розподільча шина, шина розподільча автомагістраль

power electrical network, electrical load, transformer substation, power cable, short-circuit current, circuit breaker, power distribution bus, distribution highway bus

Короткий огляд:

В даній роботі проведено розрахунок силової електричної мережі, потужність споживачів електричної енергії. Вибрано необхідну кількість та відповідної потужності трансформаторів, вибрано переріз провідників, розраховано струми короткого замикання для вибору автоматичних електромагнітних вимикачів, для забезпечення вмикання та вимикання робочого та аварійного режимів вибрано електричні апарати. Проведено розрахунок контуру заземлення цеху.

У розділі охорона праці проаналізовані основні зовнішні фактори, що діють на персонал підстанції; розраховано мінімальну кількість електричних ламп та їх розміщення відповідно нормативних документів.

У економічному розділі, проведено техніко-економічне обґрунтування модернізації електричної мережі. Проведено економічний аналіз використання світильних різного типів.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕУ – електроустановка

КЗ – коротке замикання

ККУ – комплектні конденсаторні установки

КТП – комплектна трансформаторна підстанція

НН – низька напруга

ПЗ – пристрій заземлення

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок

РЗ – релейний захист

РП – розподільний пункт

СЕП – система електропостачання

СРШ – силова розподільна шафа

ЦЕН – центр електричних навантажень

ЦТП – цехова трансформаторна підстанція

ШНВ – шафа низьковольтного вводу

ШРА – шино провід розподільний алюмінієвий

ЩРО – щиток робочого освітлення

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	7
1.1 Класифікація електропостачальних схем (зовнішнє і внутрішнє електропостачання)	7
1.2 Характеристика споживачів електроенергії	11
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	16
2.1 Вибір джерел електропостачання та обґрунтування потужності	16
2.2 Розрахунок навантажень	17
2.3 Вибір і розміщення трансформаторних підстанцій	22
2.4 Розробка схеми внутрішнього електропостачання	25
3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
3.1 Розрахунок освітлення цеху	51
3.2 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки	52
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	58
4.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нових приладів освітлення	58
4.2 Висновок щодо економічної ефективності	61
ВИСНОВОК	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64

					MP 5.8.141 ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<i>Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі</i>	<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко</i>					5	76
<i>Перевір.</i>						<i>СумДУ ЕТмдн-31Ж</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

ВСТУП

Даним проектом необхідно розробити внутрішньоцехові системи електропостачання, які повинені забезпечувати безпеку для життя людини, енергоефективність, естетичність і функціональність електроустановок. Під енергоефективністю розуміють раціональне використання електроенергії. Енергоефективність досягається застосуванням найбільш ефективних джерел світла, побудовою схеми мережі штучного освітлення таким чином, щоб забезпечувалось відключення частини світильників.

Даним проектом передбачено розрахунок та вибір основних електричних приладів. Визначення електричних навантажень є одним з основних етапів проектування. За значенням електричних навантажень вибирають електрообладнання та схему системи електропостачання, визначають втрати потужності і електроенергії. Від правильної оцінки очікуваних навантажень залежать капітальні витрати на систему електропостачання, експлуатаційні витрати, надійність роботи електрообладнання.

Вибір числа і потужності силових трансформаторів для трансформаторних підстанцій промислових підприємств повинен бути електрично та економічно обґрунтованим, так як він має істотний вплив на раціональне побудування схем промислового електропостачання. Критерієм при виборі трансформаторів є надійність електропостачання, трансформаторна потужність. При спорудженні цехових трансформаторних підстанцій перевагу слід віддавати, комплектним трансформаторним підстанціям (КТП), повністю виготовленим на заводах

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

1.1 Класифікація електропостачальних схем (зовнішнє і внутрішнє електропостачання)

Електропостачання підприємств прийняте розділяти на зовнішнє і внутрішнє. При цьому під зовнішнім електропостачанням мається на увазі комплекс споруджень, що забезпечують передачу електроенергії від обраної крапки приєднання до енергосистеми до прийомних підстанцій підприємства. Внутрішнє електропостачання – це комплекс мереж і підстанцій, розташованих на території підприємства. Схема електропостачання підприємства виконується з урахуванням особливостей режиму роботи окремих споживачів, можливостей подальшого розширення виробництва, зручності обслуговування тощо; вона визначається величиною навантажень і категоріями споживачів, залежить від характеру розміщення навантажень, а також від планування окремих об'єктів на генплані підприємства, від числа і потужності підстанцій, наявності окремих великих електроприймачів і тісно зв'язана з технологією виробництва.

Схема електропостачання є комплексом взаємозалежних елементів, тому розподіл її на зовнішню і внутрішню не завжди можливий, тим більше, що застосування сучасних систем електропостачання робить такий розподіл умовним. У залежності від багатьох факторів, що визначають схему електропостачання, вона може бути виконана в декількох варіантах. Головною задачею при її створенні є визначення оптимального варіанта. При виборі варіантів перевагу необхідно віддавати підвищеній напрузі, що забезпечує перспективу розвитку, і найпростішим схемам з мінімальною кількістю комутаційної та ін-

		шої апаратури.			MP 5.8.141 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дат	<i>Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко</i>					7	76
<i>Перевір.</i>						СумДУ ЕТмдн-31Ж		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Як правило, схеми електропостачання підприємств мають ступневу побудову. Число ступіней залежить від потужності підприємства і характеру розміщення електричних навантажень на його території. У більшості випадків застосовуються дві – три ступіні, тому що багатоступеневі схеми ускладнюють захист і експлуатацію. На першій ступіні розподілу електроенергії (зовнішнє електропостачання) можуть застосовуватися дві системи: а) повітряні чи кабеліні лінії напругою 35 – 220 кВ; б) жорсткі чи гнучкі токопроводи напругою 6, 10 і 35 кВ. При цьому під першою ступінню розподілу енергії мається на увазі мережна ланка між джерелом живлення підприємства і підстанціями глибоких вводу (ПГВ), якщо розподіл виробляється при напрузі 35 – 220 кВ, або між головною знижувальною підстанцією (ГЗП) і високовольтним розподільним пунктом (ВРП), якщо розподіл виробляється при напрузі 6 – 10 кВ.

Під другим ступенем розподілу енергії (внутрішнє високовольтне електропостачання) мається на увазі мережна ланка між ВРП чи розподільним пристроєм (РП) вторинної напруги ПГВ і трансформаторними підстанціями (ТП) чи ж окремі електроприймачі напругою 6 — 10 кВ: електродвигунами, перетворювачами тощо. Під третім ступенем розподілу енергії (внутрішнє низьковольтне електропостачання) мається на увазі мережна ланка між ТП і споживачами електроенергії напругою до 1000 В.

1.1.1 Зовнішнє електропостачання

Зовнішнє електропостачання промислових підприємств можуть здійснювати від енергосистеми, власної електростанції або комбіновано: від енергосистеми та власної електростанції. Схемні рішення електропостачальної системи промислового підприємства можуть бути різноманітними. Для підприємств малої й середньої потужності, розміщених безпосередньо біля джерела живлення або на відстані до 10 км, економним є використання електричної схеми без трансформації. За такої схеми електричну енергію від джерела живлення на напрузі 6, 10 або 20 кВ постачають підприємству. Для підприємств,

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		8

значно віддалених від джерела живлення та великої потужності, доцільне використання схеми з трансформацією електроенергії в місці переходу від зовнішнього до внутрішнього електропостачання. За такої схеми електроенергію від енергосистеми до трансформаторної підстанції підприємства передають на напрузі 35–330 кВ, а потім на території підприємства здійснюють її розподіл на напрузі 6–20 кВ між РП і цеховими ТП. Для підприємств із надвеликими потужностями раціональним є використання електричної схеми із глибоким вводом. За такої схеми електропостачання електроенергію від джерела живлення постачають безпосередньо на територію підприємства на напрузі 35–330 кВ без трансформації.

1.1.2 Внутрішнє електропостачання

Для внутрішнього електропостачання найбільш типові радіальні й магістральні схеми. На вибір виду схем, крім факторів, зазначених на початку цього розділу, також істотно впливають і такі: урахування конкретних особливостей процесу виробництва, наявність окремих електроприймачів або електроспоживачів із різкозмінним навантаженням, необхідність відокремлення силових електромереж від мереж освітлення.

Радіальна схема передбачає передавання електроенергії від головного розподільного пункту (ГРП) до кожної цехової ТП або силового електроприймача окремими ЛЕП без відгалужень для живлення інших електроприймачів. Таку схему використовують переважно для електропостачання відповідальних і потужних електроприймачів. Недоліками цієї схеми є необхідність використання значно більшої, ніж у магістральній, кількості електричних апаратів і збільшення загальної довжини ЛЕП підприємства. Цю схему використовують для електроприймачів III категорії. Для підвищення надійності електропостачання електроприймачів II категорії в радіальних схемах використовують різні види резервування [1]:

- резервну магістраль із боку високої напруги;

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

- резервну перемичку з боку високої напруги між сусідніми ТП;
- резервну перемичку з боку низької напруги між сусідніми ТП або шинними магістралями цехового електропостачання;
- резервну лінію високої напруги.

Характерною особливістю всіх видів резервування в радіальних схемах електропостачання є те, що резервні магістралі, лінії й перемички в нормальних режимах перебувають під напругою, але без навантаження, і вмикаються під навантаженням лише в разі виникнення аварійного режиму роботи. Магістральна схема забезпечує почергове підключення ТП і РП та є більш поширеною за їх компактно улаштованого розміщення на території підприємства. Найпоширенішими видами магістральних схем є:

- одиночна магістральна схема без резервування, що має найбільш просте схемне рішення, потребує найменшої кількості електричних апаратів і забезпечує найменші витрати кабелю. До магістралі підключають 2–3 трансформатори одиничною потужністю 1 000–2 500 кВА або 4–5 потужністю 100–630 кВА. Така схема, порівнюючи з іншими магістральними, має найнижчу надійність електропостачання, тому її використовують лише для живлення електроприймачів III категорії;
- одиночна магістральна схема з резервуванням, що має резервну перемичку, яка в нормальному режимі перебуває під напругою, але без навантаження. У разі виникнення аварійного режиму виконують відповідні переключення вимикачів Q2, Q3 та роз'єднувача QS, і електропостачання відбувається резервною перемичкою. Таку схему доцільно використовувати для електропостачання електроприймачів III і II категорій;
- подвійна наскрізна магістральна схема, яку можна використовувати для електропостачання електроприймачів III, II і I категорій, тому що в разі виходу з ладу однієї магістралі в ній передбачене ручне або автоматичне переключення на живлення від іншої магістралі. Ця схема передбачає значно більшу, ніж у попередніх, кількість електричних апаратів і

										Арк.
										10
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

MP 5.8.141 ПЗ

збільшення довжини ЛЕП.

– магістральна схема з двостороннім живленням, яку в нормальному режимі можна розділити на дві одиночні магістральні схеми за допомогою вимикача Q2. Використання такої схеми найбільш доцільне за умови, якщо цехові ТП розміщені між двома незалежними джерелами живлення. У разі виникнення аварійного режиму живлення електроприймачів здійснюють від одного джерела. Переріз провідників потрібно розраховувати на цей режим роботи. Така схема часто є найбільш економічною, оскільки не передбачає «холодного» резерву магістралі. Її можна використовувати для електроприймачів III, II та I категорій. Завдяки наявності вимикача Q2 схема дозволяє зменшити струми короткого замикання, спростити релейний захист, полегшити обслуговування.

1.2 Характеристика споживачів електроенергії

Зовнішнє електропостачання рекомендується виконувати за системою глибокого вводу з мінімальною кількістю ступенів трансформації, тобто за умови максимального наближення високої напруги до споживачів. Зовнішні схеми живлення підприємства виконуються по радіальних або магістральних, повітряних або кабельних лініях напругою 6 - 220 кВ із живленням від вузлової розподільної підстанції (ВРП) або від підстанції електричної системи, або від власної ТЕЦ, або від декількох джерел живлення. На сучасних підприємствах при наявності власної ТЕЦ основним джерелом живлення в більшості випадків є енергосистема [2].

Глибоким вводом називається система електропостачання з наближенням вищої напруги до електроустановок споживачів з найменшою кількістю ступенів проміжної трансформації й апаратів. Глибокий ввід живильних ліній на території підприємств і відпайки від ліній системи, стають основними спо-

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

собами живлення підприємств, при яких відбувається органічне злиття живильних мереж з розподільними мережами першого ступеню розподілу енергії. Під глибоким вводом тепер практично маються на увазі лінії напругою 35, 110, 150, 220 кВ, що проходять по території підприємства з відпайками від них до найбільш великих пунктів споживання енергії. Система глибокого вводу та дроблення підстанцій має наступні переваги: скорочуються розподільні мережі вторинної напруги 6 – 10 кВ, що приводить до зменшення втрат електроенергії в них приблизно на 1,5 – 2,0% і скороченню витрат кольорових металів на 10 – 15%; підвищується надійність електропостачання в зв'язку з різким скороченням зони аварії та зменшенням ймовірності помилкових комутаційних переключень. Також, зменшуються робочі струми і струми короткого замикання (к.з.) на вторинній напрузі, тому що потужність трансформаторів менше, ніж на великих головних знижувальних підстанціях (ГЗП). Це в ряді випадків дозволяє відмовитися від реактування та від громіздких дорогих викиачів; полегшується задача регулювання напруги на розукрупнених ПГВ.

Сучасні промислові підприємства (ПП) характеризуються значним різноманіттям споживачів і приймачів електричної енергії, чисельність яких ускладнює встановлення єдиного підходу до їхньої класифікації. Зазвичай класифікаційні групи споживачів електричної енергії на ПП розглядають з точки зору завдання дослідження: технологія перетворення електричної енергії на інший вид енергії, потужність, режим роботи, приналежність до певної галузі економіки тощо. Виокремлюють такі характерні групи електроспоживачів ПП:

- загальнопромислове силове устаткування;
- електротехнологічне устаткування;
- електропривод виробничих механізмів;
- перетворювальне устаткування;
- внутрішньозаводський електричний транспорт.

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

До характерних груп також відносять розглянуте нами в попередніх розділах електронагрівальне, електрозварювальне й електроосвітлювальне устаткування.

1.2.1 Силове загальнопромислове устаткування

До цієї групи електроспоживачів відносять компресори, вентилятори, насоси, підймальнотранспортні механізми, основними електроприймачами яких є електричні двигуни. Двигуни компресорів, насосів, вентиляторів працюють у сталому довгостроковому режимі й залежно від потужності одержують живлення на напрузі від 220 В до 10 кВ струмом промислової частоти 50 Гц. Потужність цього устаткування знаходиться в широкому діапазоні – від часток одиниці до тисяч кВт. Залежно від призначення й місця встановлення споживачі цієї групи за надійністю електропостачання можуть належати до першої (частіше) або другої категорії.

Двигуни компресорів, насосів, вентиляторів створюють рівномірне й симетричне навантаження за трьома фазами. Коефіцієнт потужності дорівнює 0,8–0,85. Для електроприводів потужних електроприймачів цієї групи зазвичай застосовують синхронні двигуни, що працюють з випереджувальним коефіцієнтом потужності. Його коефіцієнт потужності змінюється в ширших межах – від 0,3 до 0,8. Для живлення застосовується як змінний (50 Гц), так і постійний струм. За безперебійністю живлення відносять до споживачів першої або другої категорії залежно від місця роботи й виду обладнання [3].

1.2.2 Електротехнологічне устаткування

Електротехнологічні процеси базуються на перетворенні енергії електричного струму, електричного й магнітного полів безпосередньо в робочій зоні технологічних установок у теплову, хімічну або механічну енергію, унаслідок чого реалізується заданий технологічний процес. До групи електротех-

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		13

нологічного устаткування належать електричні печі опору, печі й устаткування індукційного й діелектричного нагрівання, дугові електричні печі й печі зі змішаним нагріванням.

1.2.3 Електропривод виробничих механізмів

Це двигуни верстатів різноманітного призначення. Цей вид електричного приводу зустрічається на всіх підприємствах. Для електроприводу сучасних верстатів застосовують усі види двигунів. Одинична потужність двигунів змінюється від часток до сотень кВт, на окремих верстатах може бути і вище. У верстатах, де потрібно досягти високих швидкостей обертання й регулювання швидкості, застосовують двигуни постійного струму, які отримують живлення від випрямлячів постійного струму. Живлення двигунів виробничих механізмів здійснюють напругою 660–380/220 В, частотою – 50 Гц. Коефіцієнт потужності змінюється в широких межах залежно від технологічного процесу. За надійністю електропостачання цю групу споживачів зазвичай відносять до II та III категорій.

1.2.4 Перетворювальне устаткування

Забезпечує роботу таких груп промислових електроспоживачів, як внутрішньозаводський електротранспорт, машини й механізми різноманітного призначення, зварювальне устаткування постійного струму, електролізні ванни, електричні фільтри тощо. Ці електроспоживачі потребують перетворення змінного трифазного струму промислової частоти на постійний чи трифазний струм або однофазний струм зниженої, підвищеної та високої частоти. Здебільшого для цих цілей використовують напівпровідникові перетворювальні установки. Режим роботи й характеристики залежать від їхнього призначення. Режим роботи електролізного устаткування досить рівномірний і симетричний за фазами навантаження [3].

					MP 5.8.141 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		14

1.2.5 Внутрішньозаводський електричний транспорт

Складовою частиною технологічного процесу виробництва. У межах цехів він забезпечує переміщення заготовок і вузлів між робочими місцями й ділянками. Міжцеховий електричний транспорт не пов'язаний з технологічним процесом, здійснює переміщення матеріалів, напівфабрикатів і готових виробів між цехами й складами, розташованими на території підприємства. Монорельсовий транспорт застосовується, головним чином, в оброблювальній промисловості як внутрішньоцеховий і міжцеховий. Технічними засобами є електричні талі, підвісні електротягачі й електровізки.

1.2.6 Електричні освітлювальні установки

Становлять однофазне навантаження з одиничною потужністю не більш 2 кВт, тому при правильному угрупованні освітлювальних приладів можна досягти порівняно рівномірного навантаження за фазами. Характер навантаження рівномірний, що змінюється залежно від часу доби. Коефіцієнт потужності для ламп розжарювання дорівнює 1, для газорозрядних ламп – 0,6–0,8. Для освітлювальних установок підприємств застосовується напруга промислової частоти від 6 до 220 В [3].

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		15

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Вибір джерел електропостачання та обґрунтування потужності

В табл. 2.1 приведено необхідні вихідні дані номінальних параметрів електроспоживачів мережі до проектування.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до проектування

№	Найменування пристрою	P, кВт	ПВ, %
1, 31, 42	Кран-мостовий	36	25
25	Електрична піч опору	54	100
26, 27	Електрична індуктивна піч	34	100
28...30	Електродугова піч	66	100
36...38	Вентилятори	5	100
2, 3, 14	Продольно-стругальні станки	17	100
15...17	Плоско-шліфувальні станки	5	100
4...8, 32...35, 39...41	Токарно-револьверні станки	10	100
9...13	Токарні станки	14	100
18, 19	Вертикально-свердлильні станки	4	100
20	Росточний станок	11	100
21, 22	Фрезерні станки	6	100
23, 24	Радіально-свердлильні станки	15	100

					MP 5.8.141 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дат	<i>Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко</i>					16	76
<i>Перевір.</i>						СумДУ ЕТмдн-31Ж		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

2.2 Розрахунок навантажень

Визначення електричних навантажень є одним з основних етапів проектування. За значенням електричних навантажень вибирають електрообладнання та схему системи електропостачання, визначають втрати потужності і електроенергії [2, 3].

Для початку розрахунку навантажень необхідно розбити електроприймачі на категорії, тобто об'єднати їх в групи за подібністю режимів роботи і близьким коефіцієнтам використання, які приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Категорії електроприймачів цеху за подібними режимами роботи

Група приймачів	Приймачі, схожі за режимом роботи
Металорізальні верстати	Продольно-стругальні станки
	Плоско-шліфувальні станки
	Токарно-револьверні станки
	Токарні станки
	Вертикально-свердлильні станки
	Росточний станок
	Фрезерні станки
	Радіально-свердлильні станки
Підйомне устаткування	Кран-мостовий
Вентилятори, насоси, компресори	Вентилятори
Електротермічне устаткування	Електрична піч опору
	Електрична індуктивна піч
	Електродугова піч

Для прикладу, проведемо подальший розрахунок для електротермічного устаткування.

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

Відповідно [4–6], спочатку визначаємо сумарні номінальні активні та реактивні потужності кожної характерної категорії за формулою (2.1) [4–6]:

$$\begin{aligned} P_{ном} &= \sum_{i=1}^n P_{номі} \\ Q_{ном} &= \sum_{i=1}^n P_{номі} \operatorname{tg} \varphi_i \end{aligned} \quad (2.1)$$

де $P_{номі}$ – активна номінальна потужність електроприймача, кВт;

$P_{ном}$, $Q_{ном}$ – відповідно номінальні активні і реактивні потужності групи електроприймачів, кВт и кВАр;

$\operatorname{tg} \varphi_i$ - паспортне або довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності електроприймача.

Для металорізальний верстатів проведемо підстановку даних згідно формули (2.1):

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot n_i = 54 \cdot 1 + 34 \cdot 2 + 66 \cdot 3 = 320 \text{ кВт}$$

$$Q_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{номі} \cdot n_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = 54 \cdot 1 \cdot 0,329 + 34 \cdot 2 \cdot 0,484 + 66 \cdot 3 \cdot 0,75 = 148,5 \text{ кВАр}$$

- Наступним етапом визначається середня потужність навантажень кожної категорії електроприймачів за виразом (2.2):

$$\begin{aligned} P_{ср} &= \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi} \\ Q_{ср} &= \sum_{i=1}^n Q_{срi} \operatorname{tg} \varphi_i \end{aligned} \quad (2.2)$$

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

де P_{cp} , Q_{cp} – відповідно номінальні активні і реактивні потужності групи електроприймачів, кВт и кВАр.

Знайдемо значення середньої потужності за формулою (2.2):

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi} = 54 \cdot 0,65 + 68 \cdot 0,75 + 198 \cdot 0,5 = 99 \text{ кВт}$$

$$Q_{cp} = \sum_{i=1}^n Q_{срi} \text{tg} \varphi_i = 54 \cdot 0,65 \cdot 0,329 + 68 \cdot 0,75 \cdot 0,484 + 198 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 74,3 \text{ кВАр}$$

Середньозважені коефіцієнти використання и потужності розраховуються за формулами (2.3) [1, 2]:

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} \quad (2.3)$$

$$\text{tg} \varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{срi} \text{tg} \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}}$$

де k_{Bi} , k_{Bcp} відповідно коефіцієнти використання і-го електроприймача и середнє зважений коефіцієнт використання;

$\text{tg} \varphi_i$ - середньозважений коефіцієнт реактивної потужності.

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

$$k_{Bcp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{номі} k_{Bi}}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{99}{320} = 0,309$$

$$tg \varphi_i = \frac{\sum_{i=1}^n P_{спі} tg \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_{номі}} = \frac{74,3}{320} = 0,464$$

Ефективне число електроприймачів за характерною категорією визначається за формулою (2.4) [1, 2]:

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{номі} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номі}^2} \quad (2.4)$$

$$n_{ef} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{номі} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{номі}^2} = \frac{320^2}{39204} = 2,6 \text{ шт.}$$

На основі розрахованих параметрів і табличних даних представленої в [2, 3] визначається розрахунковий коефіцієнт за формулою (2.5):

$$k_p = f(n_{ef}; k_{B.cp}) \quad (2.5)$$

$$k_p = f(2,6; 0,309) = 2,1$$

- Визначаємо розрахункову потужність по кожній характерній категорії за формулою (2.6):

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

$$\begin{aligned} P_p &= P_{cpi} k_p \\ Q_p &= Q_{cpi} k_p \end{aligned} \quad (2.6)$$

де P_p , Q_p – відповідно розрахункові активна і реактивна потужності, кВт и кВАр.

$$\begin{aligned} P_p &= P_{cpi} k_p = 99 \cdot 2,1 = 207,4 \text{ кВт} \\ Q_p &= Q_{cpi} k_p = 74,3 \cdot 2,1 = 155,6 \text{ кВАр} \end{aligned}$$

- Повне розрахункове навантаження визначається за наступним виразом (2.7):

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \\ S &= \sqrt{207,4^2 + 155,6^2} = 259,3 \text{ кВА} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Розрахунковий струм визначається за виразом (2.8):

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} \\ I_p &= \frac{259,3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 393,9 \text{ А} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Аналогічним шляхом визначаємо для інших груп.

Результати розрахунків по даному підрозділі показано в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків

Група ЕП	$P_{ном}$, кВт	$Q_{ном}$, кВАр	$P_{ср}$, кВт	$Q_{ср}$, кВАр	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S_p , кВА	I_p , А

ПС з кількістю трансформаторів більше двох застосовують лише при належному обґрунтуванні, а також при установленні окремих трансформаторів для живлення силових та освітлювальних навантажень. При трьох і менше трансформаторах їх стандартну номінальну потужність вибирають за формулою (2.9) [2, 3]:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{P_p}{N \cdot \beta_m} \quad (2.9)$$

де $S_{ном_т.р}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

P_p - розрахункове активне навантаження;

N - кількість трансформаторів;

β_m - коефіцієнт завантаження трансформатора.

Оскільки значну частину навантаження становлять ЕП 2-ї та 3-ї категорії надійності, плануємо двотрансформаторну підстанцію з можливістю резервування на низькій стороні електропостачання. Приймаємо коефіцієнт завантаження трансформатора: $\beta_m = 0,75$.

Потужність трансформатора ТП підбираємо з врахуванням сумарної активної розрахункової потужності P_p , що живляться від даної підстанції.

$$P_p = 502 \text{ кВт}$$

Отже, номінальна потужність трансформатора ПС становить:

$$S_{ном} \geq S_{ном_т.р} = \frac{\sqrt{(502)^2 + (539)^2}}{2 \cdot 0,75} = 736,7 \text{ кВт}$$

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

$$\begin{aligned} Q_{H.K} &= Q_P - Q_T \\ Q_P &= \sum Q_P \end{aligned} \quad (2.11)$$

Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності комплектної (КУ) $Q_{H.K.СТ}$, що вибирається з інформаційних джерел. Якщо $Q_{H.K} \leq 0$ то встановлювати конденсатори не потрібно. Визначаємо орієнтовну потужність компенсуючих пристроїв.

$$Q_m = \sqrt{(2 \cdot 0,75 \cdot 630)^2 - 539^2} = 725 \text{ кВАр}$$

$$Q_p = 539 \text{ кВАр}$$

$$Q_{н.к} = 539 - 725 = -186 \text{ кВАр}$$

У зв'язку з тим, що трансформатор даної ПС не пропускає всю необхідну реактивну потужність у мережу напругою до 1 кВ, необхідно встановити конденсаторну установку. Вибираємо дві комплектні (КУ), найближча стандартна величина потужності яких становить 200 кВАр.

Вибираємо установку типу УКРМ-0,4-200-25 УЗ з кроком зміни реактивної потужності 20 кВАр [10].

2.4 Розробка схеми внутрішнього електропостачання

2.4.1 Вибір перерізу кабельних ліній напругою понад 1 кВ

При виборі перерізу кабелю, який живить ТП з трансформатором 10/0,4 кВ, як струм нормального режиму $I_{норм}$ незалежно від числа трансформаторів ТП приймається номінальний первинний струм трансформатора, який визначається за паспортними даними трансформатора за формулою (2.12) [2, 3]:

						MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
							25
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

$$I_{норм} = I_{ном.Т} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.Т}}, A$$

$$I_{норм} = \frac{2 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 72,7 A$$
(2.12)

де $S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{ном.Т}$ - номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

Для кабелів із полівінілхлоридною ізоляцією з мідними жилами при $T_{макс} = 4000 год/рік$ економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи визначається за формулою (2.13):

$$S_{ек} = \frac{I_{НОРМ}}{J_{ек}}, мм^2$$

$$S_{ек} = \frac{72,7}{2,5} = 29,1 мм^2$$
(2.13)

де $I_{НОРМ}$ - струм нормального режиму, А.

$J_{ек}$ - нормоване значення економічної густини струму, $A/мм^2$.

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{ек}$ округляється до найближчого стандартного перерізу. Обираємо кабель типу АСБл 4х35.

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів наволишнього середовища від стандартних умов $I'_{дон}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$, які наводяться в [2, 3], порівнюють зі струмом його форсованого режиму $I_{ф}$ з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$ за формулою (2.14):

$$K_{рез} I'_{дон} \geq K_{пер} I_{норм}, A$$
(2.14)

де коефіцієнт допустимого перевантаження приймаємо $K_{пер} = 1,4$.

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
						26
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою 10 кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається за формулою (2.15) [2, 3]:

$$I'_{\text{дон}} = K_{\text{сер}} K_{\text{пр}} I_{\text{дон}}, \text{ А} \quad (2.15)$$

$$I'_{\text{дон}} = 1,054 \cdot 1 \cdot 72,7 = 76,63$$

де $K_{\text{сер}}$ - поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної, відповідно ПУЕ дане значення становить +10 для повітря та +15 для землі [11];

$K_{\text{пр}}$ - поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі ;

$I_{\text{дон}}$ - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу, А.

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{\text{сер}}$ можна також обчислити за формулою (2.16):

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{60-10}{60-15}} = 1,054 \quad (2.16)$$

Оскільки рівність (2.14) виконується, то переріз кабелю обрано правильно.

2.4.2 Вибір розподільної мережі 0,4 кВ

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового за формулою (2.17):

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{норм}}, A \quad (2.17)$$

де, $I_{\text{норм}}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

$I'_{\text{доп}}$ - допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері. Визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{нопр}} = 0,925$, за формулою (2.18):

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{нр}} \cdot K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{нопр}} \cdot I_{\text{доп}}, A \quad (2.18)$$

Для кабелів, прокладених у повітрі всередині або поза цехом, за будь-якої їх кількості, поправковий коефіцієнт $K_{\text{нр}} = 1$, згідно вимог правил та улаштувань електроустановок (ПУЕ) [11].

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата. Форсований режим в електромережах напругою до 1 кВ буває досить рідким явищем.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається за формулою (2.19):

$$\Delta U = \frac{P_p R_{\text{кб}} + Q_p X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2} \quad (2.19)$$

де P_p та Q_p - максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і кВАр;

$R_{\text{кб}}$, $X_{\text{кб}}$ - активний і реактивний опори кабелю відповідно, Ом;

$U_{\text{ном}}$ - номінальна напруга електричної мережі, кВ.

										Арк.
										28
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

24	Радіально-свердлильні станки	1×10	39	35	0,067	2	1×АВВГ 4×10
32	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,191	8	1×АВВГ 4×16
33	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,191	8	1×АВВГ 4×16
34	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,191	8	1×АВВГ 4×16
35	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,191	8	1×АВВГ 4×16

Продовження табл. 2.10

39	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,334	14	1×АВВГ 4×16
40	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,334	14	1×АВВГ 4×16
41	Продольно-стругальні станки	1×16	55	40	0,334	14	1×АВВГ 4×16
42	Кран-мостовий	1×70	129	109	0,345	25	1×АВВГ 4×70

2.4.4 Розрахунок струмів короткого замикання

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу проводів і жил кабелів, конструкцію струмопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньо цехового електропостачання слід виконати достовірні розрахунки КЗ.

Проведені дослідження струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ свідчать, що фактичні струми КЗ значно нижчі за розрахункові.

										Арк.
										33
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

MP 5.8.141 ПЗ

Для вибору апаратури і захистів, перевірки селективності їх дії визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, у цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захистів знаходять мінімальний струм КЗК при цьому враховують усі перехідні опори контактів і опір дуги в місці пошкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до й кВ допускається:

1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;

2) максимально спрощувати та еквівалентувати всю зовнішню мережу щодо місця КЗ, індивідуально враховувати лише автономні джерела які безпосередньо приєднані до місця КЗ;

3) не враховувати струми намагнічування трансформаторів, що дорівнюють відношенню середніх номінальних напруги класу (37; 20; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,4; 0,23 кВ) тих ступенів мережі, які зв'язують трансформатори;

4) не враховувати СД, АД або комплексне навантаження, якщо їх сумарний номінальний струм не перевищує 1,0% від початкового діючого значення періодичної складової струму трифазного ЕЗ без урахування підживлення від ЕЖ або комплексного навантаження.

До особливостей розрахунку струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ можна віднести таке:

Розрахунки доцільно проводити в іменованих одиницях;

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ можна вважати незмінним;

Активні опори елементів ланцюга КЗ мають суттєве значення і можуть навіть перевершувати реактивні.

Вихідна схема наведена на рис. 2.1.

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

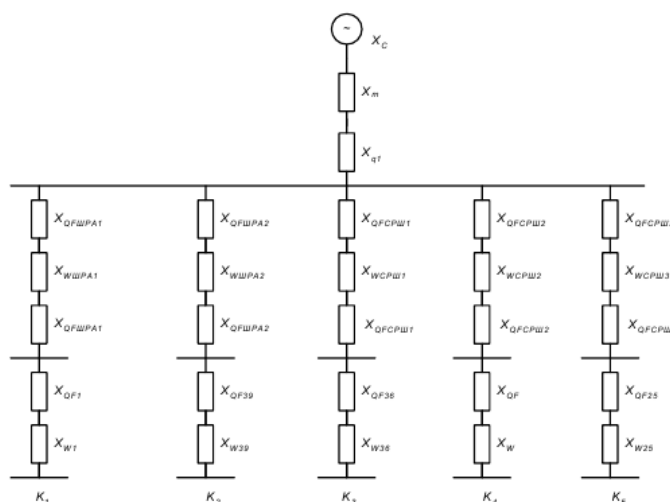


Рисунок 2.1 – Схема заміщення визначення КЗ

Для початку розрахуємо параметри елементів схеми за наступними виразами.

Опори трансформатора визначаємо за формулами (2.22), (2.23):

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}^2} 10^6 \quad (2.22)$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{к.ном}}{S_{ном.т}} \right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.т}} 10^4 \quad (2.23)$$

де $P_{к.ном}$ - номінальні втрати КЗ у трансформаторі, кВт

$U_{ном.НН}^2$ - номінальна напруги обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Другим етапом визначається діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент у різних точках схеми, результати розрахунку приведені в табл. 2.11. Для цього знаходять сумарні активні та реактивні опори. Далі знаходять повний опір точки КЗ за формулою (2.24).

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
						35
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

№	Тип	Вид	L, м	$r_{\text{нит}}$ Ом/км	$x_{\text{в.нит}}$ Ом/км	$r, \text{Ом}$	$x_{\text{в}} + x_{\text{н}},$ Ом
1	ТМ	ТМ-630		36,32	85,02	36,32	85,02
2	$QF_{\text{ШРА1}}$	ВА51-39, 630А	-	0,41	0,13	0,41	0,13
3	ШРА1	ШМА-76	41	0,0006	0,0005	0,02	0,02
4	QF_1	ВА52-33, 125 А	-	1,5	0,9	1,50	0,90
5	X_W	1×АВВГ 4×70	3,2	0,265	0,082	0,85	0,26
6	$QF_{\text{ШРА2}}$	ВА51-39, 630 А	-	0,41	0,13	0,41	0,13
7	X_W	ШМА-76	25	0,0006	0,0005	0,01	0,01

Продовження табл. 2.11

8	QF_{39}	mcb.stand, 40 А	-	9	6	9,00	6,00
9	X_W	1×АВВГ 4×16	14,00	1,16	0,095	16,24	1,33
10	$QF_{\text{СПШ1}}$	e.mcb.stand.C, 32 А	-	9,5	7	9,50	7,00
11	X_W	1×АВВГ 4×6	2,50	3,09	0,1	7,73	0,25
12	QF_{36}	e.mcb.stand.C, 25 А	-	10	8	10,00	8,00
13	X_W	1×АВВГ 4×4	2,00	4,63	0,102	4,63	0,10
14	$QF_{\text{СПШ2}}$	ВА52-31, 80 А	-	2,5	1,5	2,50	1,50
15	X_W	1×АВВГ 4×35	5,00	0,53	0,088	0,53	0,09
16	QF	ВА52-31, 80 А	-	2,5	1,5	2,50	1,50
17	X_W	1×АВВГ 4×25	20,00	0,74	0,091	0,74	0,09
18	$QF_{\text{СПШ3}}$	ukm.800S, 700 А	-	0,32	0,12	0,32	0,12
19	X_W	2×АВВГ 4×95	24,00	0,195	0,081	0,20	0,08
20	QF_{25}	ВА52-31, 100 А	-	2,15	1,2	2,15	1,20
21	X_W	1×АВВГ 4×16	15,00	1,16	0,095	17,40	1,43

Запишемо вираз для визначення опору кожної точки короткого замикання:

$$r_1 = r_{\text{ТМ}} + r_{\text{QF}} + r_{\text{ШРА1}} + r_{\text{QFШРА1}} + r_{\text{W1}} + r_{\text{QF1}}$$

$$x_1 = x_{\text{C}} + x_{\text{ТМ}} + x_{\text{QF}} + x_{\text{ШРА1}} + x_{\text{QFШРА1}} + x_{\text{W1}} + x_{\text{QF1}}$$

$$r_2 = r_{\text{ТМ}} + r_{\text{QF}} + r_{\text{ШРА2}} + r_{\text{QFШРА2}} + r_{\text{W39}} + r_{\text{QF39}}$$

										Арк.
										36
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

MP 5.8.141 ПЗ

$$\begin{aligned}
x_2 &= x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{ШРА2} + x_{QFШРА2} + x_{W39} + x_{QF39} \\
r_3 &= r_{TM} + r_{QF} + r_{СРШ1} + r_{QFCРШ1} + r_{W36} + r_{QF36} \\
x_3 &= x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{СРШ1} + x_{QFCРШ1} + x_{W36} + x_{QF36} \\
r_4 &= r_{TM} + r_{QF} + r_{СРШ2} + r_{QFCРШ2} + r_W + r_{QF} \\
x_4 &= x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{СРШ2} + x_{QFCРШ2} + x_W + x_{QF} \\
r_5 &= r_{TM} + r_{QF} + r_{СРШ3} + r_{QFCРШ3} + r_{W25} + r_{QF25} \\
x_5 &= x_C + x_{TM} + x_{QF} + x_{СРШ3} + x_{QFCРШ3} + x_{W25} + x_{QF25}
\end{aligned}$$

$$z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} \quad (2.24)$$

Далі знаходять початкове діюче значення періодичної трифазного струму при металевому КЗ за формулою (2.25):

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} \quad (2.25)$$

$$I_{K(0)} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 96,1} = 2,4 \text{ кА}$$

Наступним пунктом визначається ударний струм у точці КЗ за формулою (2.26) :

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} \quad (2.26)$$

$$I_y = k_{yK} \sqrt{2} I_{K(0)} = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,4 = 5,1 \text{ кА}$$

Розрахунки по іншим точка к.з. приведені в табл. 2.12:

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
						37
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Точка к.з.	$r_{кз}, мОм$	$x_{кз}, мОм$	$z_{кз}, мОм$	$I^{(3)}_{ПО}, кА$	$I^{(3)}_{У}, кА$
К1	39,1	87,8	96	2,40	5,10
К2	62,4	87,9	108	2,14	4,54
К3	68,6	102,0	123	1,88	3,99
К4	43,0	89,8	100	2,32	4,92
К5	56,8	89,4	106	2,18	4,62

2.4.5 Вибір комутаційних апаратів

Для виконання захисних функцій в автоматах застосовуються теплові, електромагнітні, комбіновані, напівпровідникові, мікропроцесорні роз'єднувачі. Теплові роз'єднувачі здійснюють захист від струмів перевантаження, електромагнітні - від струмів коротких замикань (КЗ). Напівпровідниковий роз'єднувач має канал захисту в зоні струмів перевантаження, який видає команду на вимкнення автомату з витримкою часу, а канал захисту в зоні КЗ спрацьовує з витримкою часу, яка не залежить від струму, і вихідний сигнал діє на котушку незалежного роз'єднувача, що викликає спрацювання автомата. Комутаційні апарати слід обирати з урахуванням таких критеріїв [4–6]:

- номінальна напруга автомата $U_{ном.а}$ - вказана в паспорті напруга, яка відповідає напрузі електричної мережі, де цей автомат може працювати;
- номінальний струм автомата $I_{ном.а}$ - найбільший струм, при протіканні якого автомат працює протягом тривалого часу без ушкоджень;
- номінальний струм роз'єднувача автомата $I_{ном.р}$ - це струм, який зазначений у паспорті, при протіканні якого протягом тривалого часу не відбувається спрацювання роз'єднувача. Струм уставки роз'єднувача - це найменший струм, при протіканні якого роз'єднувач спрацьовує. Вибір автоматів здійснюється як описано нижче. Номінальна напруга цих автоматів вибирається так за формулою (2.27):

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.м} \quad (2.27)$$

де $U_{ном.м}$ - напруга електромережі.

Номинальний струм автоматів і номінальні струми роз'єднувачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму, формула (2.28):

$$\begin{aligned} I_{ном.а} &\geq I_{\phi} \\ I_{ном.р} &\geq I_{\phi} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Найбільше значення номінального струму роз'єднувача дорівнює номінальному струму автомата, формула (2.29):

$$I_{ном.а} \geq I_{ном.р} \quad (2.29)$$

Струм форсованого режиму визначається за формулою (2.30):

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p \quad (2.30)$$

де $K_{рез}$ - коефіцієнт резервування;

I_p - розрахунковий струм.

Струм форсованого режиму I_{ϕ} для автомата вводу дво трансформаторної ПС при резервуванні кабельною перемичкою між найближчими сусідніми ПС рівний $1,3 \cdot I_{ном}$; для лінійного автомата - розрахунковому струму 2-го рівня електропостачання $I_{р2}$; для автомата до окремого ЕП - розрахунковому струму 1-го рівня електропостачання I_p (його номінальному струму $I_{ном}$ ЕП при $k_3 = 1$).

						Арк.
					MP 5.8.141 ПЗ	39
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Уставка струму спрацювання від перевантаження $I_{c.n}$ вибирається за умови (2.31):

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq K \cdot I_p \quad (2.31)$$

де K - коефіцієнт, який приймається рівним 1,1 для автомата вводу і для автомата другого рівня, 1,25 - для автомата 3-го рівня системи електропостачання, або 1,0 на лініях до силових ЕП, які не мають у своєму складі ЕД.

У лініях з лампами ДРЛ (ДРІ) уставка струму спрацювання вибирається за формулою (2.32):

$$I_{c.n} = I_{y.m.p} \geq 1,3 \cdot I_{p.o} \quad (2.32)$$

Для автомата вводу уставка спрацювання відсічки роз'єднувача миттєвої дії $I_{c.в}$ визначається за формулою (2.33):

$$I_{c.в} \geq (6...10) \cdot I_{ном.т} \quad (2.33)$$

де $I_{ном.т}$ - номінальний струм трансформатора на стороні НН.

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП і від пускових струмів для одного ЕП полягає у виборі уставки струму спрацювання відсічки роз'єднувача миттєвої дії $I_{c.в}$ за формулою (2.34):

$$\begin{aligned} I_{c.в} = I_{y.c.p} &\geq 1,25 \cdot I_{пик} \\ I_{c.в} = I_{y.c.p} &\geq 1,25 \cdot I_{пуск} \end{aligned} \quad (2.34)$$

де $I_{пик}$ та $I_{пуск}$ - піковий і пусковий струм ЕП чи групи ЕП.

Пусковий струм ЕП обчислюється згідно формули (2.35):

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном.ЕП}} \quad (2.35)$$

де $k_{\text{пуск}}$ - коефіцієнт пуску;

$I_{\text{ном.ЕП}}$ - номінальний струм ЕП.

Коефіцієнти пуску $k_{\text{пуск}}$ приймають:

- п'ятикратним для асинхронних та синхронних двигунів;
- трикратним для зварювальних і пічних трансформаторів, машин контактного зварювання.

Піковий струм групи з 2-5 ЕП визначається за формулою (2.36):

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.макс}} + \sum_1^{n-1} I_{\text{ном}} \quad (2.36)$$

де $I_{\text{пуск.макс}}$ - найбільший з пускових струмів одного з ЕП у групі;

$\sum_1^{n-1} I_{\text{ном}}$ - сумарний номінальний струм групи ЕП без урахування номіна-

льного струму найбільшого за потужністю.

Для групи більше 5 ЕП визначається за формулою (2.37):

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_p - k_g \cdot I_{\text{ном.макс}}) \quad (2.37)$$

Де I_p - розрахунковий струм усіх ЕП групи;

k_g - коефіцієнт використання ЕП з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$ - номінальний струм ЕП з найбільшим пусковим струмом.

В системах електропостачання з комплектними конденсаторними установками (ККУ) струм спрацьовування відсічки визначається з виразу (2.38)

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк. 41
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$I_{c.в} = I_{y.e.p} \geq 1,3 \cdot I_{KKY} \quad (2.38)$$

де I_{KKY} - номінальний струм ККУ.

Результати розрахунків та вибір вимикачів приведено в табл. 2.13 – 2.18.

Таблиця 2.13 – Результати розрахунку обладнання по СРШ 1

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{y.c.p}$	Тип
36	Вентилятори	9,5	25	59	5	150	e.mcb.stand.C25
37	Вентилятори	9,5	25	59	5	150	e.mcb.stand.C25
38	Вентилятори	9,5	25	59	5	150	e.mcb.stand.C25

Таблиця 2.14 – Результати розрахунку обладнання по СРШ 2

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{y.c.p}$	Тип
-	Освітлення	76,0	80	475	5	480	e.is.pro.3.80

Таблиця 2.15 - Результати розрахунку обладнання по СРШ 3

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{y.c.p}$	Тип
25	Електрична піч опору	86,4	100	540	5	600	BA52-31
26	Електрична індуктивна піч	57,4	63	359	5	378	e.mcb.stand63
27	Електрична індуктивна піч	57,4	63	359	5	378	e.mcb.stand63
28	Електродугова піч	125,3	125	783	5	750	BA52-33
29	Електродугова піч	125,3	125	783	5	750	BA52-33

30	Електродугова піч	125,3	125	783	5	750	BA52-33
31	Кран-мостовий	109,4	125	684	5	750	BA52-33

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		43

Таблиця 2.16 – Результати розрахунку обладнання по ШРА1

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Тип
1	Кран-мостовий	109,4	125	684	5	750	BA52-33
2	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.45
3	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.46
4	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.47
5	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.48
6	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.49
7	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.50
8	Продольно-стругальні станки	39,7	50	248	5	300	mcb.stand.51
9	Токарні станки	32,7	40	205	5	240	mcb.stand.52
10	Вертикально-свердлильні станки	9,3	10	58	5	60	mcb.stand.53
11	Росточний станок	25,7	32	161	5	192	mcb.stand.54
12	Фрезерні станки	14,0	16	88	5	96	mcb.stand.55
13	Радіально-свердлильні станки	35,1	40	219	5	240	mcb.stand.56

Таблиця 2.17 – Результати розрахунку обладнання по ШРА2

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Тип
14	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
15	Плоско-шліфувальні станки	19,0	20	119	5	120	mcb.stand
16	Плоско-шліфувальні станки	19,0	20	119	5	120	mcb.stand
17	Плоско-шліфувальні станки	19,0	20	119	5	120	mcb.stand
18	Вертикально-свердлильні станки	9,3	10	58	5	60	mcb.stand
19	Вертикально-свердлильні станки	9,3	10	58	5	60	mcb.stand
20	Росточний станок	25,7	32	161	5	192	mcb.stand
21	Фрезерні станки	14,0	16	88	5	96	mcb.stand
22	Фрезерні станки	14,0	16	88	5	96	mcb.stand
23	Радіально-свердлильні станки	35,1	40	219	5	240	mcb.stand
24	Радіально-свердлильні станки	35,1	40	219	5	240	mcb.stand
32	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
33	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
34	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

MP 5.8.141 ПЗ

Арк.

45

35	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
39	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
40	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
41	Продольно-стругальні станки	39,7	40	248	5	240	mcb.stand
42	Кран-мостовий	109,4	125	684	5	750	BA52-33

Таблиця 2.18 – Результати розрахунку параметрів ввідних пристроїв

№	Назва ЕП	I_p, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{пуск}, A$	$k_{пуск}$	$I_{у.с.р}$	Тип
1	СРШ1	28	32	249	7	192	e.mcb.stand.C.32
2	СРШ2	76	80	665	7	480	BA52-31.80
3	СРШ3	671	700	5873	7	4200	ukm.800S
4	ШРА1	503	630	4401	7	3780	BA51-39.630
5	ШРА2	624	630	5456	7	3780	BA51-39.630

2.4.6 Розрахунок заземлення цехової трансформаторної підстанції

При розрахунку ПЗ визначають тип заземлювачів, їх кількість та місце розміщення, а також переріз заземлюючих проводів. Розрахунок ПЗ являє собою визначення опору розтікання струму штучних заземлювачів, який не перевищить нормованого значення і залежить від провідності ґрунту, конструкції заземлювача та глибини його закладання [11, 16, 17].

Ушкодження ізоляції електроустаткування може спричинити появу на корпусах та інших металевих частинах (потенціально небезпечних) потенціалів, які небезпечні для життя людини. Доцільно використовувати занулення для захисту працівників від ураження електричним струмом. Робота такої системи закладається в тому, що при попаданні струмоведучих частин на корпус ЕП виникає однофазне КЗ, що спричиняє миттєве відключення. Для безпечного обслуговування буде використовуватися заземлення. Заземлювати слід усі частини ЕО, які в звичайному стані не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею в разі пошкодження ізоляції. Електропостачання цеху використаємо мережу за системою TN—С, яка показана на рис. 2.2 [14] [1].

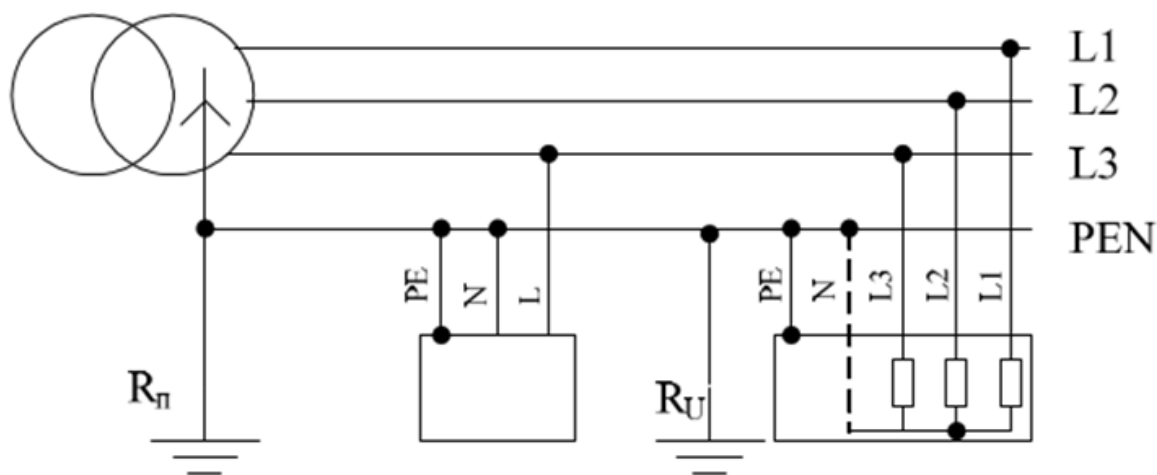


Рисунок 2.2 - Схема мережі за системою TN-C

Вимір опору петлі «фаза-нуль» здійснюють за допомогою схем на змінному струмі [19, 20]. Існують схеми, які дозволяють виміряти повний опір петлі «фаза-нуль» без вимикання обладнання. Однак цей вимір, як правило, виконують у вихідні дні, коли можливе відключення всієї мережі, яка живиться від одного трансформатора. Розрахунок цехової трансформаторної підстанції мережа 10 кВ працює з ізольованою нейтраллю; на стороні напругою 0,38/0,22 кВ нейтраль є глухо заземленою.

Зі сторони 0,38/0,22 кВ $R < 4 \text{ Ом}$. Остаточного приймаємо $R_{з, норм.} = 4 \text{ Ом}$. Величина питомого опору ґрунту у місці спорудження ПЗ для піску $\rho = 50 \text{ Ом}$

						Арк.
					MP 5.8.141 ПЗ	47
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

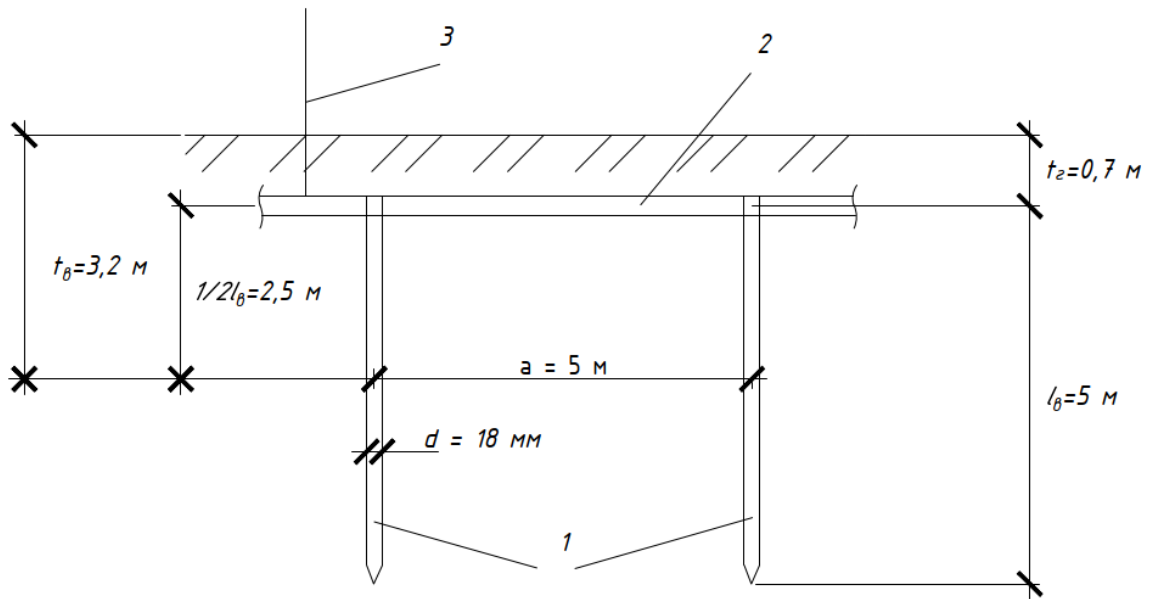


Рисунок 2.3 – Конструкція пристрою заземлення: 1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач; 3 – заземлюючий провідник

Приймаємо найбільшу цілу кількість вертикальних заземлювачів $n = 8$ шт.

Опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталевієї смуги шириною $b=40$ мм і висотою $h=4$ мм визначаємо за формулою (2.42):

$$R_{e.B} = \frac{0,366 \rho_{p.\Gamma}}{l_{\Gamma}} \left(\lg \frac{2 \cdot l_{\Gamma}^2}{b t_{\Gamma}} \right) = \frac{0,366 \cdot 240}{5 \cdot 15} \left(\lg \frac{2 \cdot (5 \cdot 13)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} \right) = 27,4 \text{ Ом} \quad (2.42)$$

При кількості вертикальних зварювачів у контурі $n=27$ шт і при визначеному відношенні $a/l_{\delta} = 1$ вибір коефіцієнту використовуються горизонтальні смуги $K_{B.\Gamma.E} = 0,3$ (середня величина). Тоді опір розтікання горизонтального заземлення з урахуванням екранування визначається за виразом (2.43):

$$R_{3.\Gamma.E} = \frac{R_{3.\Gamma}}{K_{B.\Gamma.E}} = \frac{15,3}{0,3} = 51 \text{ Ом} \quad (2.43)$$

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк. 49
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначається уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтального струму (2.44)

$$R_{з.в.Е} = \frac{R_{з.Г.Е} \cdot R_{е.норм}}{R_{з.Г.Е} - R_{е.норм}} = \frac{47,3 \cdot 4}{47,3 - 4} = 3,68 \text{ Ом} \quad (2.44)$$

Уточнена кількість вертикальних електродів (2.45):

$$n_y = \frac{R_{е.в}}{K_{в.в.Е} \cdot R_{з.в.Е}} = \frac{27,4}{0,5 \cdot 3,68} = 14,8 \text{ шт} \quad (2.45)$$

]

Остаточно приймається 16 вертикальних електродів. Розташування контуру заземлення цехової КТП показано на рис. 2.4.

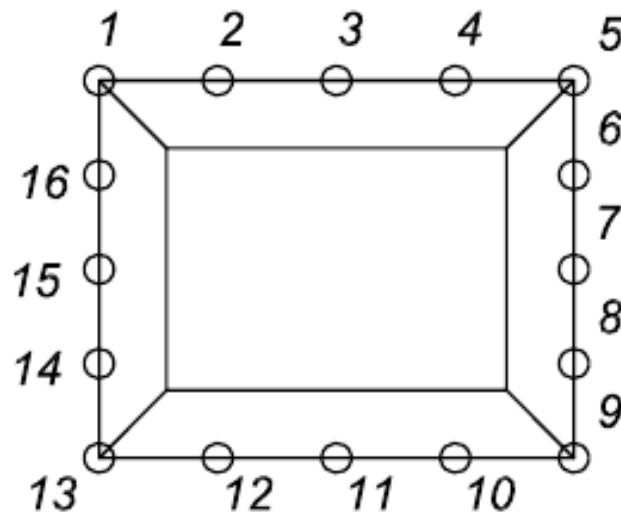


Рисунок 2.4 – Контур заземлення цехової КТП

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Розрахунок освітлення цеху

В умовах виробництва застосовують природне, штучне або комбіноване освітлення. Природне освітлення зумовлюють прямі сонячні промені й дифузне світло небосхилу. Природне освітлення поділяється на: бокове (одно – або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє – через ліхтарі та отвори в дахах і перекриттях; комбіноване – поєднання верхнього та бокового освітлення.

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення).

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах з високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний в процесі роботи напрямок світла. Для місцевого освітлення робочих місць слід використовувати світильники з непросвічуючими відбивачами [17].

Світильники повинні розташовуватися так, щоб їх елементи, які свіяться, не влучали в поле зору працюючих на освітленому робочому місці і на інших робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

Норми освітлення залежать від параметрів, які передбачено роботою. Відстань від очей до предмета праці повинна бути визначена в кожному окремому випадку.

					MP 5.8.141 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дат	<i>Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>		<i>Харченко</i>					51	76
<i>Перевір.</i>						СумДУ ЕТмдн-31Ж		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Варто пам'ятати, що значна частина робочого часу на виробничих підприємствах припадає на темний час доби, коли робота повинна проводитися при штучному освітленні, а також будівель, які позбавлені повністю природного освітлення, або його наявність виявляється недостатньою для роботи впродовж світлового дня без додатково увімкненого електричного освітлення [1].

Нормативні величини освітленості робочих місць для різних видів робіт та відповідних зорових навантажень визначаються за [18,19]. Для роз'яснення зазначимо, що робоча поверхня – головний об'єкт при встановленні регламентованих норм освітлення. Під робочою поверхнею, як об'єкта для нормування рівнів освітленості, розуміють поверхню робочого столу, верстака, частини обладнання, або інструмента, на якій проводиться робота та для якої нормується або на якій вимірюється освітленість.

Із загального обсягу інформації, через зоровий канал людина одержує 80%. Якість інформації, що надходить, залежить від освітлення. Незадовільна кількість або якість не тільки втомлює зір, але й викликає втому організму в цілому. Часте пристосування очей, різкі тіні, освітлення надто яскравим світлом втомлює очі, знижують його захисну реакцію, око втрачає контрастну чутливість і гостроту зору. Збереження зору людини, стан її центральної нервової системи і безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення. Природне і штучне освітлення, в основу нормування виробничого освітлення покладена характеристика здорової роботи, що дозволить забезпечити високу продуктивність праці.

3.2 Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки

У виробничому приміщенні з розмірами $A \times B = 40 \times 23,8$ (м) і висотою $H = 8$ (м) робоча поверхня перебуває на висоті $h_p = 0,8$ (м) стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить $h_c = 0,2$ (м). Розрахувати освітлення цеху методом коефіцієнта використання та точковим методом, що створює на робочій поверхні нормовану освітленість E . Порівняти отримані результати.

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

3.2.1 Вихідні дані до розрахунку

У виробничому приміщенні з розмірами $A \times B = 48 \times 30$ (м) і висотою $H = 10$ (м) робоча поверхня перебуває на висоті $h_p = 0,8$ (м) стосовно підлоги, а висота установки світильників стосовно стелі становить $h_c = 0,2$ (м). Розрахувати освітлення цеху методом коефіцієнта використання та точковим методом, що створює на робочій поверхні нормовану освітленість E . Порівняти отримані результати приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для проведення розрахунку

$A, м$	$B, м$	$H, м$	$E_{min}, лк$	$\rho_{ст}, \rho_c, \rho_p, \%$
48	30	9	150	50;30;10

3.2.2 Розрахунок освітлювальної системи

Для визначення розміщення світильників необхідно визначити наступні параметри:

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

H – висота приміщення, м;

h_p – висота розрахункової поверхні над підлогою, м (якщо невідомо, приймається висота умовної робочої поверхні 0,8 м);

h_c – відстань від світильника до перекриття, м (приймається в діапазоні 0 – 1,5 м);

h – розрахункова висота від умовної робочої поверхні до світильника, м визначається за формулою (3.1):

$$h = H - h_c - h_p \quad (3.1)$$

де, L – відстань між сусідніми світильниками в ряді або рядами світильників, м;

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

l – відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни, м (приймається (0,3–0,5) L залежно від наявності поблизу стін робочих місць);
Визначаємо відстань між світильниками в елементарному полі за формулою (3.2):

$$L = \lambda_c \cdot h \quad (3.2)$$

Задаємо значенням λ , обчислюємо відстань L .

Оскільки, за умовою використаний світильник ГСП17В, тому за технічними параметрами тип світильника М як показано в додатку, тому $\lambda_c = 2,2$.

Число рядів світильників N_B та число світильників у ряді N_A визначаємо за наступною формулою (3.3):

$$N_A = \frac{A-2l}{L} + 1 = \frac{A}{L} + \frac{1}{3}, \quad N_B = \frac{B-2l}{L} + 1 = \frac{B}{L} + \frac{1}{3}, \quad (3.3)$$

Після цього перераховуємо реальні відстані між рядами світильників та між ними самими за виразами (3.4):

$$L_B = \frac{B-2l_B}{N_B-1} = \frac{B}{N_B-\frac{1}{3}}, \quad L_A = \frac{A-2l_A}{N_A-1} = \frac{A}{N_A-\frac{1}{3}}, \quad (3.4)$$

$$l_B = L_B/3; \quad l_A = L_A/3.$$

Результати наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Проміжні результати розрахунку

Параметри	Значення
h , м	8

λ_c	2,2
L , м	17,6
N_A , шт	4
N_B , шт	4
N , шт	16
L_A , м	13,1
l_a , м	4,36
L_B , м	8,18
l_b , м	2,73

3.2.3 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання

Цей метод використовується тільки при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь у закритих приміщеннях і враховує освітленість, створену на робочій поверхні прямим і відбитим світловими потоками.

Мета розрахунку: визначення потужності лампи за розрахунковим світловим потоком.

Світловий потік ламп визначається за формулою (3.5):

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (3.5)$$

де Φ – розрахунковий світловий потік лампи, лм;

E – нормована освітленість робочої поверхні, лк;

k – коефіцієнт запасу;

S – площа приміщення, м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення (відношення середньої освітленості до мінімальної по освітлюваній площині) – для світильників прямого світла приймається рівним 1,15, для інших – 1,1;

N – кількість світильників, шт.; η – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Коефіцієнт використання світлового потоку залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі ρ_c , стін $\rho_{ст}$, робочої поверхні ρ_p . та індексу приміщення i та визначається з таблиці додатку . Визначається індекс приміщення (3.6):

$$i = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (3.6)$$

де S – площа приміщення m^2 ;

h – розрахункова висота підвісу світильника, м;

A і B – довжина і ширина приміщення, що розраховується, м.

За розрахованим потоком із відповідної таблиці додатку вибирають джерело світла, світловий потік якого найближче відповідає розрахунковому. Маємо такі результати розрахунку у вигляді табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Кінцеві результати розрахунку методом коефіцієнта використання

Величина	Розраховане значення
i	2,31
i_1	2
i_2	3
η_{n1}	0,56
η_{n2}	0,65
η_n	0,588
η	0,412
Φ_p , лм	56523

Обираємо тип лампи ДРІ700 із світловим потоком $\Phi_{л}=60000$ лм. Відхилення світлового потоку обраної лампи (3.7):

$$\delta = \frac{\Phi_L - \Phi_P}{\Phi_P} \cdot 100\% = \frac{60000 - 56523}{56523} \cdot 100 = 6,2\% \quad (3.7)$$

Відхилення знаходиться у межах -10 %...+20 %, це свідчить про правильний вибір кількості та типу світильників.

Загальна потужність освітлювальної установки (3.8):

$$P_{\text{вст}} = N \cdot P_L = 16 \cdot 700 = 11200 \text{ Вт} \quad (3.8)$$

Отже, проведено розрахунок кількості світильників для головного промислового приміщення зварювального цеху. Відповідно розрахунку необхідно встановити 16 світильників із лампами типу ДРІ потужністю 700 Вт. При цьому загальна потужність становитиме 11,2 кВт.

Проведено аналіз майбутньої роботи зварювального цеху та вимоги до охорони праці. Дані вимоги розповсюджуються на освітлення робочого приміщення, вентиляції та опалення простору. Важливим питання залишається електро технологічна безпека приміщення та вимоги до правильних та безпечних дій працівників під-час нормального та аварійного режимів.

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що обраний найбільш оптимальний і раціональний варіант електропостачання ділянки зварювального цеху.

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нових приладів освітлення

Розрахунок економічного ефекту проводиться з використанням світильників різного типу. Для розрахунку даного ефекту необхідно знайти обсяг витрат при впровадженні даних заходів. В даному дослідженні обрано світильники наступних типів: ДРІ700 метало галогенною лампою ДРІ700 та LED із світлодіодною лампою потужністю 400 Вт. У табл. 4.1 приведені технічні характеристики світильників.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика світильників ГСП17В і LED

Найменування	Тип світильника	
	ДРІ	LED
Тип лампи	ДРІ 700	LED 400
Потужність, Вт	700	400
Світловий потік, лм	6000	60000
Термін служби, год	15000	60000

Джерела, що перетворюють енергію електричного розряду в газах, парах металу або їхніх сумішах в оптичне випромінювання, називають газорозрядними джерелами. Як газ використовують аргон, пари металів (ртуть, натрій). Газорозрядні джерела класифікують за тиском, за принципом генерування ОВ, за видом розряду.

					MP 5.8.141 ПЗ			
Змн	Арк.	№ докум	Підпис	Дат	<i>Розрахунки режимів роботи, параметрів та вибір електрообладнання електричної мережі</i>	Лит.	Аркуш	Листів
<i>Розроб.</i>	<i>Харченко</i>						58	76
<i>Перевір.</i>	<i>Маценко О.М.</i>					СумДУ ЕТмдн-31Ж		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Вартість всіх світильників, які необхідно встановити, визначається за формулою (4.1):

$$C_{св} = (C_c + C_l \cdot N) \cdot n, грн \quad (4.1)$$

де C_c – ціна одного світильника, грн.;

C_l – ціна однієї лампи, грн.;

N – кількість ламп в світильнику, штук;

n – кількість світильників, штук.

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників ДРІ700 з металгалогеною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 16 штук ціна яких 800 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 100 грн., складає:

$$C_{св1} = (800 + 100) \cdot 16 = 14400 (грн)$$

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників LED з світлодіодною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 12 штуки ціна яких 5200 грн. складає [21]:

$$C_{св2} = (5200) \cdot 12 = 62400 (грн)$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік (4.2):

$$K = k \cdot N_l \cdot n \cdot N, кВт / год \quad (4.2)$$

де k – час напрацювання лампи, год.;

N_l – потужність лампи, кВт.

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		59

Для ламп час роботи складає 2200 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні ламп ДРІ складає:

$$K_1 = 2200 \cdot 0,7 \cdot 16 \cdot 1 = 24640 \text{ (кВтм / год)}$$

При використанні світильників LED:

$$K_2 = 2200 \cdot 0,1 \cdot 12 \cdot 1 = 2640 \text{ (кВтм / год)}$$

Вартість споживаної електричної енергії за рік (4.3):

$$C_{\text{ЕЛ}} = K \cdot C_{\text{ел}}, \text{ грн} \quad (4.3)$$

де $C_{\text{ел}} = 5,28$ грн/кВт – ціна на електричну енергію [22].

Для світильників ДРІ700 вона складає:

$$C_{\text{ЕЛ1}} = 24640 \cdot 5,28 = 130099 \text{ (грн)}$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників LED:

$$C_{\text{ЕЛ2}} = 2640 \cdot 5,28 = 13939 \text{ (грн)}$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників LED (4.4):

$$E_{\text{ел}} = C_{\text{ЕЛ2}} - C_{\text{ЕЛ1}} = 130099 - 13939 = 116160 \text{ (грн)} \quad (4.4)$$

Річні витрати по експлуатації світильників (4.5):

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$C_{експл} = G \cdot C_{л} + C_{ЕЛ} \cdot зрн \quad (4.5)$$

де G – витрата ламп, штук.

Для ДРІ700 – 16 штук, для LED – 12 штук. Витрати згідно формули (4.5):

- для ламп ДРІ700:

$$C_{експл1} = 14400 + 130099 = 144499 \text{ (зрн)}$$

- для світильників LED:

$$C_{експл2} = 62400 + 13939 = 76339 \text{ (зрн)}$$

Річна економія по експлуатації світильників LED ніж при використанні ДРІ700 (4.6):

$$E_{експл} = C_{експл2} - C_{експл1} = 144490 - 76339 = 68151 \text{ (зрн)} \quad (4.6)$$

Економія при установці освітлювальних приладів (4.7):

$$E_{уст} = C_{уст2} \cdot n_2 - C_{уст1} \cdot n_1 = 122 \cdot 12 - 122 \cdot 12 = 1464 - 1464 = 0 \text{ (зрн)} \quad (4.7)$$

де $C_{уст}$ – ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу ДРІ700 становить 250 гривні, а LED – 250 гривні.

Загальна економія підприємства (4.8):

$$E = E_{експл} + E_{ел} = 68151 + 116160 = 184311 \text{ (зрн)} \quad (4.8)$$

4.2 Висновок щодо економічної ефективності

					MP 5.8.141 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

Питання ефективності освітленості приміщень, а також мінімізація витрат на обслуговування та терміну окупності є актуальною темою на сьогоднішній день. Згідно розрахунків економія підприємства від використання світильників LED в порівнянні зі світильниками ДРІ700 становить 184311 гривні. Для точності розрахунків, необхідно врахувати значну економію, пов'язану зі терміном роботи світлодіодної лампи. Для повноти оцінки витрат, необхідно враховувати затрати пов'язані з більшою частою заміною як ламп ДРІ, що перегоріли, так і дроселів або ПРА, що вийшли з ладу.

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		62

ВИСНОВОК

У даній роботі зроблено розрахунок електропостачання електричної мережі метою якого є вибір найбільш оптимального варіанта схеми, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити високу надійність електроживлення та безперебійної роботи.

У ході розрахунків, розраховано електричні навантаження за значенням електричних навантажень обрано електрообладнання та схему системи електропостачання, визначено втрати потужності і електроенергії. Обрано необхідну кількість і потужність трансформаторів з урахуванням оптимального коефіцієнта їх завантаження і категорії споживання електроприймачів. Розраховано та обрано найбільш вибагливий перетин проводів та кабелів живильних і розподільних ліній. Проведено розрахунок струмів короткого замикання. Визначено потужність компенсуючих пристроїв. Розміщення КТП – зовнішнє. Для КТП розраховано заземлення трансформаторної підстанції.

В розділі охорони праці було розраховано мінімальну кількість світильників для головного промислового приміщення зварювального цеху методом коефіцієнта використання.

В економічній частині розраховано вартість освітлювальної мережі із використання металгалогених ламп ДРІ та заміна існуючих ламп на світлодіодні лампи. Оцінено екологічність використання ламп різних типів та вплив роботи ламп на робочий персонал зварювального цеху, а саме мерехтіння з помітною для людського ока частотою, яке притаманне люмінесцентним лампам та відсутнє в світлодіодних. Ця перевага дозволяє використовувати світлодіодні лампи для освітлення обертальних механізмів та інших місць, де застосування в якості освітлення люмінесцентних ламп викликає швидке стомлення очей.

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		63

Ю. Коляда ; Харків. нац. унів. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 95 с.

20. Петровський М.В. Електроосвітлення: конспект лекцій для студ. спец. 7.050701 “Електротехнічні системи електроспоживання” всіх форм навчання. Суми: СумДУ, 2012. 227 р.

					<i>MP 5.8.141 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		65

