

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ҐЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

**«РОЗРОБЛЕННЯ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРООСВІТЛЕННЯ ЦЕХУ
ПП ВНФ «ГАЛЕЛЕКТРОСЕРВІС»»**

Виконав: студент IV курсу

групи Ен – 42 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Дришко Роман

Керівник: _____ Марущак Я.Ю.

Рецензент: _____ Сиротюк С.В.

ДУБЛЯНИ 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ____ ” _____ 2025_ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дришко Роману

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення мереж електропостачання та електроосвітлення цеху ПП ВНФ «Галелектросервіс»»

керівник роботи д.т.н., професор Марущак Я.Ю.

(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП 123/к-с від 25.02.25
р. _____

2. Строк подання студентом роботи 13.06.25
р. _____

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ

РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Висновки

Перелік джерел посилання

Додатки

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

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	

4	Городецький І. М., к.т.н., доцент			
---	--------------------------------------	--	--	--

7. Дата видачі завдання 25.02.25 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Виконання аналізу вихідних даних для реконструкції підстанції та обчислення нормальних і аварійних режимів роботи</i>	<i>25.02.2025 – 7.03.2025</i>	
2	<i>Розробка схеми відкритих розподільчих пристроїв підстанції та вибір основного обладнання</i>	<i>10.03.2025 – 14.03.2025</i>	
3	<i>Розробка системи релейного захисту трансформатора на основі мікропроцесорного реле</i>	<i>17.03.2025 – 18.04.2025</i>	
4	<i>Виконання структурно-функціонального аналізу процесу та розробка моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій</i>	<i>21.04.2025 – 2.05.2025</i>	
5	<i>Вивчення питання охорони праці та здійснення техніко-економічної оцінки прийнятих рішень</i>	<i>5.05.2025 – 16.05.2025</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки та презентації</i>	<i>19.05.2025 – 30.05.2025</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>2.06.2025 – 13.06.2025</i>	

Студент _____ Дришко Роман

(підпис)

(прізвище та ініціали)

УДК 621.320

Дришко Роман. Розроблення мереж електропостачання та електроосвітлення цеху ПП ВНФ «Галелектросервіс». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. ГЖИЦЬКОГО, 2025. 43 с. текстової частини, 15 таблиць, 11 рисунків, 15 джерел посилання.

У кваліфікаційній роботі була розрахована мережа електропостачання та електроосвітлення цеху ПП ВНФ «Галелектросервіс». Здійснено аналіз технічного стану існуючого обладнання цеху та обґрунтовано доцільність його заміни. Також було розраховане освітлення з використанням різних типів ламп, а саме: компактних люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп. Після розрахунків силової мережі для верстатів були вибрані кабелі та ПЗА. Проаналізовано заходи з охорони праці при монтажі та експлуатації пристроїв. Оцінено економічну ефективність запропонованих технічних рішень, визначено очікуваний економічний ефект та строк окупності.

Ключові слова: мережі електропостачання та електроосвітлення цеху, КЛЛ, світлодіодні лампи.

ВСТУП

Належне електропостачання та якісне електроосвітлення є ключовими факторами, що визначають ефективність і безпеку роботи будь-якого виробничого підприємства. Особливо це стосується цехів, де від безперебійної роботи обладнання залежить продуктивність, якість продукції та умови праці персоналу. У зв'язку з цим, правильне проектування електричних мереж і систем освітлення має велике значення для забезпечення стабільної і надійної роботи виробництва. Відсутність або низька якість електропостачання може призвести до простоїв, поломок техніки та збільшення витрат на ремонт, а недостатнє освітлення негативно впливає на безпеку і продуктивність працівників.

У цій роботі розглядається комплексна розробка мереж електропостачання та електроосвітлення цеху приватного підприємства ВНФ «Галелектросервіс». Основна мета полягає у створенні надійної, ефективної та безпечної електричної системи, що відповідає сучасним технічним нормам і вимогам, забезпечуючи стабільне електроживлення всього обладнання і комфортні умови для персоналу.

Робота передбачає детальний аналіз електричних навантажень цеху, вибір оптимальних схем живлення, підбір відповідних типів проводів, кабелів, апаратів захисту та автоматизації. Значна увага приділяється питанням енергозбереження шляхом впровадження сучасних технологій освітлення, зокрема світлодіодних ламп, які дозволяють знизити експлуатаційні витрати та підвищити енергоефективність.

У процесі проектування враховуються особливості виробничого процесу, типи та потужність електроприймачів, режим їх роботи, а також вимоги безпеки і пожежної безпеки. Особлива увага приділяється розробці систем захисту від перевантажень, коротких замикань та інших аварійних ситуацій, що сприятиме зниженню ризику виникнення аварій та підвищенню надійності експлуатації.

Результати виконаної роботи можуть бути використані для подальшої модернізації електроінфраструктури підприємства, забезпечення більш ефективного управління енергоспоживанням, а також підвищення загального рівня технічної безпеки на виробництві. Таким чином, розробка сучасної системи електропостачання і освітлення сприятиме зростанню продуктивності праці, зниженню витрат на обслуговування обладнання і створенню комфортних і безпечних умов праці для співробітників підприємства.

Мета роботи: розроблення мереж електропостачання та електроосвітлення цеху ПП ВНФ «Галелектросервіс».

Актуальність роботи: військові дії та нестача електроенергії в Україні стимулює до дослідження енергоефективних електричних джерел світла.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальна характеристика

Товариство з обмеженою відповідальністю «Виробничо-наукова фірма Галелекросервіс» спеціалізується на виробництві зварювальних електродів та дроту. Підприємство розташоване у місті Львові за адресою: вулиця Навроцького, 10а. На території ТОВ ВНФ «Галелекросервіс» розміщені трансформаторна підстанція, ангар для зберігання сировини та готової продукції, виробничий цех, адміністративна будівля, котельня та пост охорони.

Трансформаторна підстанція оснащена двома трансформаторами з номінальною напругою 10/0,4 кВ. Адміністративна будівля має два поверхи: на першому розташовані кухня та пропускний пункт, а на другому — десять кабінетів, серед яких комерційний відділ, бухгалтерія, а також робочі місця головного енергетика, інженера, технолога та начальника виробництва.

Поруч з адміністративним корпусом знаходиться виробничий цех, де відбувається безпосереднє виготовлення електродів. Висота цеху становить 7,4 метра. У цеху встановлено різноманітне електричне обладнання різної потужності та призначення, зокрема: гідравлічний електродообмазуючий прес ГЕП-450, механізм подачі електродів МПЕ-450, механізм зачистки та транспортування МЗТ-450, правильно-рубильний автомат ПРА-450, брикет-прес БП-140, мокрий змішувач МЗ-50, сухий змішувач СЗ-50 та кульовий млин КМ-700.

1.2 Інженерна частина

Існуючий стан об'єкта

Цех для виготовлення електродів складається з основної виробничої будівлі та адміністративно-побутового корпусу (АПК). Виробничий цех — це однопролітна споруда з висотою до нижньої частини несучих конструкцій 7,4 метра. Будівля виконана з цегли, покриття представлено збірними

залізобетонними ребристими плитами типу «КЖ-4», які спираються на двоскатні залізобетонні балки Б 4-12-3.

Адміністративно-побутовий корпус збудований за типовим конструктивним рішенням, враховуючи наявність сходових маршів згідно серії NN-03-01. Корпус двоповерховий з технічним горищем, висота поверхів становить 3,2 метра. На першому поверсі розташовані роздягальні, гардеробні, побутові кімнати та пропускний пункт, тоді як другий поверх займають адміністративні приміщення.

Згідно з існуючим планом, виробничий цех фізично відокремлений від будівлі адміністративно-побутового корпусу.

Основні характеристики будівлі:

- Площа забудови становить 930,8 м²;
- Площа виробничих приміщень дорівнює 414,04 м²;
- Площа офісних та побутових приміщень складає 542,1 м²;
- Загальний будівельний об'єм – 8043 м³.

Опалення та вентиляція:

Розрахункові параметри зовнішнього повітря:

- Для холодного періоду:
 - Розрахункова температура повітря: мінус 19 °С;
 - Середня температура опалювального періоду: мінус 2 °С;
 - Тривалість опалювального сезону — 191 день.
- Для теплого періоду:
 - Розрахункова температура повітря: плюс 26,4 °С.

Параметри мікроклімату на робочих місцях відповідно до СНиП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»:

- Холодний період:
 - Температура повітря всередині приміщень +18 °С;

- Відносна вологість повітря – 75–80%;
- Швидкість руху повітря – від 0,2 до 0,3 м/с.
- Теплий період:
 - Температура повітря всередині приміщень від +27 до +30 °С;
 - Відносна вологість повітря – близько 75%;
 - Швидкість руху повітря – від 0,3 до 0,4 м/с.

Джерелом теплопостачання є власна котельня з тепловою потужністю 400 кВт. В якості теплоносія використовується вода з температурними параметрами 85–65 °С. Система опалення виконана за двотрубною схемою з нижньою розводкою, тупикового типу і є закритою. Нагрівальні прилади — сталеві пластинчасті радіатори типу РІЖМО з боковим підключенням.

Опалення адміністративно-побутових приміщень передбачає використання мідних труб, тоді як у цеху застосовуються оцинковані водогазопровідні труби. Для видалення повітря із системи опалення встановлені повітровипускні клапани на нагрівальних приладах та розподільниках. Для регулювання тепловіддачі проектом передбачено встановлення терморегулюючих головок типу HEIMEIER.

Вентиляція цехових дільниць організована як припливно-витяжна механічна, причому приплив повітря здійснюється безпосередньо у робочу зону при температурі 24 °С. Відповідно до технологічних вимог передбачена місцева механічна витяжка, повітря з якої очищується в пиловловлюючих установках типу УВП з рівнем очистки 99,9 %. Очищене повітря повертається назад у цех, а пил, що затримується, відводиться через циклон типу ЦН1.1, розміщений поза межами будівлі. На літній період запроектована загальнообмінна механічна витяжна вентиляція для видалення надлишкового тепла (вузли В5, В6, В10).

В адміністративно-побутових приміщеннях передбачена припливно-витяжна механічна вентиляція. Приплив повітря забезпечує канална установка типу KG4Q, що включає фільтрокондиціонер, калорифер та

глушник шуму. Витяжка здійснюється осьовими вентиляторами типу DEKOR із санвузлів та кімнат прийому їжі.

Для зменшення рівня шуму від вентиляційного обладнання застосовуються малошумні вентилятори. Всі вентиляційні установки обладнані гнучкими вставками та розміщені поза межами основних приміщень або у допоміжних кімнатах.

Витрата тепла для опалення цеху становить 111 800 ккал/год (приблизно 130 кВт), для опалення адміністративно-побутового корпусу (АПК) – 34 400 ккал/год (приблизно 40 кВт), а на вентиляцію – 172 000 ккал/год (приблизно 200 кВт). Загальна встановлена потужність електродвигунів вентиляторів становить 30,5 кВт.

Щодо водопостачання та каналізації, відповідний розділ проекту базується на технічних умовах, виданих МКП “Львівводоканал” (№15-4551 від 22.09.2005), архітектурно-будівельних кресленнях та діючих будівельних нормах і правилах.

Цех з виготовлення зварювальних електродів розташований за адресою: м. Львів, вул. Навроцького, 10А. В цьому районі вже існують мережі водопостачання та каналізації. Для будівлі передбачено як внутрішні, так і зовнішні мережі водопостачання і каналізації.

Внутрішні мережі включають господарсько-питний та протипожежний водопровід, а також побутову і виробничу каналізацію. Водопостачання розраховане на виробничі, протипожежні та побутові потреби працівників. Загальна витрата води на побутові потреби складає 1,43 м³/год або 4,32 м³/добу, а для технологічних потреб – 0,62 м³/добу. Для пожежогасіння передбачено подачу двох струмин по 5 л/сек у виробничому цеху та однієї струмини по 2,5 л/сек в офісних приміщеннях.

На вході до будівлі встановлено водомірний вузол з лічильником холодної води діаметром 20 мм та запірною арматурою. Оскільки подача води відбувається періодично, проектом передбачено резервуар запасу води об’ємом 3 м³. Для підтримання необхідного тиску в системі встановлено

автоматичну насосну установку фірми “Wilo”. Гаряче водопостачання забезпечується бойлером типу Vitocell 14-100 виробництва фірми “Viessmann”, який розміщений у котельні.

Щодо зовнішніх мереж, вони призначені для подачі води та відведення стоків. До них входять господарсько-питний та протипожежний водопровід, побутова та виробнича каналізації, а також дощова каналізація. В точці приєднання до існуючої мережі встановлюється колодязь із залізобетонних елементів із запірною арматурою. Водопровідна мережа прокладається з поліетиленових труб діаметром 110 мм на глибині до 2 метрів, на піщаній основі.

Побутова та виробнича каналізації призначені для відведення стоків від будівлі до існуючої загальносплавної мережі. Для цього використовуються каналізаційні труби з ПВХ діаметром 160 мм. Дощова каналізація передбачена для відведення дощових вод у кількості 25,4 л/сек за допомогою існуючих лотків, які під'єднані до загальної мережі каналізації.

Розділ про електропостачання, силове обладнання та електроосвітлення розроблено на основі технічного завдання замовника, а також архітектурно-будівельних, технологічних і сантехнічних вимог суміжних підрозділів. У ньому передбачено проектування силового електрообладнання, внутрішнього освітлення, систем заземлення та занулення електроустановок.

Виробничий корпус відноситься до другої категорії за надійністю електропостачання. Електроенергія подається на напрузі 380/220 В двома взаємозапасними кабельними лініями марки ААШв від проектованої трансформаторної підстанції (ТП). На вводі в будівлю встановлюється ввідно-розподільчий пристрій, який складається із ввідної шафи типу ШВУ та розподільної шафи типу ШР з комутаційними і захисними апаратами.

Облік електроенергії та компенсація реактивної потужності здійснюються безпосередньо на трансформаторній підстанції.

Силове обладнання включає технологічне та сантехнічне

електрообладнання. Для живлення електроприймачів і розподілу електроенергії застосовуються навісні силові шафи типу ПР, які будуть встановлені на підприємстві ТзОВ “Робітня” та обладнані відповідною електроапаратурою згідно з однолінійними схемами. Пускова апаратура технологічного обладнання постачається в комплекті з самим обладнанням. Підключення сантехнічних приладів здійснюється за допомогою магнітних пускачів серії ПМЛ та однополюсних вимикачів, які монтуються безпосередньо на місцях встановлення.

Проектом передбачена можливість автоматичного та ручного централізованого відключення вентиляційних систем у разі пожежі.

Магістральні та розподільчі кабельні мережі силового обладнання виконуються кабелями марки ВВГ, прокладеними відкрито по стінах на електротехнічних лотках, а у підлозі, на даху та міжповерхових стояках — у сталевих трубах.

Щодо електроосвітлення, проект передбачає загальне робоче, аварійне та евакуаційне освітлення на напрузі 220 В, а також ремонтне освітлення на 42 В. Живлення робочого та аварійного освітлення здійснюється від різних вводів електропостачання по окремих незалежних лініях.

Світильники аварійного та евакуаційного освітлення виділені окремо і мають спеціальні позначки. На шляхах евакуації встановлені світлові покажчики з написом «ВИХІД». Величини освітленості прийняті згідно з нормами СНиП 11-4-79 і ДБН В.2.5-23-2003 та відображені на планах кожного приміщення.

Типи світильників підібрані відповідно до призначення приміщень та умов експлуатації. В основному внутрішнє освітлення забезпечується світильниками з люмінесцентними лампами та лампами ДРЛ, за винятком деяких допоміжних приміщень, де використовуються лампи розжарювання. Світильники кріпляться на стиках плит перекриття або на стінах. Конструкції кріплень розраховані так, щоб витримувати навантаження, що в п'ять разів перевищує масу світильника, протягом 10 хвилин. Обслуговування

світильників передбачено за допомогою драбин для приміщень висотою до 5 м та мостових кранів — для приміщень із висотою понад 5 м.

Живлення робочого та аварійного освітлення і розподіл електроенергії здійснюється через групові розподільчі щитки. Вони розміщуються у цеху відкрито на стіні, а в коридорі другого поверху — в ніші, передбаченій архітектурно-будівельним розділом проекту. Керування освітленням здійснюється однополюсними вимикачами, розташованими біля входів до приміщень.

Групові розподільчі мережі освітлення прокладені кабелем ВВГ відкрито в виробничих приміщеннях першого поверху, а у всіх інших приміщеннях — проводом ПВ у полівінілхлоридних трубах, прихованих під штукатуркою на стінах та по стелі.

Відпрацьовані люмінесцентні лампи, що містять ртуть, збираються та зберігаються у спеціальній матеріальній коморі для подальшої утилізації та безпечної переробки на спеціалізованому обладнанні.

Енергозбереження

У проекті передбачені наступні заходи з енергозбереження:

- Зовнішнє утеплення цегляних стін за системою “Атіаз” із застосуванням пінополістиролу.
- Утеплення стелі другого поверху мінеральноватними плитами.

Товщина стін та утеплювача відповідає вимогам змін №1 до СНиП II-3-79** та наказу №247 Мінархбудархітектури України від 27.12.1993 року.

- Встановлення металопластикових вікон зі склопакетами.
- Двері тамбурів виконані з металопластику, мають ущільнювачі та обладнані пристроями для самозакривання.

Опалення приміщень забезпечується від власної котельні. Системи опалення водяні, двотрубні з нижньою розводкою, тупикового закритого типу.

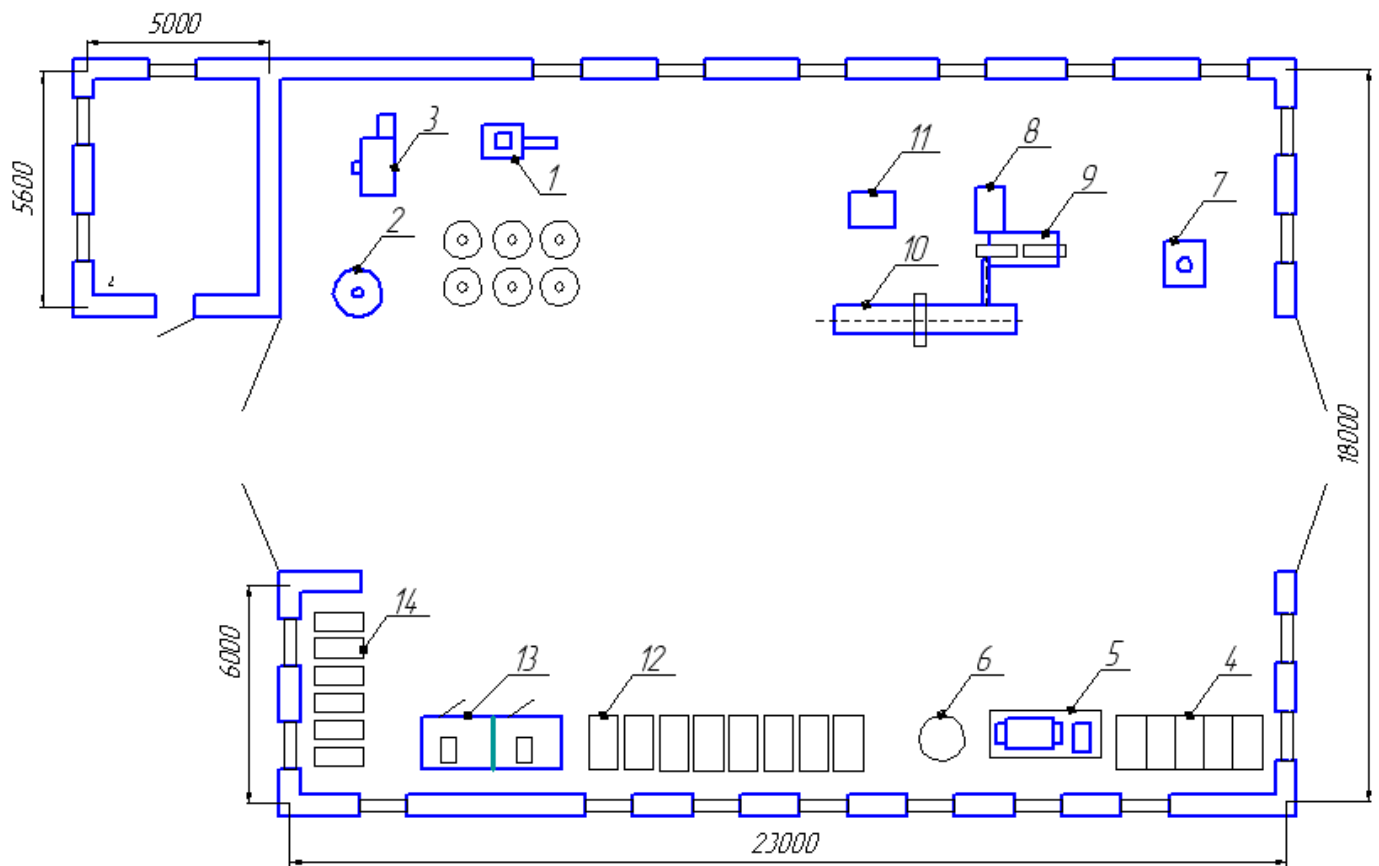


Рисунок 1.1 - Схема розміщення обладнання

Комплекс електродообмазувальний (лінія) призначений для виготовлення зварювальних електродів загального і спеціального призначення.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика лінії та її складових частин

№ п/п	Назва об'єктів і обладнання в цеху	Потужність Р, кВт
1	Кульовий млин	3
2	Бухта зварювального дроту	-
3	Правильно відрізний автомат	1,3
4	Ємкості компонентів шихти	-
5	Змішувач шихти	5,5
6	Розхідна ємність	-
7	Брикетувальний прес	2,2
8	Механізм подачі дроту	5,5

9	Електрообмазуючий прес	17
10	Зачисна машина	2,96
11	Очисна машина	1,7
12	Рамки для сушіння електродів	-
13	Електропіч	15
14	Рамки для охолодження електродів	-

Технологічний процес виробництва електродів та контроль якості виконання здійснюються згідно з технологічними інструкціями, розробленими для конкретних марок електродів. Виробництво електродних стрижнів відбувається на автоматичній машині для правильно-відрізної обробки (позначена як 3), куди подаються зварювальні дроти у вигляді бухт, встановлених на розмотувальному пристрої (2). Для приготування обмазувальної суміші в змішувачі (5) перемішують порошкові компоненти покриття зі спеціальним рідким склом, який міститься у ємності (6). Потім обмазувальна суміш пресується на брикетувальному пресі (7) у вигляді брикетів.

Електродні стрижні подаються до приймального пристрою живильника (8), а брикети обмазувальної маси — у циліндр преса для нанесення покриття (9). У пресовій головці, де тиск досягає 80 МПа, на стрижні наноситься обмазувальна маса. Після цього опресовані електроди направляються на зачистний верстат (10) для обробки кінців — контактного та під електродотримач. Укладені на рамки електроди (12) проходять сушку, а потім термічну обробку в електричних печах (13).

Після охолодження (14) та вибіркового контролю якості електроди упаковуються для подальшої реалізації. Електроди, які не відповідають вимогам за якістю поверхні, відбраковуються, покриття з них видаляється на очисній машині (11). Очищені стрижні направляють на повторне покриття, а зняте покриття після сушіння і подрібнення в кульовому млині (1) повертають до змішувача для повторного приготування обмазувальної суміші.

2 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Визначення категорії приміщень

Для забезпечення надійної, ефективної та безпечної роботи електрообладнання важливо правильно обирати його з урахуванням електричних характеристик, конструкції, умов навколишнього середовища та режиму експлуатації. Умови роботи обладнання в приміщеннях класифікуються залежно від типу середовища: сухі, вологі, сирі, особливо сирі, запилені, а також приміщення з агресивними хімічними середовищами або підвищеним ризиком пожежі та вибуху.

До сухих приміщень належать ті, де відносна вологість повітря не перевищує 60%. Прикладом таких приміщень у виробничих цехах є кімнати для персоналу.

Вологі приміщення характеризуються тим, що в них волога та пара з'являються лише тимчасово і в незначних кількостях. Основним прикладом таких приміщень є виробничі зони, де вологість може змінюватися, але не перевищує критичних значень.

2.2 Розрахунок освітлювальних установок з компактними люмінесцентними лампами

Компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) — це різновид люмінесцентних ламп, які відрізняються від традиційних трубчастих ламп компактними розмірами та конструкцією, що дозволяє використовувати їх у світильниках з невеликим розміром патрона. КЛЛ призначені для заміни звичайних ламп розжарювання та забезпечують значно вищу енергоефективність при порівняно невеликому споживанні електроенергії.

Принцип роботи

Компактні люмінесцентні лампи працюють за принципом електричного розряду у парах ртуті всередині газового заповнення. При подачі струму через лампу виникає ультрафіолетове випромінювання, яке, взаємодіючи з

фосфорним покриттям внутрішньої поверхні колби, перетворюється у видиме світло. Завдяки цьому процесу КЛЛ мають високу світловіддачу — кількість світла на ват споживаної потужності.

Переваги компактних люмінесцентних ламп

1. Енергоефективність: КЛЛ споживають приблизно в 3-4 рази менше електроенергії, ніж лампи розжарювання тієї ж світлової потужності, що дозволяє значно знизити витрати на електроенергію.
2. Тривалий термін служби: Середній ресурс роботи КЛЛ становить від 8 000 до 15 000 годин, що у 5-10 разів більше, ніж у ламп розжарювання.
3. Менше тепловиділення: Під час роботи КЛЛ виділяють значно менше тепла, що знижує навантаження на системи вентиляції та кондиціонування приміщень.
4. Компактність: Завдяки невеликому розміру та вигнутій трубчастій формі, компактні люмінесцентні лампи легко встановлюються у стандартні світильники замість ламп розжарювання.
5. Широкий вибір кольорів світла: КЛЛ доступні з різними кольорними температурами — від теплого жовтого світла до холодного білого, що дає змогу вибирати оптимальне освітлення під різні потреби.

Недоліки компактних люмінесцентних ламп

1. Час розігріву: На відміну від ламп розжарювання, КЛЛ потребують певного часу (до 1-2 хвилин) для виходу на повну яскравість, що іноді може бути незручно в місцях швидкого вмикання-вимикання світла.
2. Чутливість до частих вмикань: Часте вмикання та вимикання лампи скорочує термін її служби, тому вони не найкраще підходять для приміщень із короткочасним використанням світла.
3. Наявність ртуті: У середині КЛЛ міститься невелика кількість ртуті, яка є токсичною речовиною, що ускладнює утилізацію ламп і потребує дотримання спеціальних правил при їх утилізації.

4. Чутливість до температури: Температура навколишнього середовища може впливати на ефективність роботи ламп. В холодних приміщеннях КЛЛ можуть працювати з меншою яскравістю.

Види компактних люмінесцентних ламп

Компактні люмінесцентні лампи поділяються за формою колби, потужністю, типом цоколя, кольоровою температурою та іншим характеристикам:

- За формою колби: спіралі, U-подібні, подвійні спіралі, лампи з вбудованим драйвером.
- За типом цоколя: E27 (стандартний великий цоколь), E14 (малий цоколь), GU10, G23 та інші.
- За потужністю: від 5 Вт до 30 Вт і більше, залежно від призначення та розміру світильника.
- За колірною температурою: тепле світло (2700-3200 K), нейтральне (4000 K) і холодне світло (6500 K).

Застосування

Компактні люмінесцентні лампи широко використовуються у житлових, офісних та виробничих приміщеннях. Вони ідеально підходять для загального освітлення, створення комфортного світлового середовища, а також економії енергоспоживання. Враховуючи їх переваги, КЛЛ є ефективним вибором при реконструкції існуючих освітлювальних систем.

2.2.1 Головне приміщення цеху

У центральній частині приміщення здійснюємо розрахунок освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Для забезпечення рівномірного загального освітлення, а також комфортних умов праці для персоналу цеху, обираємо відповідну систему світлових приладів. З урахуванням специфіки експлуатаційних умов вибираємо світильники моделі ФСП 77-55.

Розміри приміщення складають 23 метри у довжину, 18 метрів у ширину та 7,4 метри у висоту.

Для подальших розрахунків визначаємо висоту встановлення світильників, використовуючи формулу (2.1):

$$H_p = 7,4 - (3 + 0,6) = 3,8 \text{ м}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої К $\lambda = 0,7 \dots 0,9$. Приймаємо $\lambda = 0,7$.

Обчислюємо оптимальний інтервал між світильниками, застосовуючи формулу (2.2):

$$L = 0,7 \cdot 3,8 = 2,66 \text{ м}$$

Розраховуємо кількість рядів світильників за допомогою формули (2.3):

$$n_p = \frac{18}{2,66} = 6,7$$

Приймаємо $n_p = 7$.

Обчислюємо відстань від крайніх світильників до стін, користуючись формулою (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 2,66 = 1,33 \text{ м}$$

Визначаємо розрахункову відстань між рядами світильників за формулою (2.5):

$$L_B = \frac{18 - 2 \cdot 1,33}{7 - 1} = 2,56 \text{ м}$$

Обчислюємо розрахункову відстань між світильниками, розташованими в одному ряду, за формулою (2.6):

$$L_a = \frac{2,66^2}{2,56} = 2,76 \text{ м}$$

Кількість світильників у одному ряду розраховуємо за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{23 - 2 \cdot 1,33}{2,76} = 7,35$$

Приймаємо $n_a = 8$

Загальну кількість світильників обчислюємо за формулою (2.8):

$$N = 7 \cdot 8 = 56$$

Обчислюємо індекс приміщення за формулою (2.9):

$$i = \frac{23 \cdot 18}{3,8 \cdot (53 + 18)} = 2,66$$

Беремо коефіцієнти відбивання: стелі $\rho_{\text{ст}} = 70\%$; стін $\rho_{\text{с}} = 50\%$; підлоги $\rho_{\text{п}} = 10\%$.

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,52$.

Приймаємо нормовану освітленість $E_{\text{н}} = 100$ лк.

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,65$.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15$.

Розрахунковий світловий потік одного світильника визначаємо за формулою (2.10):

лм.

$$\Phi_{\text{р.с}} = \frac{100 \cdot 23 \cdot 18 \cdot 1,65 \cdot 1,15}{56 \cdot 0,52} = 2697,7$$

Вибираємо лампу типу PL 36W G23 6400K

з $P_{\text{н}} = 36$ Вт, $\Phi_{\text{л}} = 2800$ лм [2, с.323]. Вибираємо світильник ФСП 77-55.

Обчислюємо фактичний рівень освітленості, використовуючи формулу (2.11):

$$E_{\text{ф}} = 100 \cdot \frac{2800 \cdot 1}{2697,7} = 103,8 \text{ лк.}$$

Обчислюємо відхилення освітленості за формулою (2.12):

$$E = \frac{103,8 - 100}{100} \cdot 100 \approx 0,14 \%$$

Відхилення вважається прийнятним, оскільки воно знаходиться в межах допустимого діапазону від +20% до -10%.

Далі розраховуємо загальну встановлену потужність освітлювальної системи за формулою (2.13):

$$P_y = 36 \cdot 1 \cdot 56 = 2016 \text{ Вт.}$$

2.2.2 Приміщення для персоналу цеху

Проводимо розрахунок освітлення приміщення для персоналу цеху, застосовуючи метод коефіцієнта використання світлового потоку. З урахуванням умов навколишнього середовища обираємо світильники типу НСП21.

Розміри приміщення складають $5,6 \times 5 \times 3,5$ метри.

Для визначення розрахункової висоти підвісу світильників застосовуємо формулу (2.1):

$$H_p = 3,5 - (0 + 0,6) = 2,9 \text{ м}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої Д $\lambda = 1,4 \dots 1,8$. Приймаємо $\lambda = 1,4$.

Обчислюємо оптимальну відстань між світильниками, застосовуючи формулу (2.2):

$$L = 1,4 \cdot 2,9 = 4,06 \text{ м}$$

Розраховуємо кількість рядів світильників, використовуючи формулу (2.3):

$$n_p = \frac{5}{4,06} = 1,23$$

Приймаємо $n_p = 2$.

Обчислюємо відстань від крайніх світильників до стін за допомогою формули (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 4,06 = 2,03 \text{ м}$$

Розрахункову відстань між рядами визначаємо за формулою (2.5):

$$L_B = \frac{5,6 - 2 \cdot 2,03}{2 - 1} = 0,94 \text{ м}$$

Визначаємо розрахункову відстань між світильниками в одному ряду за формулою (2.6):

$$L_a = \frac{4,06^2}{0,94} = 17,53 \text{ м}$$

Оскільки L_a/L_b значно більше 1,5 надалі у розрахунках кількість світильників у ряді збільшуємо на одиницю.

Кількість світильників у ряду визначаємо за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{5,6 - 2 \cdot 2,03}{17,53} = 0,09$$

Приймаємо $n_a = 2$

Загальну кількість світильників визначаємо за формулою (2.8):

$$N = 2 \cdot 2 = 4$$

Визначаємо індекс приміщення за формулою (2.9):

$$i = \frac{5,6 \cdot 5}{2,9 \cdot (5,6 + 5)} = 0,91$$

Беремо коефіцієнти відбивання: стелі $\rho_{ст} = 70\%$; стін $\rho_c = 50\%$; підлоги $\rho_{п} = 10\%$.

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,24$.

Приймаємо нормовану освітленість $E_n = 30 \text{ лк}$.

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,4$.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15$.

Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника за формулою (2.10):

$$\Phi_{p.c} = \frac{30 \cdot 5,6 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,15}{4 \cdot 0,24} = 1408,75 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу F 36BX/840/2P G23з $P_n = 36$ Вт, $\Phi_{л} = 2800$ лм.
Вибираємо світильник НСП21.

Визначаємо фактичну освітленість за формулою (2.11):

$$E_{\phi} = 100 \cdot \frac{2800 \cdot 1}{1408,75} = 59,62 \text{ лк.}$$

Визначаємо відхилення освітленості за формулою (2.12):

$$E = \frac{59,62 - 100}{100} \cdot 100 \approx 2,1 \%$$

Відхилення є допустимим, тому, що знаходиться у межах +20...-10%.

Визначаємо установлену потужність освітлювальної установки за формулою (2.13):

$$P_y = 36 \cdot 1 \cdot 4 = 144 \text{ Вт.}$$

Таблиця 2.3 - Результати розрахунку освітлювальної мережі лампами

Назва приміщення	Ен, лк	S _{прим.} , м ²	Тип лампи	Рл, Вт	Тип світильника	Фл, лм	n _c	Р _у , Вт
Головне прим.	100	414	PL 36W G23 6400K	36	ФСП 77-55	2800	56	2016
Кімната працівників цеху	30	28	F 36BX/840/2 P G23	36	НСП21	2800	4	144

2.2.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Беручи до уваги умови, викладені в розділі 2.2.3 щодо вибору пуско-захисної апаратури для освітлювальної мережі з лампами розжарювання, групування споживачів здійснюємо за допомогою табличного методу.

Таблиця 2.4 - Розподіл освітлювальної електропроводки на групи

Номер та тип щитка	Номер групи	Кількість ламп	Установлена потужність ламп, кВт	I_{ep}, A	I_p, A	AB
ЩО 8505-1218	1	28	1,008	4,8	6,4	AE1000
	2	32	1,152	4,41	7,3	AE1000

Розрахункові значення струмів для однофазних груп, які складаються з ламп розжарювання, визначаються за формулою (2.15).

Далі обчислюємо сумарний струм для групового освітлювального щитка, що забезпечує живлення цих груп.

$$I_{ep1} = \frac{1,008 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,96} = 4,8 \quad A$$

$$I_{ep2} = \frac{1,152 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,96} = 4,41 \quad A$$

Типи освітлювальних щитків вибираємо в залежності від кількості груп: ЩО 8505-1218 – на 2 групи.

Номінальні значення струмів автоматичних вимикачів підбираються, враховуючи такі критерії:

$$I_{in} \geq I_{\delta}$$

$$I_{\delta} \geq 1,4 \cdot I_{\delta}$$

Вибираємо автоматичні вимикачі серії AE1000 для групи 1 освітлювального щитка ЩО 8505-1218 з $I_{ном.p} = 6,4 A$, $I_{ном.a} = 10 A$.

Вибираємо автоматичні вимикачі серії AE2020 для групи 2 освітлювального щитка ЩО 8505-1218 з $I_{ном.p} = 7,3 A$, $I_{ном.a} = 10 A$.

2.3.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

В сільськогосподарських будівлях електричні освітлювальні мережі прокладають як відкритим, так і закритим способом. Для цього використовують троси, пластмасові або сталеві труби, канали, вбудовані в конструкції будівель, а також прокладають по стінах або стелі. Вибір способу прокладання, марки та типу проводів чи кабелів залежить від призначення приміщення, архітектурних особливостей будівлі, умов навколишнього середовища, характеристик і режиму роботи підключеного електрообладнання, а також вимог з безпеки та пожежної охорони.

Зокрема, у приміщеннях з агресивним хімічним середовищем або в зонах, що є пожежо- чи вибухонебезпечними, проводку необхідно виконувати закритим способом, захищеною під штукатуркою. Для головного виробничого приміщення доцільно застосовувати відкриту прокладку на тросах, а в інших зонах – по стелі.

Розмір перерізу проводу, який буде використаний для освітлювальної мережі, розраховується за відповідною формулою (2.15).

Для першої групи освітлювального щитка обираємо провід типу ППВ з перерізом $2 \times 2,5 \text{ мм}^2$, що розрахований на номінальний струм 21 А. Прокладка такого проводу передбачена у відкритому повітрі.

$$21 > 4,8 \text{ А}$$

Вимоги виконані, тому обраний провід також підходить і для другої групи освітлювального щитка.

Для розрахунку втрат напруги використовуємо формулу (2.16).

Далі визначаємо втрату напруги для другої групи освітлювального щитка ЩО 8505-1218:

$$\Delta U_1 = \frac{1,008 \cdot 30}{12,8 \cdot 2,5} = 0,945 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{1,152 \cdot 35}{12,8 \cdot 2,5} = 1,26 \%$$

Оскільки розраховані втрати напруги не перевищують допустимий рівень у 2,5%, обраний провід можна залишити без змін.

2.2.5 Складання розрахунково-монтажної схеми освітлювальної мережі

Розрахунково-монтажна схема освітлювальних ліній створюється з урахуванням підбраної пуско-захисної апаратури, характеристик проводів (марки та перерізу) і поділу системи освітлення на окремі групи.

У схемі відображено типи освітлювальних щитків, пронумеровані групи з відповідною системою їх організації, а також зазначені типи автоматичних вимикачів із їх номінальними значеннями струмів спрацьовування. Додатково вказані довжини проводів для кожної групи, їх марки, загальна потужність навантаження та обчислені втрати напруги.

Вся інформація систематизована у вигляді таблиці і розміщена на першому аркуші графічної частини проекту.

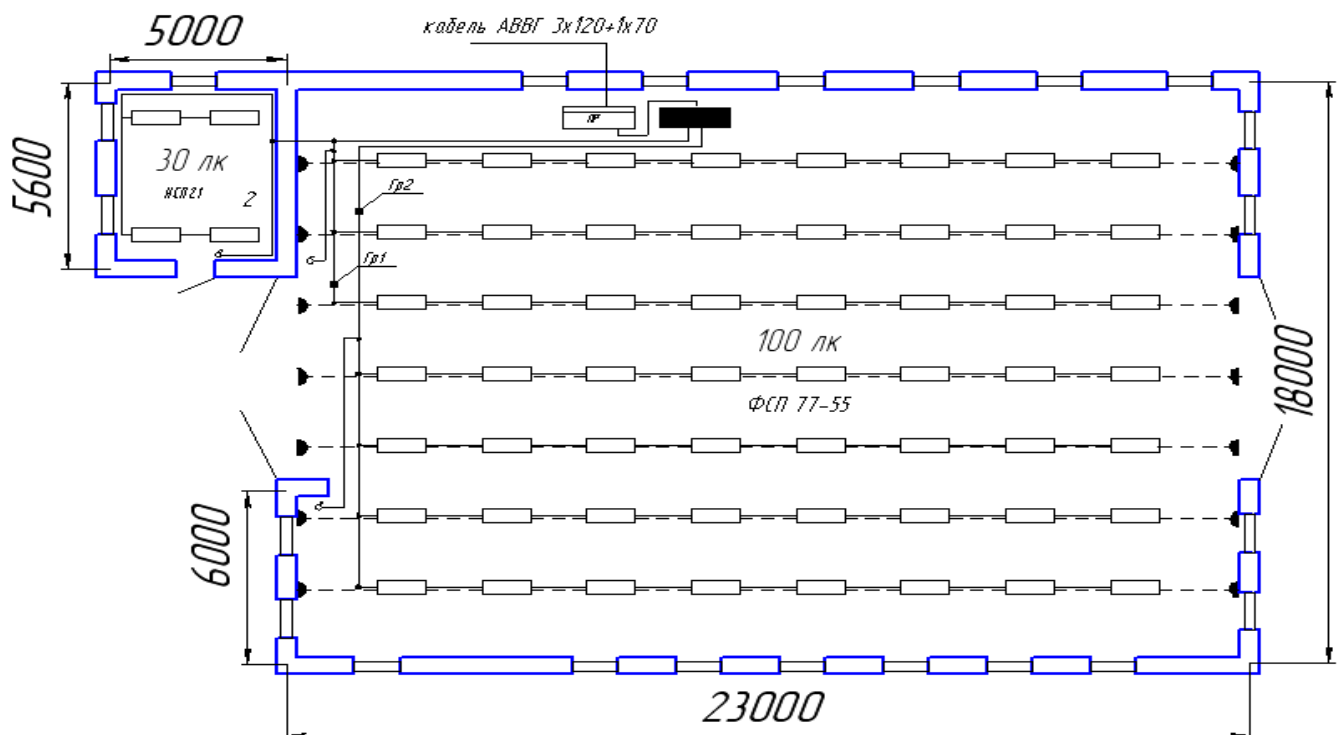


Рисунок 2.1 - Схема освітлювальної мережі з компактними люмінесцентними лампами

2.3 Розрахунок освітлювальних установок з світлодіодними лампами

Світлодіодні лампи — це джерела світла, які працюють на основі світлодіодів (LED — Light Emitting Diode), напівпровідникових елементів, що перетворюють електричний струм безпосередньо у видиме світло. Завдяки високій ефективності, довговічності та екологічній безпеці світлодіодні лампи активно витісняють традиційні лампи розжарювання та люмінесцентні лампи в побутовому, комерційному та промисловому освітленні.

Основні переваги світлодіодних ламп

1. Енергозбереження. Світлодіоди споживають значно менше електроенергії, порівняно з лампами розжарювання та люмінесцентними лампами, що робить їх економічно вигідними для тривалого використання.
2. Довговічність. Термін служби LED-ламп може сягати 25 000–50 000 годин і більше, що у 10–20 разів перевищує показники традиційних ламп.
3. Екологічність. Світлодіодні лампи не містять шкідливих речовин, таких як ртуть, що присутня в люмінесцентних лампах, і не випромінюють ультрафіолетового або інфрачервоного випромінювання.
4. Миттєве включення. Лампи LED світять відразу при вмиканні, не потребують часу на розігрів, що зручно для освітлення місць з частим включенням та вимкненням.
5. Можливість регулювання яскравості. Більшість світлодіодних ламп підтримують димування, що дозволяє створювати комфортні умови освітлення та економити електроенергію.
6. Компактність і різноманітність форм. Світлодіоди можна інтегрувати у лампи різних форм і розмірів, що дає змогу створювати світильники будь-якого дизайну.

Недоліки світлодіодних ламп

1. Вартість. Початкова ціна LED-ламп зазвичай вища за традиційні джерела світла, що може бути стримуючим фактором для деяких користувачів
2. Чутливість до температури. Світлодіоди менш ефективні і можуть мати знижений термін служби при високих температурах навколишнього середовища, що вимагає якісного тепловідводу.
3. Якість світла. Деякі дешеві LED-лампи можуть випромінювати світло з неприродним спектром або мати низький індекс передачі кольору (CRI), що впливає на комфорт зору.
4. Складність ремонту. Світлодіодні лампи мають складні електронні компоненти, тому при виході з ладу ремонтувати їх часто недоцільно.

Види світлодіодних ламп

Світлодіодні лампи класифікують за різними ознаками:

- За формою і типом цоколя: стандартні лампи (E27, E14), стрічкові LED, модульні LED-світильники, панелі, прожектори, трубчасті LED-лампи (аналоги люмінесцентних ламп).
- За спектром світла: холодне біле (близько 6000 K), нейтральне біле (4000–4500 K), тепле біле (2700–3200 K). Вибір кольору залежить від призначення приміщення та вподобань користувачів.
- За ступенем захисту: лампи для внутрішнього використання, а також волого- і пилонепроникні моделі для зовнішнього освітлення або умов з підвищеною вологістю.
- За функціоналом: звичайні освітлювальні лампи, лампи з можливістю зміни кольору (RGB), лампи з вбудованими датчиками руху, димери, а також розумні LED-лампи, які можна керувати дистанційно через Wi-Fi чи Bluetooth.

Застосування світлодіодних ламп

LED-лампи використовуються в побутових приміщеннях, офісах, виробничих цехах, торговельних площах, вуличному освітленні, архітектурній підсвітці, а також у спеціалізованих сферах — медичному освітленні, фотосинтезі для рослинництва, транспорті та автомобілях.

Світлодіодні лампи є одним із найсучасніших і найекономічніших джерел світла, що поєднують енергоефективність, довговічність та екологічність. Незважаючи на певні недоліки, технології їх виготовлення швидко розвиваються, що робить LED-лампи все більш доступними і популярними в різних сферах освітлення. При проектуванні освітлювальних установок застосування світлодіодних ламп дозволяє значно знизити енергоспоживання, покращити якість світла та забезпечити комфортні умови для користувачів.

2.3.1 Головне приміщення цеху

У центральному приміщенні освітлення розраховується з використанням методу коефіцієнта використання світлового потоку. З урахуванням характеристик навколишнього середовища для встановлення обираємо світильники моделі Plate-XX-W” від виробника Luxon. Розміри приміщення складають 23 метри в довжину, 18 метрів у ширину та висоту 7,4 метри. Розрахункова висота підвішування світильників визначається за формулою (2.1).

$$H_p = 7,4 - (3 + 0,6) = 3,8 \text{ м}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої Г $\lambda = 0,9 \dots 1,1$. Приймаємо $\lambda = 1,1$.

Обчислюємо найбільш підходящу відстань між світильниками, використовуючи формулу (2.2):

$$L = 1,1 \cdot 3,8 = 4,18 \text{ м}$$

Визначаємо кількість рядів світильників за формулою (2.3):

$$n_p = \frac{18}{4,18} = 4,3$$

Приймаємо $n_p = 5$.

Розраховуємо відстань між крайніми світильниками і стінами за формулою (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 4,18 = 2,09 \text{ м}$$

Визначаємо розрахункову відстань між рядами світильників, користуючись формулою (2.5):

$$L_B = \frac{18 - 2 \cdot 2,09}{5 - 1} = 3,455 \text{ м}$$

Відстань між світильниками в одному ряду обчислюємо за формулою (2.6):

$$L_a = \frac{4,18^2}{3,455} = 5,06 \text{ м}$$

Кількість світильників у ряду визначаємо за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{23 - 2 \cdot 2,09}{5,06} = 3,72$$

Приймаємо $n_a = 4$

Загальне число світильників розраховуємо за формулою (2.8):

$$N = 5 \cdot 4 = 20$$

Визначаємо індекс приміщення за формулою (2.9):

$$i = \frac{23 \cdot 18}{3,8 \cdot (23 + 18)} = 2,66$$

Беремо коефіцієнти відбивання: стелі $\rho_{ст} = 70\%$; стін $\rho_c = 50\%$; підлоги $\rho_{п} = 10\%$.

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,44$.

Приймаємо нормовану освітленість $E_n = 100$ лк.

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,0$.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15$.

Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника за формулою (2.10):

$$\Phi_{p.c} = \frac{100 \cdot 23 \cdot 18 \cdot 1,0 \cdot 1,15}{20 \cdot 0,44} = 5410,23 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу Оптолюкс-Трейд-600 з $P_n = 44$ Вт, $\Phi_n = 4950$ лм.

Вибираємо світильник Plate 44W” Luxon.

Визначаємо фактичну освітленість за формулою (2.11):

$$E_\phi = 100 \cdot \frac{4950 \cdot 1}{5410,23} = 91,49 \text{ лк.}$$

Визначаємо відхилення освітленості за формулою (2.12):

$$E = \frac{91,49 - 100}{100} \cdot 100 \approx -0,16 \%$$

Оскільки відхилення перебуває в межах допустимих значень $+20 \dots -10\%$, його вважаємо прийнятним. Наступним кроком розраховуємо встановлену потужність освітлювальної системи за формулою (2.13):

$$P_y = 44 \cdot 1 \cdot 20 = 880 \text{ Вт.}$$

2.3.2 Приміщення для персоналу цеху

Для освітлення приміщення, де працює персонал цеху, застосовуємо метод розрахунку на основі коефіцієнта використання світлового потоку. З урахуванням умов експлуатації обираємо світильники моделі УСС-9 ExnRІІТ6Х, які підходять для організації загального освітлення в різноманітних адміністративних і громадських приміщеннях. Ці світильники ефективні для робочих кабінетів, торговельних залів, обчислювальних центрів, навчальних кімнат, банківських установ, сучасних офісів, а також підсобних приміщень, коридорів, прихожих, сходових клітин і під'їздів житлових і адміністративних будівель.

Розміри розглянутого приміщення складають 5,6 м у довжину, 5 м у ширину та 3,5 м у висоту.

Наступним кроком визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників за формулою (2.1):

$$H_p = 3,5 - (0 + 0,6) = 2,9 \text{ м}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої $\Gamma \lambda = 0,9 \dots 1,1$. Приймаємо $\lambda = 1,1$.

Розраховуємо найбільш доцільний інтервал між світильниками, використовуючи формулу (2.2):

$$L = 1,1 \cdot 2,9 = 3,19 \text{ м}$$

Обчислюємо число рядів світильників за допомогою формули (2.3):

$$n_p = \frac{5}{3,19} = 1,57$$

Приймаємо $n_p = 2$.

Обчислюємо відстань від крайніх світильників до стін, застосовуючи формулу (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 3,19 = 1,595 \text{ м}$$

Відстань між рядами світильників розраховуємо за формулою (2.5):

$$L_b = \frac{5 - 2 \cdot 1,595}{2 - 1} = 1,81 \text{ м}$$

Визначаємо розрахунковий проміжок між світильниками в одному ряду, використовуючи формулу (2.6):

$$L_a = \frac{3,19^2}{1,81} = 5,622 \text{ м}$$

Оскільки співвідношення L_a/L_b перевищує 1,5, у подальших розрахунках збільшуємо кількість світильників у ряді на один.

Визначаємо кількість світильників у ряду за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{5,6 - 2 \cdot 1,595}{5,622} = 0,42$$

Приймаємо $n_a = 2$

Загальну кількість світильників визначаємо за формулою (2.8):

$$N = 2 \cdot 2 = 4$$

Визначаємо індекс приміщення за формулою (2.9):

$$i = \frac{5,6 \cdot 5}{2,9 \cdot (5,6 + 5)} = 0,91$$

Беремо коефіцієнти відбивання: стелі $\rho_{\text{ст}} = 70\%$; стін $\rho_{\text{с}} = 50\%$; підлоги $\rho_{\text{п}} = 10\%$.

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,24$.

Приймаємо нормовану освітленість $E_n = 30$ лк.

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,1$.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15$.

Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника за формулою (2.10):

$$\Phi_{p.c} = \frac{30 \cdot 5,6 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,15}{4 \cdot 0,24} = 1106,875 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу Оптилюкс-E27-10 з $P_n = 10$ Вт, $\Phi_{\text{л}} = 1100$ лм.

Вибираємо світильник УСС-9 ExnRIIT6X.

Визначаємо фактичну освітленість за формулою (2.11):

$$E_{\phi} = 100 \cdot \frac{1100 \cdot 1}{1106,875} = 29,813 \text{ лк.}$$

Визначаємо відхилення освітленості за формулою (2.12):

$$E = \frac{29,813 - 30}{100} \cdot 100 \approx -0,017 \%$$

Відхилення вважається прийнятним, оскільки знаходиться в межах допустимого діапазону від +20% до -10%.

Далі розраховуємо загальну встановлену потужність освітлювальної системи за формулою (2.13):

$$P_y = 10 \cdot 1 \cdot 4 = 40 \text{ Вт.}$$

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку освітлювальної мережі лампами розжарювання

Назва приміщення	Ен, лк	Сприм., м ²	Тип лампи	Рл, Вт	Тип світильника	Фл, лм	Кількість ламп пс, шт	Ру, Вт
Головне прим.	100	414	Оптолюкс-Трейд-600	44	Plate 44W” Luxon	4950	20	880
Кімната працівників цеху	30	28	Оптолюкс-E27-10	10	УСС-9 ExnRIIT6X	1100	4	40

2.3.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Беручи до уваги раніше визначені умови вибору пуско-захисних пристроїв для освітлювальної мережі з лампами розжарювання та компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ), розподіл освітлення на групи здійснюємо у вигляді таблиці. Такий підхід дозволяє чітко організувати структуру мережі, враховуючи типи апаратури, навантаження та особливості монтажу.

Таблиця 2.6 - Розподіл освітлювальної електропроводки на групи

Номер та тип щитка	Номер групи	Кількість ламп	Установлена потужність ламп, кВт	$I_{cp}, \text{А}$	$I_a, \text{А}$	Автом. вимикач
ЩО 8505-1204	1	12	0,392	1,78	2,5	AE1000
	2	12	0,528	2,4	3,36	AE1000

Розрахунок струмів для груп освітлення з однофазними лампами розжарювання виконуємо за формулою (2.15):

Наступним кроком визначаємо величину струму для кожної групи освітлювального щитка, що дозволяє коректно підібрати пуско-захисні пристрої та забезпечити безпечну експлуатацію електромережі.

$$I_{ep1} = \frac{0,392 \cdot 10^3}{220} = 1,78 \text{ А}$$

$$I_{ep2} = \frac{0,528 \cdot 10^3}{220} = 2,4 \text{ А}$$

Вибір типу освітлювальних щитків здійснюється з урахуванням кількості груп освітлення: для двох груп підходить щиток марки ЩО 8505-1204.

Номінальні значення струмів автоматичних вимикачів підбираються, спираючись на такі критерії:

$$I_{\text{н.д}} \geq I_{\text{н.а}}$$

$$I_{\text{н.д}} \geq 1,4 \cdot I_{\text{н.а}}$$

Вибираємо автоматичні вимикачі серії АЕ1000 для групи 1 освітлювального щитка ЩО 8505-1604 з $I_{\text{ном.р}} = 2,5 \text{ А}$, $I_{\text{ном.а}} = 5 \text{ А}$.

Вибираємо автоматичні вимикачі серії АЕ1000 для групи 2 освітлювального щитка ЩО 8505-1604 з $I_{\text{ном.р}} = 3,36 \text{ А}$, $I_{\text{ном.а}} = 5 \text{ А}$.

2.3.4 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

Вибір типу електропроводки, марки та способу укладання проводів або кабелів здійснюється з урахуванням функціонального призначення будівлі, її архітектурних особливостей, умов зовнішнього середовища, характеристик та режиму роботи електроустаткування, а також вимог з техніки безпеки та протипожежних норм.

Для приміщень із хімічно активним середовищем, а також у пожежо- і вибухонебезпечних зонах, електропроводку прокладають прихованим способом під шаром штукатурки. У головному приміщенні монтаж

проводиться на тросах, тоді як у інших приміщеннях провідники кріпляться безпосередньо до стелі.

Розмір поперечного перерізу проводу для монтажу визначається за формулою (2.15):

Для 1 групи освітлювального щитка вибираємо провід типу ППВ $2 \times 0,5$ у якого $I_{\text{доп}} = 11$ А. Прокладання проводу виконується в повітрі.

$$11 > 2,4 \text{ А}$$

Умови вибору задовольняються, тому обраний провід підходить також для другої групи освітлення.

Розрахунок величини втрат напруги виконуємо за формулою (2.16).

Проводимо визначення втрати напруги для другої групи освітлювального щитка типу ЩО 8505-1604:

$$\Delta U_1 = \frac{0,392 \cdot 30}{12,8 \cdot 0,5} = 1,84 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,528 \cdot 35}{12,8 \cdot 0,5} = 2,475 \%$$

Оскільки обчислені втрати напруги не перевищують граничне значення у 2,5%, вибраний провід вважаємо відповідним і залишаємо без змін.

2.4.5 Складання розрахунково-монтажної схеми освітлювальної мережі

У проекті розрахунково-монтажної схеми наведені моделі освітлювальних щитків, позначення і нумерація груп, а також структура групування. Вказано типи автоматичних вимикачів із їхніми номінальними струмами спрацьовування. Окремо наведені довжини провідників для кожної групи, їх маркування, загальна встановлена потужність та розрахункові втрати напруги, а також найменування відповідних навантажень.

Дана схема оформлена у вигляді таблиці та розміщена на другому аркуші графічної частини проектної документації.

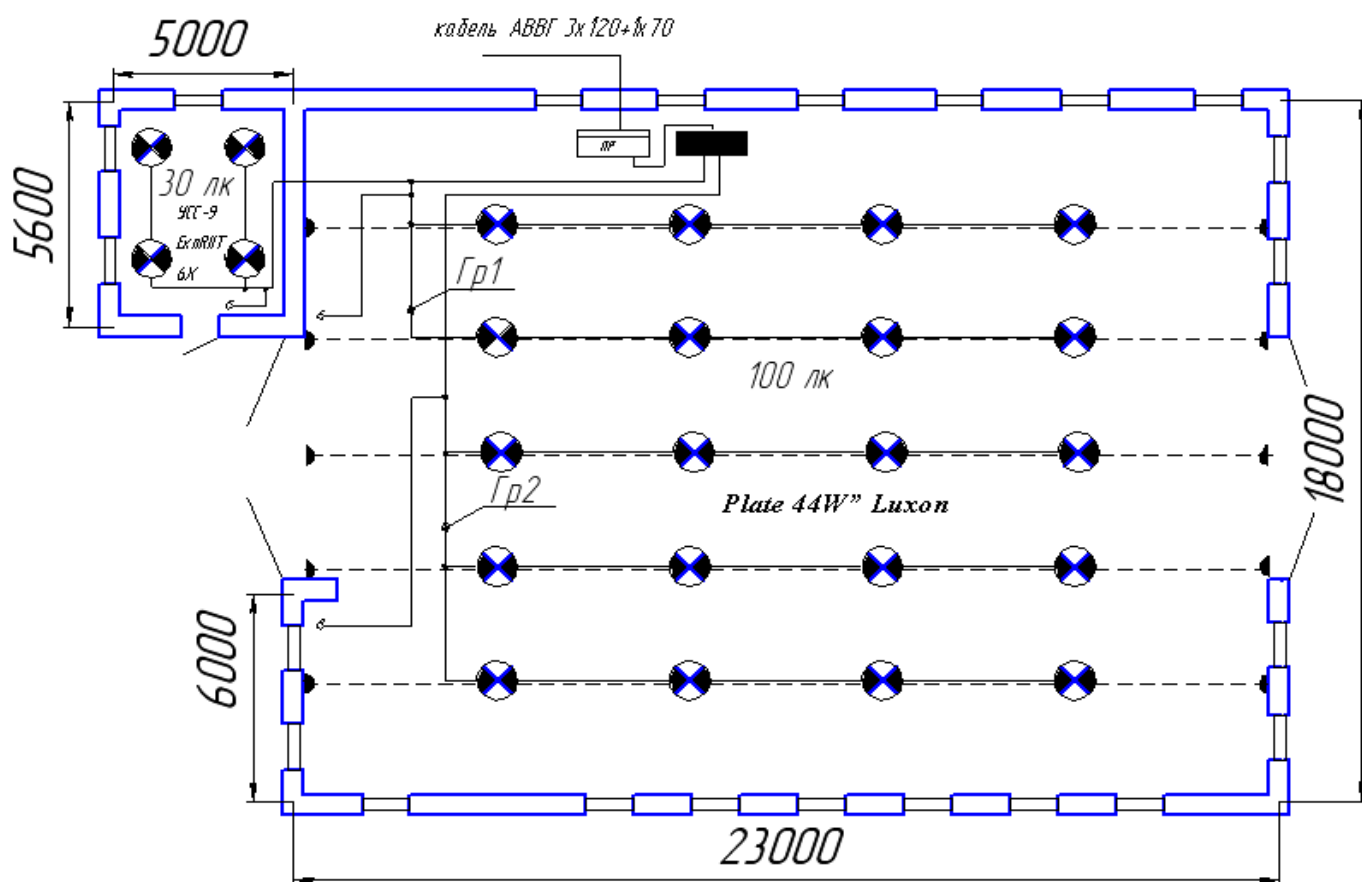


Рис. 2.2. Схема освітлювальної мережі з світлодіодними лампами

3 РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Аналіз силового обладнання та електричних двигунів

Існуюче електрообладнання разом з електродвигунами систематизуємо та фіксуємо у таблиці 3.1 для подальшого аналізу.

Таблиця 3.1 - Перелік електрообладнання та електродвигунів

№ п/ п	Найменування обладнання	Номінальна потужність, кВт	Тип електродв игуна	Кі	Номінальний струм, А
1	Кульовий млин КМ-700	3	АИР100S4 У3	5	6,52
2	Правильно відрізний автомат	1,3	АИР90L4 У3	5,5	2,82
3	Змішувач шихти МЗ-50	5,5	4АМ- 132S4У3	7	11,95
4	Брикетувальний прес БП-140	2,2	АИР90L4 У3	5,5	4,78
5	Механізм подачі дроту МПЕ-450	5,5	4АМ- 132S4У3	7	11,95
6	Електродообмазуючий прес ГЕП-450	17	АДУ-17- 2910	7	36,94
7	Зачисна машина МЗТ- 450	2,96	АИР100S4 У3	5,5	6,43
8	Очисна машина ОМ-50	1,7	АИР160S4 У3	5,5	3,7
9	Електропіч	15	-	-	32,6

Відібрані електродвигуни та інше силове обладнання включаємо до розрахунково-монтажної схеми силової електромережі, яку представлено на аркуші графічної частини №2. Також позначаємо їхнє фактичне розміщення на плані приміщень ремонтної майстерні.

3.2 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв

Пуско-захисну апаратуру добирають з урахуванням номінальної напруги, типу та сили струму, особливостей кліматичного виконання, ступеня захисту від зовнішніх впливів, відповідності технологічним вимогам і ряду інших технічних параметрів.

Для ілюстрації процесу підбору оберемо відповідне обладнання для запуску та захисту електродвигуна кульового млина типу КМ-700.

Технічні характеристики цього двигуна подано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані електродвигуна

Марка двигуна	Р _н , кВт	I _н , А	K _i
АИР100S4У3	3	6,52	5,5

Визначаємо пусковий струм електродвигуна за формулою [9, с.349]:

$$I_n = I_n K_i ; \quad (3.1)$$

$$I_{n3} = 6,52 \cdot 5,5 = 35,86 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач QF1 за умовами:

$$U_{a.ном} \geq U_{мер} ; \quad (3.2)$$

$$I_{a.ном} \geq \sum I_n ; \quad (3.3)$$

$$I_{р.ном} \geq \sum I_n . \quad (3.4)$$

Вибираємо автоматичний вимикач АЕ1000:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$16 > 6,52 \text{ А};$$

$$16 > 6,52 \text{ А}.$$

Кількість поділок, при яких тепловий розчіплювач автоматичного вимикача не спрацює, визначається за формулою:

$$n = \frac{I_n}{I_{p.n}}, \quad (3.5)$$

$$n = \frac{6,52}{16} = 0,4075.$$

Здійснюємо перевірку автоматичного вимикача на відсутність його спрацювання під час пуску електродвигуна, використовуючи наступну умову:

$$I_{y.e} \geq K_z K_{p.y} [I_{n1} + I_{n3} (K_{p.n} K_{i3} - 1)], \quad (3.6)$$

$$10 \cdot 16 > 1,1 \cdot 1,25 \cdot 6,52 \cdot [(1,2 \cdot 5,5 - 1)] \text{ А},$$

$$160 > 50,2 \text{ А}.$$

Вибираємо електромагнітний пускач КМ1 за умовами:

$$U_{n.ном} \geq U_{мер}; \quad (3.7)$$

$$I_{p.ном} \geq \sum I_{n.дв}; \quad (3.8)$$

$$I_{p.ном} \geq \frac{\sum I_n}{6}; \quad (3.9)$$

Вибираємо електромагнітний пускач серії ПМЛ-1101:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$10 > 6,52 \text{ А};$$

$$10 > 5,98 \text{ А}.$$

Вибираємо електротеплове реле за умовами:

$$U_{p.ном} \geq U_{мер}; \quad (3.10)$$

$$I_{p.ном} \geq I_{н.дв};$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.об}; \quad (3.11)$$

Вибираємо електротеплове реле РТЛ 101204М ($I_n = 5,5 \dots 8$ А).

Так само здійснюється підбір іншого пуско-захисного обладнання відповідно до характеристик електроприймачів. Усі підібрані пристрої фіксуються в таблиці 2.4, де наведено тип і марку споживачів електроенергії, їх технічні параметри, а також зазначено тип, марку та основні характеристики вибраного пуско-захисного обладнання.

Усі автоматичні вимикачі встановлюються всередині розподільчих щитків. Інформація щодо їх типів, позначень, а також захисних пристроїв, які інтегровані в ці щитки, систематизована та подана у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики розподільних щитків

Розподільний пункт	Тип щитка	Кількість вимикачів			Ступінь захисту	Кліматичне виконання
		АЕ202 0	АЕ100 0	інші		
СЦ1	ПР-41-4304-43УЗ	2	4	ВА-51-25 ВА61 F29-3С ВА61 F29-3С	IP54	УЗ

Таблиця 3.4 - Перелік пуско-захисного обладнання

Найменування обладнання	P _н , кВт	I _н , А	Марки електромагнітних пускатрів	I _н , А	Марки автоматичних вимикачів	I _{н.а.} , А	I _{н.р.} , А	Марка теплового реле	I _{тр.с.} ,А
Кульовий млин КМ-700	3	6,52	ПМЛ-1101	10	АЕ2020	16	16	РТЛ 101204М	7
Правильно відрізний автомат	1,3	2,82	ПМЕО	4	АЕ1000	10	2	РТЛ-100804	3
Змішувач шихти МЗ-50	5,5	11,95	ПМЛ 221002	22	АЕ2020	16	10	РТЛ 101604	12,5
Брикетувальний пресс БП- 140	2,2	4,78	ПМЛ 121002	6	АЕ1000	10	5	РТЛ 101004М	5
Механізм подачі дроту МПЕ-450	5,5	11,95	ПМЛ 221002	22	ВА-51-25	16	10	РТЛ 101604	12,5
Електрообмазуючий прес ГЕП-450	17	36,94	ПМЛ 3100	40	ВА61 F29-3С	63	63	РТЛ 2055КМ	40
Зачисна машина МЗТ-450	2,96	6,43	ПМЛ 121002	10	АЕ1000	10	5	РТЛ 101204М	7
Очисна машина ОМ-50	1,7	3,7	ПМЕО	4	АЕ1000	10	2	РТЛ 101004М	4
Електропіч	15	32,6	-	40	ВА61 F29-3С	63	50	РТЛ 2055КМ	45

3.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

У сільськогосподарських об'єктах зазвичай використовуються дроти та кабелі з алюмінієвими провідниками перерізом від 2,5 мм² і більше. У більшості випадків намагаються уникати використання сталевих труб для прокладання проводки, віддаючи перевагу менш трудомістким варіантам. Проте в умовах підвищеної небезпеки або в місцях, де є ризик пошкодження ізоляції, застосування сталевих труб стає необхідним. Враховуючи специфіку середовища експлуатації, у даному випадку силову електропроводку вирішено виконати саме у сталевих трубах — з метою захисту провідників від механічних ушкоджень та забезпечення більшої надійності.

Розмір перерізу жил провідників або кабелю підбираємо таким чином, щоб номінальне допустиме значення струму за умов нагріву $I_{\text{доп}}$ було не менше максимально можливого тривалого струму навантаження в ланцюзі $I_{\text{макс.р}}$, тобто дотримуємося умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}$$

Найбільший робочий струм магістралі, що забезпечує живлення кількох електроспоживачів, розраховується за наступним співвідношенням:

$$I_{\text{макс.р}} = K_o \sum_1^n I_{\text{ном}} \quad (3.12)$$

Провідник або кабель, підібраний за допустимим струмом нагріву, необхідно також перевірити на узгодженість із параметрами захисного апарату. Для цього має виконуватись така умова:

$$I_{\text{доп}} \geq K_z I_z, \quad (3.13)$$

де K_z - кратність допустимого струму провідника по відношенню до номінального струму спрацювання захисного апарату, $K_z=1$;

I_z - сила номінального струму або струму спрацювання захисного апарату.

Для прикладу вибираємо кабель, який буде живити Електрообмазуючий прес ГЕП-450 від мережі, марки АВВГ 4×6 з $I = 41$ А.

$$I_{\text{макс.р}} = 1 \cdot 36,94 = 36,94 \text{ А}$$

$$I_{\text{доп}} = 1 \cdot 41 = 41 \text{ А}$$

$$41 > 36,94.$$

Таким же чином підбираємо решту кабелів та фіксуємо їх характеристики в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Марки кабелів для живлення електрообладнання

№ п/ п	Найменування обладнання	Номіналь на потужніс ть, кВт	Номінальн ий струм, А	Марка кабеля,пр овода	$I_{\text{доп}},$ А
1	Кульовий млин КМ-700	3	6,52	АВВГ 4×2	15
2	Правильно відрізний автомат	1,3	2,82	АВВГ 4×2	15
3	Змішувач шихти МЗ-50	5,5	11,95	АВВГ 4×2	15
4	Брикетувальний прес БП-140	2,2	4,78	АВВГ 4×2	15
5	Механізм подачі дроту МПЕ-450	5,5	11,95	АВВГ 4×2	15
6	Електрообмазуючий прес ГЕП-450	17	36,94	АВВГ 4×16	41

7	Зачисна машина МЗТ-450	2,96	6,43	АВВГ 4×2	15
8	Очисна машина ОМ-50	1,7	3,7	АВВГ 4×2	15
9	Електропіч	15	32,6	АВВГ 4×16	41

3.4 Складання розрахунково-монтажної схеми силової мережі

При створенні розрахунково-монтажної схеми силової мережі необхідно розташувати всі автоматику, розподільні пристрої та вводи таким чином, щоб забезпечити оптимальний хід виробничих процесів. Водночас потрібно враховувати умови експлуатації обладнання, щоб гарантувати безпечне та зручне його обслуговування.

На електропроводах позначаються марки, перерізи кабелів і способи їх прокладання. Номери груп підсвічуються над відповідними лініями.

Графічне зображення розрахунково-монтажної схеми силової мережі наведено на аркуші №1 графічної частини дипломного проекту.

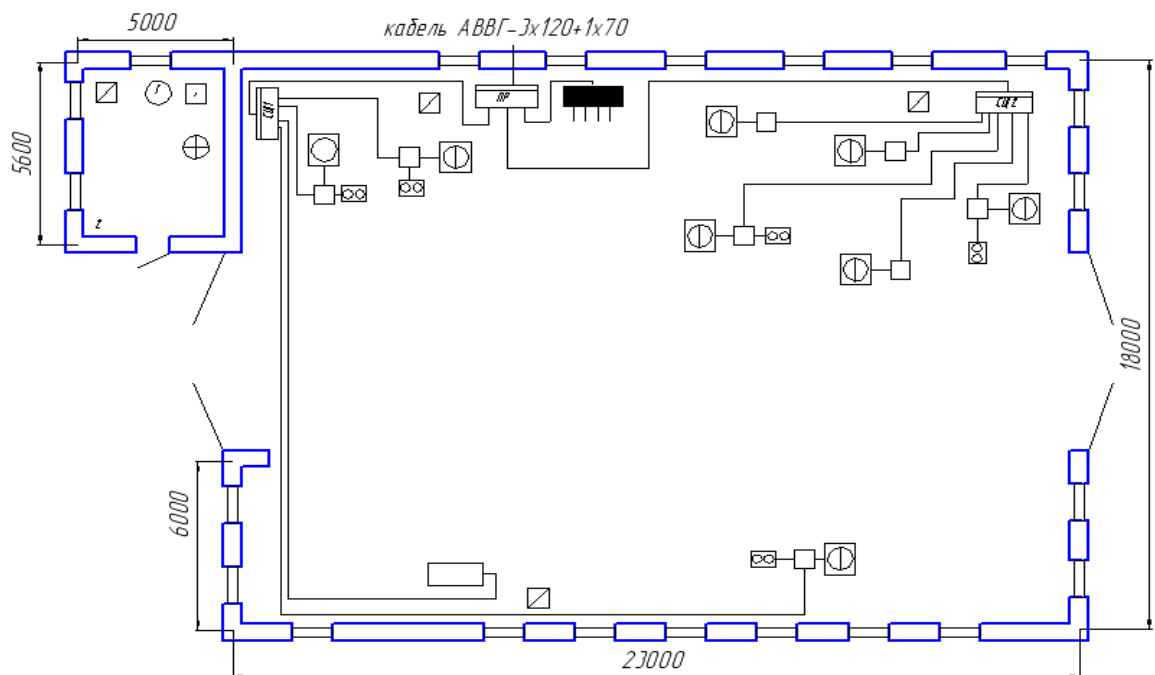


Рисунок .3.1 - Схема силової мережі

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Метою планування заходів з охорони праці є визначення необхідних вкладень у заходи з охорони праці для ефективного впливу на стан охорони праці.

Система планів з охорони праці окремого підприємства може включати:

- перспективне планування (на період, більший одного року) ;
- поточне планування (на рік) ;

оперативне планування (детальні плани, спрямовані на вирішення конкретних питань працезахоронної діяльності на підприємстві в короткостроковому, до одного року, періоді).

Планування в охороні праці може включати:

- визначення цілей діяльності з охорони праці на підприємстві та засобів їх досягнення;
- вибір методів і базових показників, за допомогою яких може здійснюватися оцінка необхідних вкладень в охорону праці;
- розрахунок суми вкладень у заходи з охорони праці та раціональний розподіл цієї суми за напрямками діяльності;
- забезпечення організації контролю виконання плану (при необхідності здійснення коригування запланованих показників) ;
- здійснення постійного контролю умов і безпеки праці на підприємстві та оперативне реагування на відхилення від нормативних вимог.

Перспективне планування вміщує найбільш важливі, трудомісткі і довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання яких, як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування.

До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років. Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів:

- план соціального розвитку колективу;
- наукової організації праці;
- механізації важких і ручних робіт;
- охорони праці жінок;
- підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період;
- підвищення культури виробництва та ін.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У цьому розділі ми ставимо за мету провести порівняльний аналіз вартості експлуатації різних типів ламп, які застосовувалися у рамках даної курсової роботи.

Таблиця 5.1 - Типи ламп та їхні ціни при відповідних потужностях

Тип лампи	Модель лампи	Потужність, Вт	Кількість, штук	Термін служби, год	Ціна, грн/од.
Жарівки	Б-220-300	300	30	1000	309
	Б-220-100	100	4	1000	16
КЛЛ	PL 36W G23	36	56	10000	150
	F 36BX/840/G23	36	4	10000	160
Світлодіодні	Оптолюкс- 600	44	20	20000	318
	Оптолюкс- 10	10	4	20000	90

Для спрощення розрахунків та покращення наочності визначимо експлуатаційні витрати на лампи за період роботи в 50 000 годин.

Розрахунок витрат на електроенергію

$$Q = \sum (P \cdot 10^{-3} \cdot K) \cdot S \cdot E, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де P – потужність лампи (табл.4.1), Вт;

E – ціна 1кВт/год. електроенергії ($E = 8,5$), грн.

Для ламп розжарення:

$$Q = (0.300 \cdot 30 + 0.1 \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 8.5 = 3995000 \text{ грн.}$$

Для компактно люмінесцентних ламп:

$$Q = (42 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 + 11 \cdot 10^{-3} \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 8.5 = 263500 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:

$$Q = (40 \cdot 10^{-3} \cdot 8 + 60 \cdot 10^{-3} \cdot 4 + 7 \cdot 10^{-3} \cdot 4) \cdot 50000 \cdot 8.5 = 249962 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на купівлю ламп

Обчислимо вартість придбання ламп, які експлуатуватимуться протягом 50 000 годин:

$$C = \frac{\sum (K \cdot M) \cdot S}{T}, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де К – кількість ламп (табл.4.1), шт.;

М – ціна за одиницю лампи (табл.4.1), грн.;

SS– термін використання (50000), год;

Т– тривалий термін служби (табл.4.1), год.

Для ламп розжарення:

$$C = (30 \cdot 309 + 4 \cdot 16) \cdot 50000 / 1000 = 466700 \text{ грн.}$$

Для компактно люмінесцентних ламп:

$$C = (56 \cdot 150 + 4 \cdot 160) \cdot 50000 / 10000 = 45200 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:

$$C = (20 \cdot 318 + 4 \cdot 90) \cdot 50000 / 20000 = 16800 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на лампи

$$Z = C + Q, \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Для ламп розжарення:

$$Z = 3995000 + 466700 = 4461700 \text{ грн.}$$

Для КЛЛ:

$$Z = 263500 + 45200 = 308700 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:

$$Z = 249962 + 16800 = 266762 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Економічний ефект

Показник	ЛАМП РОЗЖАРЕННЯ	КЛЛ	СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП
Розрахунок витрат на електроенергію, грн	3995000	263500	249962
Розрахунок витрат на купівлю ламп, грн	466700	45200	16800
Загальні витрати на лампи, грн	4461700	308700	266762
Економічний ефект відносно ламп розжарення	-	4153000	4194938

ВИСНОВКИ

В даній роботі для приватного підприємства ВНФ «Галелектросервіс», було розраховано силову схему, та освітлення з використанням трьох типів ламп: ламп розжарення; компактно люмінесцентних та світлодіодних.

Після розрахунків силової мережі для обладнання, були вибрані кабелі та ПЗА.

Розрахунки освітлювальної мережі нам дали результати, за якими ми можемо оцінити доцільність використання тих чи інших типів ламп.

Розрахунок витрат на електроенергію на лампи розжарення становлять 399500 грн. Розрахунок витрат на електроенергію на лампи КЛЛ становлять 26350 грн. Розрахунок витрат на електроенергію на лампи світлодіодних становлять 249962 грн.

Розрахунок витрат на купівлю ламп розжарення становлять 466700 грн. Розрахунок витрат на купівлю лампи КЛЛ становлять 45200 грн. Розрахунок витрат на купівлю лампи світлодіодних становлять 16800грн.

Загальні витрати на лампи розжарення становлять 4461700 грн.

Загальні витрати на лампи КЛЛ становлять 308700 грн.

Загальні витрати на лампи світлодіодних становлять 266762 грн.

Як ми бачимо з розділу економічної ефективності затрати на експлуатацію світлодіодних ламп найменші протягом 50000 годин.

Список джерел посилання

1. Алексеев Б.А. Міжнародна конференція по вітроенергетиці / Електричні станції. 1996. №2.
2. Безруких П.П. Економічні проблеми нетрадиційної енергетики / Енергія: Екон., техн., екол. 1995. №8.
3. Богуславский Е.И., Виссарионов В.И., Елистратов В.В., Кузнецов М.В. Умови ефективності і комплексного використання геотермальної сонячної і вітрової енергії // Міжнародний симпозіум "Паливно-енергетичні ресурси Росії й ін. країн СНД". Санкт-Петербург, 1995.
4. Дьяков А.Ф., Прокурорів Н.С., Перминов Е.М. Калмицька досвідчена вітрова електростанція / Електричні станції 1995. № 2.
5. Логинов В.Б. Новак Ю.И. Високоєфективні вітроенергетичні установки / Проблеми машинобудування й автоматизації. 1995. №1-8.
6. Селезньов И.С. Стан і перспективи робіт МКБ "Веселка" в області вітроенергетики / Конверсія в машинобудуванні. 1995. №5.
7. Соболев Я.Г. "Вітроенергетика" в умовах ринку (1992-1995 р.) / Енергія: Екон., техн. екол. 1995. №11.
8. Ципльонков П. С. Організація і планування електрифікації сільськогосподарського виробництва / П. С. Ципльонков. – К. : Вища школа 1980. – 544 с.
9. Романюк Ю. В. Електричні системи та мережі : навч. посіб. / Ю. В. Романюк. – Івано-Франківськ : Факел, 1997. – 248 с.
10. Саенко, Ю. Л. Реактивна потужність в системах електропостачання і нелінійним навантаженням / Ю. Л. Саенко// Автореф. дис. на здобуття наук, ступеня д-ра техн. наук, спец. 05.09.05 - теоретична електротехніка, НУ «Львівська політехніка», Львів, 2003.– 36 с.
11. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: підручник / М. С. Сегеда. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2007.– 488 с

12. Костін, М. О. Миттєва реактивна потужність у системах електричного транспорту постійною струму / М. О. Костін, О. І. Саблін, О. Г. Шейкіна, А. В. Петров // Гірнича електромеханіка та автоматика : наук.-техн. зб., 2007. – С. 3-8.
13. Щербина О. Енергія для всіх : технічний довідник / О. Щербина – Ужгород, вид-во В. Падяка, 2000. – 200 с.
14. Якимець В. Т. Методичні рекомендації до дипломного проектування для студентів напрямку підготовки “Енергетика та електротехнічні системи в АПК” ОКР ”Бакалавр” / В. Т. Якимець, С. В. Сиротюк. – Львів: Львівський НАУ, 2009. – 40 с.
15. Добровольська Л. Н. Про стан автоматизації компенсувальних установок і перспективи їх оснащення пристроями нового технічного рівня / Л. Н. Добровольська, І. О. Віт, І. П. Сосенко // Промелектро : Пром. електроенергетика та електротехніка. – 2008. – № 4. – С. 26 – 30.