

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:

**«МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МАЙСТЕРНІ З РОЗРОБКОЮ
ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРОТОЧНОГО ВОДОНАГРІВАЧА»**

Виконав: студент IV курсу

групи Ен – 42 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Димид Б.Б.

Керівник: Марущак Я.Ю.

Рецензент: Кригуль Р.Є.

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**

Димиду Б.Б.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи « Модернізація мережі електропостачання майстерні з розробкою електричного проточного водонагрівача»

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)

ВступХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВАРОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІРОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З КОМПАКТНО ЛЮМІНЕСЦЕНТНИМИ ЛАМПАМИРОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ ЗІ СВІТЛОДІОДНИМИ ЛАМПАМИОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩАЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНАВисновкиПерелік джерел посиланняДодатки

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	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

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 _____ Димид Б.Б
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Марущак Я.Ю.

УДК 621.320

Димид Б. Б. Модернізація мережі електропостачання майстерні з розробкою електричного проточного водонагрівача. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. ГЖИЦЬКОГО, 2025. 46 с. текстової частини, 12 таблиць, 11 рисунків, 15 джерел посилання.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання електропостачання ремонтної майстерні з розробкою конструкції електричного проточного водонагрівача. Проаналізовано заходи з охорони праці при монтажі та експлуатації пристроїв. Оцінено економічну ефективність запропонованих технічних рішень, визначено економічний ефект та строк окупності.

Ключові слова: електропостачання виробничого цеху, електричний проточний водонагрівач.

Вступ

Актуальність роботи. У сучасних умовах стрімкого науково-технічного прогресу й динамічного розвитку економіки одним із ключових чинників стабільного функціонування виробничих, аграрних та побутових об'єктів є якісне, безперебійне і надійне електропостачання. Електроенергія виступає основним джерелом живлення для широкого спектра технологічного обладнання, освітлювальних систем, автоматизованих ліній та різноманітних електроприладів, які використовуються в усіх сферах господарської діяльності.

Особливо актуальним це питання є для сільської місцевості, де споживачі електроенергії часто розташовані на великій території, а інфраструктура потребує постійного вдосконалення. Електропостачання аграрних підприємств має ряд особливостей, що відрізняють його від міського чи промислового. Зокрема, мова йде про необхідність охоплення значної кількості споживачів, розміщених на відстані один від одного, що призводить до збільшення довжини мереж на кожен одиницю потужності. Це, у свою чергу, значно впливає на загальні витрати, адже електрифікація об'єктів агросектору може сягати до 75% вартості всіх робіт, включаючи вартість кабельної продукції, комутаційного обладнання та монтажних послуг.

Стабільність подачі електроенергії для сільських господарств має визначальне значення, оскільки багато об'єктів — тваринницькі комплекси, теплиці, сховища тощо — працюють у безперервному режимі. Втрата живлення навіть на короткий час може призвести до серйозних наслідків: припинення технологічних процесів, псування продукції, або навіть загибель тварин. Саме тому модернізація електричних мереж із врахуванням підвищених вимог до енергоефективності, стійкості до аварій та впровадження сучасних електроприладів є критично важливим завданням.

У межах цієї дипломної роботи розглядається модернізація електропостачання майстерні з оновленням схеми живлення та інтеграцією електричного проточного водонагрівача як додаткового споживача. Впровадження

такого пристрою не лише покращує енергетичну структуру об'єкта, а й створює кращі побутові умови для персоналу, що позитивно позначається на загальному рівні комфорту й продуктивності праці.

Основна мета роботи полягає в поглибленні й практичному застосуванні знань, здобутих під час вивчення курсу «Електропостачання агропромислового комплексу», а також у створенні ефективного й технічно обґрунтованого рішення з модернізації системи живлення майстерні як одного з типових об'єктів сільського електропостачання.

Військові дії та нестача електроенергії в Україні стимулює до дослідження енергоефективних електричних джерел світла.

Мета роботи: модернізувати мережі електропостачання майстерні та розробити електричний проточний водонагрівач.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі **завдання**:

проаналізувати електричне обладнання у майстерні;

розрахувати силову електричну мережу;

розрахувати освітлювальну електричну мережу;

розробити конструкцію електродного водонагрівача;

розрахувати показники економічної ефективності.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

Споживче товариство СТ «Капелька» здійснює свою діяльність у сфері виробництва харчової продукції, зокрема спеціалізується на виготовленні столового оцту, мінеральної води та різноманітних безалкогольних напоїв. Підприємство розташоване у селищі міського типу Красне Буського району Львівської області, за адресою: вулиця Івана Франка, 83. Ця місцевість має розвинену інфраструктуру та зручне транспортне сполучення, що позитивно впливає на логістику та збут продукції.

На території СТ «Капелька» функціонують кілька технологічних об'єктів, серед яких: цех видування пластикової тари, виробничі дільниці з розливу оцту й напоїв, складські приміщення для зберігання готової продукції, а також адміністративна зона з постом охорони, що забезпечує контроль доступу на територію підприємства.

Цех видування пляшок розташований у капітальній будівлі та включає основне виробниче приміщення, де безпосередньо відбувається процес формування ПЕТ-пляшок, а також допоміжну інженерну майстерню, де виконуються технічне обслуговування і налаштування обладнання. Поруч організовано склад тимчасового зберігання виробленої тари до її транспортування на наступні етапи виробництва.

Висота головного виробничого приміщення становить 3 метри, що відповідає санітарним і технологічним нормам для такого типу виробництва. В приміщенні встановлено сучасне технологічне обладнання, а саме:

- напівавтоматична установка видування ПЕТ-пляшок типу А800;
- додатковий напівавтоматичний пристрій для виготовлення пластикової тари;
- піч з термостійкими лампами для попереднього нагрівання преформ;
- механізм для пакування готової продукції;

- стрічковий транспортер ПВМ-600, що забезпечує переміщення пляшок між операційними зонами;
- промисловий компресор, необхідний для створення тиску, потрібного у процесі видування.

Окрім основного обладнання, у приміщенні наявні допоміжні робочі місця, стелажі для інструменту та витратних матеріалів. Виробничий процес організований таким чином, щоб мінімізувати простої та забезпечити безперервність формування тари. Робота цеху здійснюється в одну або дві зміни залежно від виробничих потреб.

Завдяки налагодженому технічному процесу та чіткій організації роботи, підприємство може оперативно забезпечувати власні виробничі лінії тарою, зменшуючи залежність від сторонніх постачальників та оптимізуючи витрати.

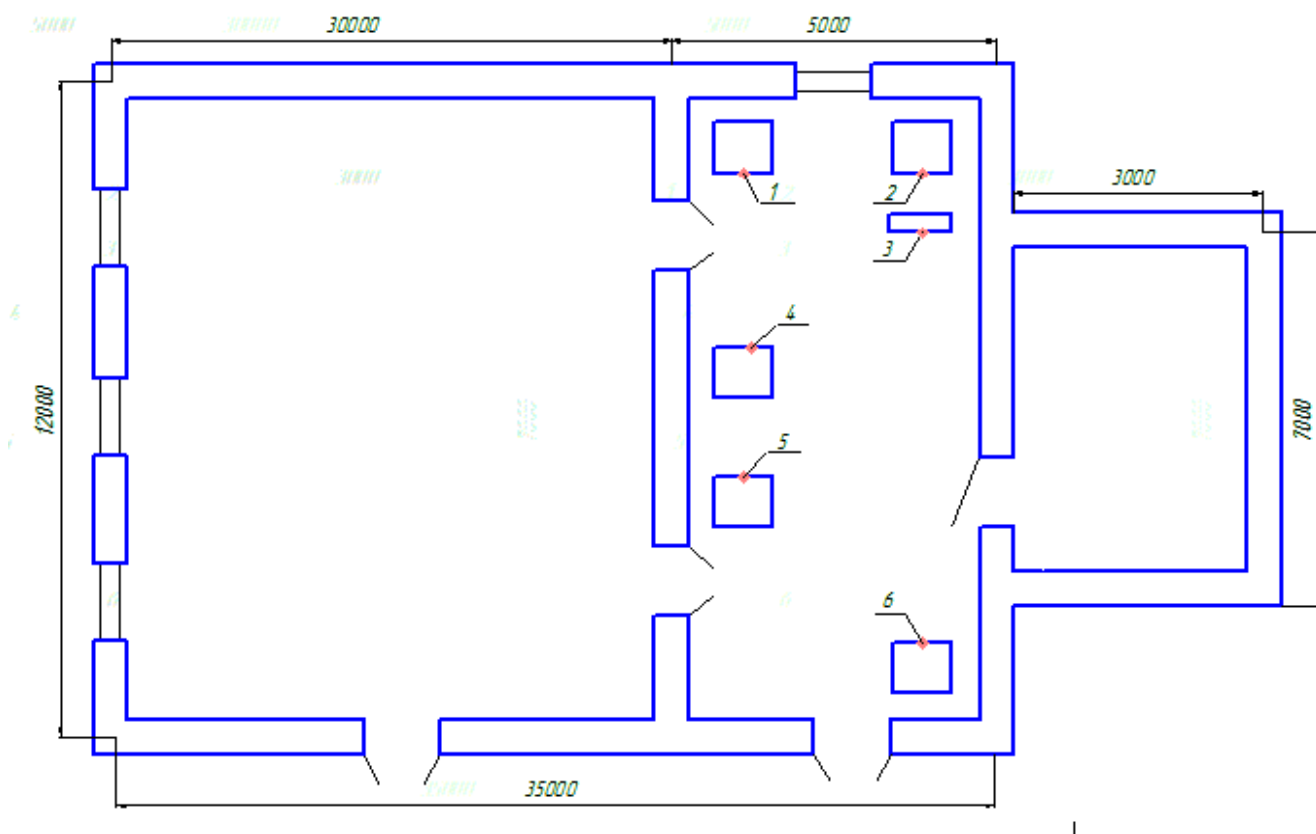


Рисунок 1.1 - Схема розміщення обладнання

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика обладнання

№ п/п	Назва об'єктів і обладнання в цеху	Потужність Р, кВт
1	Напівавтомат видуву ПЕТ пляшок А800	6
2	Напівавтомат видуву	0,2
3	Піч для розігріву	2,7
4	Пристрій для упаковки пляшок	10
5	ПВМ 600	11
6	Компресор	5,5

2 РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Аналіз силового обладнання та електричних двигунів

Задане електрообладнання і двигуни заносимо у таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Перелік електрообладнання та електродвигунів

№ п/ п	Найменування обладнання	Номінальна потужність, кВт	Тип електродв игуна	Кі	Номінальний струм, А
1	Напівавтомат видуву ПЕТ пляшок А800	6	АИР 100 L4	6	11,4
2	Напівавтомат видуву	0,2	АИР 71 В8	1	1,13
3	Піч для розігріву	2,7	АИР 80 В6	5	5,13
4	Пристрій для упаковки пляшок	10	АИР 112 МВ8	6,5	19
5	ПВМ 600	11	АИР 132 S4	7	20,9
6	Компресор	5,5	АИР 112 М4	5,5	10,4

Обрані електродвигуни та інше електротехнічне обладнання вносяться до розрахунково-монтажної схеми силової електромережі, що представлена на аркуші графічної частини №2. Також на плані приміщення зазначаються точні місця встановлення відповідного обладнання.

2.2 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв

Вибір апаратури здійснюється з урахуванням номінальної напруги, типу та сили струму, кліматичного виконання, умов експлуатації, рівня захисту від

зовнішніх впливів, відповідності технологічним потребам, а також інших технічних характеристик.

Для прикладу виберемо пуско-захисну апаратуру компросера.

Дані електродвигуна наведені в таблиці 23.2.

Таблиця 2.2 - Вихідні дані електродвигуна

Марка двигуна	Р _н , кВт	I _н , А	K _i
АИР 112 М4	5	10,4	5,5

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

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

$$I_{n3} = 10,4 \cdot 5,5 = 57,2 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач QF1 за умовами:

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

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

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

Вибираємо автоматичний вимикач АЕ1000:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$16 > 10,4 \text{ А};$$

$$16 > 10,4 \text{ А.}$$

Розрахунок кількості поділок, за яких тепловий розчіплювач залишається неспрацьованим, виконуємо згідно з наступною формулою:

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

$$n = \frac{10,4}{16} = 0,65.$$

Здійснюємо перевірку автоматичного вимикача на здатність спрацювати під час пуску електродвигунів, керуючись наступною умовою:

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

$$10 \cdot 16 > 1,1 \cdot 1,25 \cdot 10,4 \cdot [(1,2 \cdot 5,5 - 1)] \text{ А},$$

$$160 > 77,22 \text{ А}.$$

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 ПМЕ-212:

$$380 = 380 \text{ В};$$

$$25 > 10,4 \text{ А};$$

$$10 > 9,6 \text{ А}.$$

Вибираємо електротеплове реле за умовами:

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

$$I_{p.ном} \geq I_{н.дв};$$

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

Вибираємо електротеплове реле РТЛ 1008 ($I_n = 2,4 \dots 4,0 \text{ А}$).

Інші елементи пуско-захисної апаратури підбираємо за аналогією та вносимо до таблиці 2.4, де наведено тип і марку електроприймачів разом із їх технічними характеристиками, а також відповідні типи та параметри пуско-захисних пристроїв.

Усі автоматичні вимикачі встановлюються в розподільчих щитах, їх позначення та відповідні захисні пристрої подано в таблиці 3.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики розподільних щитків

Розподільний пункт	Тип щитка	Кількість вимикачів			Ступінь захисту	Кліматичне виконання
		АЕ202	АЕ100	інші		
		0	0			
СЩ1	ПР-41-4304-43У3	2	4	ВА-51-25 ВА61 F29-3С ВА61 F29-3С	IP54	У3

Таблиця 2.4 - Перелік пуско-захисного обладнання

Найменування обладнання	P_n , кВт	I_n , А	Марки електромагнітни х пускачів	I_n , А	Марки автоматичних вимикачів	$I_n.a.$, А	$I_n.p.$, А	Марка теплого реле	$I_{тр.с.}, A$
Напівавтомат видуву ПЕТ пляшок А800	6	11,4	ПМЕ 212	25	АЕ2000	16	16	РТЛ 1016	12
Напівавтомат видуву	0,2	1,13	ПМЕ 001	3	АЕ1000	2	4	РТЛ-1003	0,3
Піч для розігріву	2,7	5,13	ПМЕ 112	10	АЕ1000	6	10	1010	6
Пристрій для упаковки пляшок	10	19	ПМЕ 214	25	АЕ2040	16	20	РТЛ 1022	20
ПВМ 600	11	20,9	ПМЕ 314	40	АЕ2040	16	20	РТЛ 1022	25
Компресор	5,5	10,4	ПМЕ 200	25	АЕ2000	16	16	РТЛ 1012	4

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

У сільському господарстві зазвичай застосовують кабелі та проводи з алюмінієвими жилами перерізом від 2,5 мм² і більше. Перевага надається таким способам прокладання електропроводки, які не потребують використання сталевих труб. Однак у випадках, коли умови навколишнього середовища або місце прокладання не дозволяють відкрите прокладання, використання сталевих труб є обов'язковим. У зв'язку з цим, з метою запобігання можливим механічним пошкодженням ізоляції або провідників, електропроводка силової мережі буде виконана в сталевих трубах.

Площу перерізу жил провідників або кабеля в кожному випадку вибираємо так, щоб тривало допустимий для нього за нагрівом струм навантаження $I_{\text{доп}}$ був не меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола $I_{\text{макс.р}}$, тобто

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

Максимальне значення робочого струму магістралі, що живить кілька електроприймачів, розраховують за формулою:

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

Провід або кабель, підібраний за показниками нагріву, слід перевірити на відповідність перерізу вимогам захисного апарата за умови:

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

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 жити під розігріву від мережі, марки АВВГ 4×2 з I = 10 А.

$$I_{\text{макс.р}} = 1 \cdot 2,7 = 2,7 \text{ А,}$$

$$I_{\text{доп}} = 1 \cdot 10 = 10 \text{ А}$$

$$10 > 2,7$$

Аналогічно вибираємо інші кабелі і заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Марки кабелів для живлення електрообладнання

№ п/ п	Найменування обладнання	Номіналь на потужніс ть, кВт	Номінальн ий струм, А	Марка кабеля,пр овода	I _{доп} , А
1	Напівавтомат видуву ПЕТ пляшок А800	6	11,4	АВВГ 4×2	15
2	Напівавтомат видуву	0,2	1,13	АВВГ 4×2	15
3	Піч для розігріву	2,7	5,13	АВВГ 4×2	15
4	Пристрій для упаковки пляшок	10	19	АВВГ 4×6	15
5	ПВМ 600	11	20,9	АВВГ 4×6	15
6	Компресор	5,5	10,4	АВВГ 4×6	41

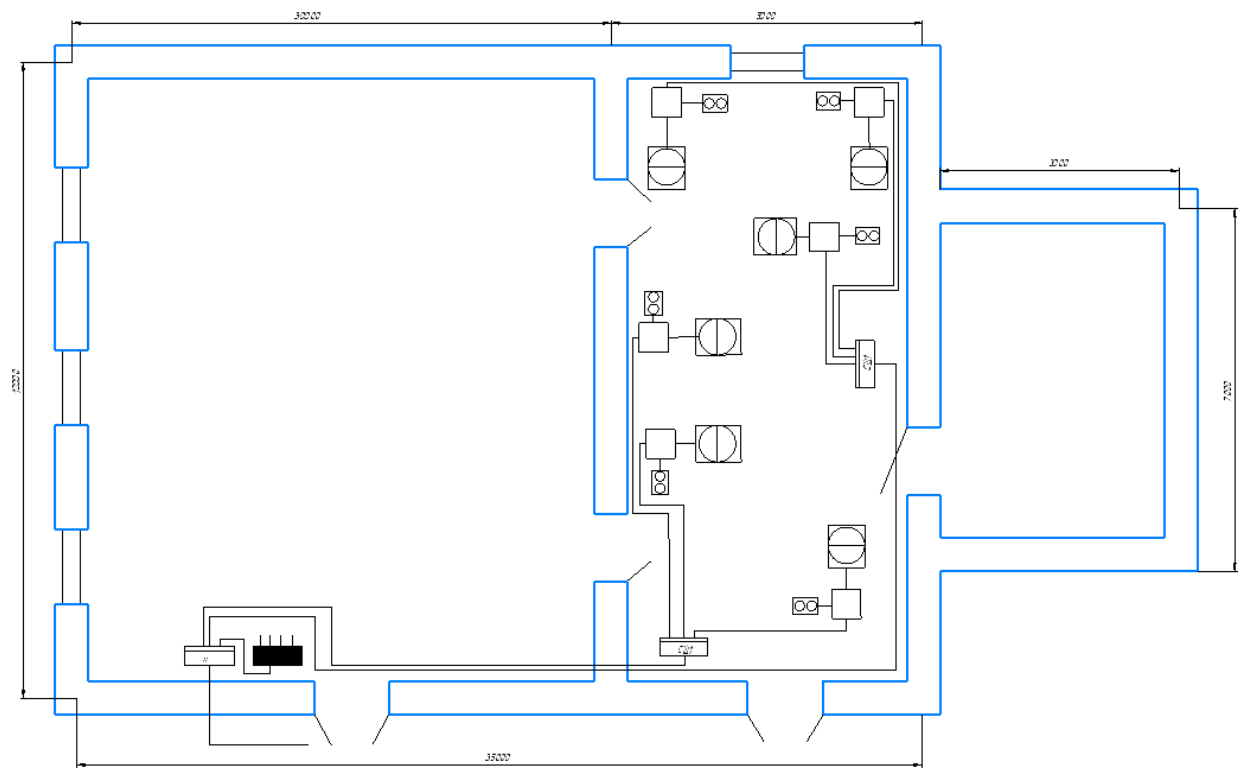


Рисунок 2.1 - Схема силової мережі

3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ

3.1 Розрахунок освітлювальних установок з компактними люмінесцентними лампами

Компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) поступово витісняють традиційні лампи розжарювання завдяки значно кращій енергоефективності. Що ж собою представляють ці КЛЛ? Вони мають зігнуту або спіральну форму колби, що дозволяє встановлювати їх у світильники з обмеженим простором. Часто такі лампи оснащені вбудованим електронним баластом, який забезпечує стабільну роботу. КЛЛ створені як для спеціалізованих світильників, так і для заміни звичайних ламп розжарювання, що робить їх універсальним рішенням для різних освітлювальних систем.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд КЛЛ

Компактні люмінесцентні лампи часто помилково називають енергозберігаючими, хоча цей термін охоплює й інші типи ламп, що працюють на різних фізичних принципах, наприклад, світлодіодні лампи або лінійні люмінесцентні лампи з пониженою кількістю ртуті та тоншою трубкою. Існують також лампи з кулястою колбою без характерної спіральної форми, яка в традиційних КЛЛ вважається слабким місцем. Для запуску розряду в цих лампах застосовується індуктор.

У порівнянні з лампами розжарювання, КЛЛ мають значно більший ресурс роботи. Проте термін їхньої служби може суттєво скорочуватися через нестабільність напруги в електромережі, іноді навіть наближаючись або стаючи коротшим за термін роботи ламп розжарювання. Частково цю проблему вирішують стабілізатори напруги та мережеві фільтри. Основними факторами, що негативно впливають на довговічність ламп, є нестабільність електроживлення і часті цикли вмикання-вимикання.

Компактні люмінесцентні лампи містять близько 3-5 міліграмів ртуті — токсичної речовини першого класу небезпеки, що вважається «надзвичайно небезпечною». У разі пошкодження або розбиття колби з цієї лампи може виділятися небезпечна для здоров'я пари ртуті, що становить серйозну загрозу отруєння.

3.1.1 Основне приміщення

Для основного приміщення виконуємо розрахунок освітлення, застосовуючи метод коефіцієнта використання світлового потоку. Обираємо рівномірну загальну систему освітлення як для основного цеху, так і для майстерні. З урахуванням особливостей навколишнього середовища для світильників вибираємо модель типу ФСП 17.

Габарити приміщення становлять 12 м у довжину, 5 м у ширину та 3 м у висоту.

Далі визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників за формулою (2.1):

$$H_p = 3 - (0,2 + 0,8) = 2 \text{ м.}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої К $\lambda = 0,7 \dots 0,9$. Приймаємо $\lambda = 0,85$.

Визначаємо оптимальну відстань між світильниками за формулою (2.2):

$$L = 0,85 \cdot 2 = 1,7 \text{ м.}$$

Виразуємо число рядів світильників за формулою (2.3):

$$n_p = \frac{5}{1,7} = 2,94$$

Приймаємо $n_p = 3$.

Обчислюємо відстань між крайніми світильниками та стінами за формулою (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 1,7 = 0,85 \text{ м.}$$

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

$$L_B = \frac{5 - 2 \cdot 0,85}{3 - 1} = 1,65 \text{ м.}$$

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

$$L_a = \frac{1,7^2}{1,65} = 1,75 \text{ м.}$$

Визначаємо число світильників у кожному ряді за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{12 - 2 \cdot 0,85}{1,75} = 5,88 ,$$

Приймаємо $n_a = 6$.

Обчислюємо загальну кількість світильників, використовуючи формулу (2.8):

$$N = 3 \cdot 6 = 18 ,$$

Індекс приміщення обчислюється за допомогою формули (2.9):

$$i = \frac{12 \cdot 5}{2 \cdot (12 + 5)} = 1,76 .$$

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

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,4$.

Приймаємо нормовану освітленість $E_n = 100$ лк.

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,2$.

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

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

$$\Phi_{p.c} = \frac{100 \cdot 12 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1,15}{18 \cdot 0,4} = 862,5 \text{ лм.}$$

лампу типу Spiral 15w/840 з $P_n = 15$ Вт, $\Phi_{\lambda} = 900$ лм. Вибираємо світильник ФСП 17-015.

Фактичну освітленість у приміщенні визначаємо за формулою (2.11):

$$E_{\phi} = 100 \cdot \frac{900 \cdot 1}{862,5} = 78,26 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості визначаємо за формулою (2.12):

$$E = \frac{78,26 - 100}{100} \cdot 100 \approx 0,37 \%$$

Відхилення вважається прийнятним, оскільки воно перебуває в допустимих межах від +20% до -10%.

Потім обчислюємо встановлену потужність системи освітлення згідно з формулою (2.13):

$$P_y = 15 \cdot 1 \cdot 18 = 270 \text{ Вт.}$$

3.1.2 Майстерня

Освітлення майстерні визначаємо за методом коефіцієнта використання світлового потоку. З огляду на умови експлуатації обираємо світильники типу ФСП-17-012.

Габарити приміщення становлять $7 \times 3 \times 2,5$ м.

Розрахункову висоту підвісу світильників визначаємо за допомогою формули (2.1):

$$H_p = 2,5 - (0,2 + 0,8) = 1,5 \text{ м.}$$

Вибираємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками для кривої Д $\lambda = 0,8 \dots 1$. Приймаємо $\lambda = 0,9$.

Оптимальну відстань між світильниками обчислюємо за формулою (2.2):

$$L = 0,9 \cdot 1,5 = 1,35 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників обчислюється за допомогою формули (2.3):

$$n_p = \frac{3}{1,35} = 2,22$$

Приймаємо $n_p = 2$.

Відстань між крайніми світильниками та стінами розраховується за допомогою формули (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 1,35 = 0,675 \text{ м.}$$

Розрахунок відстані між рядами світильників здійснюємо за формулою (2.5):

$$L_B = \frac{3 - 2 \cdot 0,675}{2 - 1} = 1,65 \text{ м.}$$

Визначаємо розрахункову відстань між світильниками, розташованими в одному ряду, використовуючи формулу (2.6):

$$L_a = \frac{0,675^2}{1,65} = 1,1 \text{ м.}$$

Обчислюємо кількість світильників у кожному ряду за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{3 - 2 \cdot 0,675}{1,1} = 5,11$$

Приймаємо $n_a = 5$.

Визначаємо загальну кількість світильників за формулою (2.8):

$$N = 2 \cdot 5 = 10.$$

Обчислюємо індекс приміщення за формулою (2.9):

$$i = \frac{7 \cdot 3}{1,5 \cdot (7 + 3)} = 1,4$$

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

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,4$

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

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,2$.

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

Обчислюємо розрахунковий світловий потік одного світильника за формулою (2.10):

$$\Phi_{\text{р.с}} = \frac{100 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 1,15}{10 \cdot 0,4} = 724,5 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу Spiral 12w/840 з $P_{\text{н}} = 12$ Вт, $\Phi_{\text{л}} = 745$ лм. Вибираємо світильник ФСП-17-012.

Обчислюємо фактичний рівень освітленості за формулою (2.11):

$$E_{\text{ф}} = 100 \cdot \frac{745 \cdot 1}{724,5} = 102,82 \text{ лк.}$$

Обчислюємо відхилення освітленості за формулою (2.12):

$$E = \frac{102,82 - 100}{100} \cdot 100 \approx 0,39 \%$$

Відхилення освітленості вважається прийнятним, оскільки воно перебуває в діапазоні від +20% до -10%.

Після цього розраховуємо встановлену потужність освітлювальної системи за формулою (2.13):

$$P_{\text{у}} = 12 \cdot 1 \cdot 10 = 122 \text{ Вт.}$$

Таблиця 3.1- Результати розрахунку освітлювальної мережі компактних люмінесцентних ламп

Назва приміщення	Ен, лк	S _{прим.} , м ²	Тип лампи	Рл, Вт	Тип світильника	Фл, лм	n _c	Р _y , кВт
Основне приміщення	100	60	Spiral 15w/840	15	ФСП-17-015	900	18	0,27
Майстерня	100	21	Spiral 12w/840	12	ФСП-17-012	745	10	0,12
Склад	50	441	High lumen 42w/840	42	ФСП-17-42	3000	24	1,008

3.1.3 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, розподіл здійснюємо у вигляді

Таблиця 3.2 - Розподіл освітлювальної електропроводки на групи

Номер та тип щитка	Номер групи	Кількість ламп	Установлена потужність ламп, кВт	I_{cp} , А	I_p , А	АВ
ЩО 8505-1603	1	24	1,008	4,58	10	АЕ1000
	2	18	0,27	1,22	3,2	АЕ1000
	3	10	0,12	0,54	2,5	АЕ1000

Розрахункові струми для однофазних груп із лампами розжарювання обчислюємо за формулою (2.15):

Далі визначаємо струм освітлювального щитка:

$$I_{cp1} = \frac{1,008 \cdot 10^3}{220} = 4,58 \text{ А,}$$

$$I_{\text{сп2}} = \frac{0,27 \cdot 10^3}{220} = 1,22 \text{ А},$$

$$I_{\text{сп2}} = \frac{0,12 \cdot 10^3}{220} = 0,54 \text{ А}.$$

Тип освітлювальних щитків визначаємо залежно від кількості груп: для трьох груп використовуємо щиток марки ЩО 8505-1318.

Номінальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів підбираємо, враховуючи такі умови:

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

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

Вибираємо автоматичні вимикачі серії АЕ1000 для групи 1 освітлювального щитка ЩО 8505-1318 з $I_{\text{ном.р}} = 4,58 \text{ А}$, $I_{\text{ном.а}} = 10 \text{ А}$.

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

Площа поперечного перерізу проводу, який буде використано для електропроводки, визначається за формулою (2.15):

Для 1 групи освітлювального щитка вибираємо провід типу ППВ 2×2,5 у якого $I_{\text{н.д}} = 21 \text{ А}$. Прокладання проводу виконується в повітрі.

$$21 > 4,58 \text{ А}.$$

Умова виконується, отже цей провід відповідає вимогам і для 2-ї групи.

Розрахунок втрати напруги здійснюємо за формулою (2.16):

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

$$\Delta U_1 = \frac{1,008 \cdot 75}{12,8 \cdot 2,5} = 2,36 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,27 \cdot 50}{12,8 \cdot 2,5} = 0,42 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,12 \cdot 36}{12,8 \cdot 2,5} = 0,135 \%$$

Оскільки втрати напруги не перевищують допустимий рівень у 2,5%, провід залишаємо без змін.

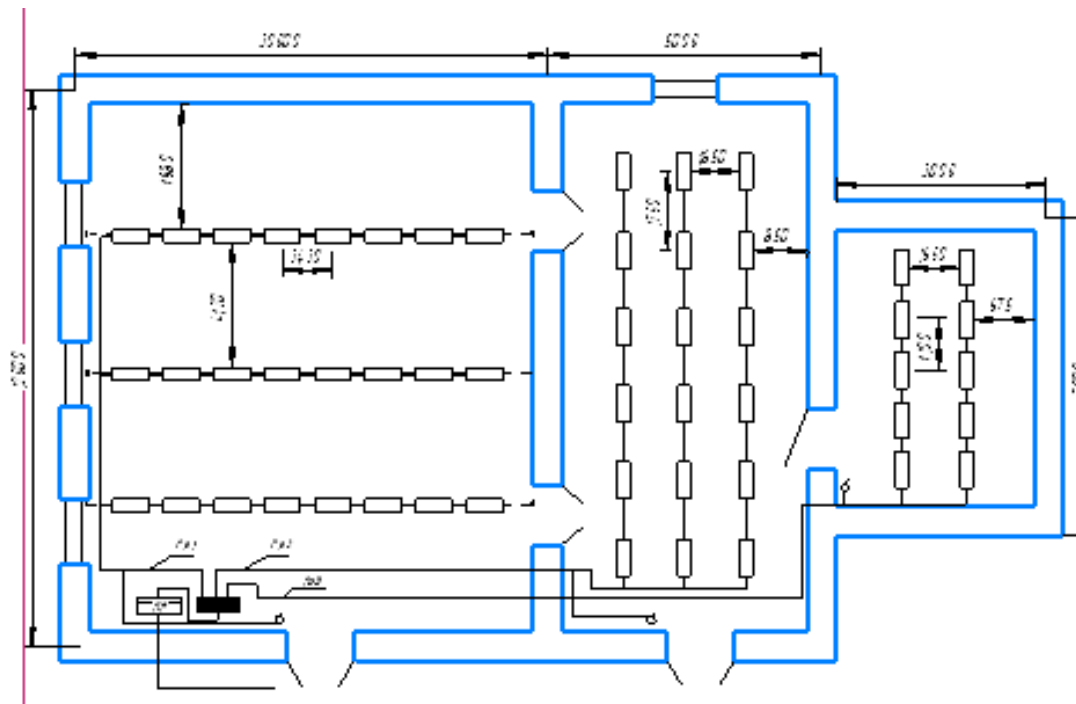


Рисунок 3.2 – Схема освітлювальної мережі з КЛЛ

Розрахунково-монтажна схема освітлювальних проводок з компактними люмінесцентними лампами

Номер щитка за планом	Р, кВт U, % Тип щитка	Номер групи	Система групи	Захисний апарат		Довжина, м	Тип проводу, кількість і площа перерізу жил, спосіб прокладання	Встановлена потужність, кВт	Втрати напруги, %	Найменування навантаження
				тип	I _{ном} , А					
ЩО 8505-1318 ПВВ (2х2,5) I _с =6,34 А	1,39 2,5	1	A+N	AE1000	10	75	ПВВ (2х2,5)	1,008	2,36	Технічне освітлення
		2	B+N	AE1000	5	50	ПВВ (2х2,5)	0,27	0,42	Технічне освітлення
		3	C+N	AE1000	5	36	ПВВ (2х2,5)	0,12	0,135	Технічне освітлення

Рисунок 3.3 – Схема освітлювальної мережі з КЛЛ

3.2 Розрахунок освітлювальних установок з світлодіодними лампами

Енергозберігаючі лампи не обмежуються лише компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ). Існує також інший тип — світлодіодні

лампи, які за своєю ефективністю та економічністю значно перевищують КЛЛ. На нашу думку, саме на впровадження світлодіодних технологій варто спрямувати основні зусилля, а не на популяризацію КЛЛ.

Основною перешкодою для масового розповсюдження світлодіодних ламп залишається їхня висока вартість. Щодо конструкції, світлодіодна лампа складається з кількох основних елементів: розсіювача світла, самих світлодіодів, монтажної плати, радіатора для відведення тепла, драйвера, а також вентиляційних отворів, що забезпечують циркуляцію повітря, і цоколя для підключення до електромережі.



Рисунок 3.4 – Світлодіодна лампа

Загальний вигляд світлодіодної лампи

Світлодіодні лампи випромінюють світло під досить вузьким кутом — близько 60 градусів. Тому для освітлення кімнат застосовують спеціальні розсіювачі, які розширюють цей світловий потік. Якщо ж потрібне вузьконаправлене світло, наприклад у настільних лампах, використовують лампи без розсіювача, що дозволяє сфокусувати світло в потрібну зону.

3.2.1 Основне приміщення

У основному приміщенні проводимо розрахунок освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку. З урахуванням навколишніх

умов обираємо світильники типу Plate-XX-W” від Luxon. Розміри приміщення становлять $12 \times 5 \times 3$ м. Далі визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників за формулою (2.1):

$$H_p = 3 - (0,2 + 0,8) = 2 \text{ м.}$$

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

Обчислюємо оптимальну відстань між світильниками за формулою (2.2):

$$L = 1 \cdot 2 = 2 \text{ м.}$$

Обчислюємо кількість рядів світильників за формулою (2.3):

$$n_p = \frac{5}{2} = 2,5 ,$$

Приймаємо $n_p = 3$.

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

$$L_c = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ м.}$$

Визначаємо розрахункову відстань між рядами світильників за формулою (2.5)

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

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

$$L_a = \frac{2^2}{1,5} = 2,66 \text{ м.}$$

Обчислюємо кількість світильників у кожному ряду за формулою (2.7):

$$n_a = \frac{12 - 2 \cdot 1}{2,66} = 3,75 ,$$

Приймаємо $n_a = 4$.

Підраховуємо загальну кількість світильників за формулою (2.8):

$$N = 3 \cdot 4 = 12.$$

Обчислюємо індекс приміщення за формулою (2.9):

$$i = \frac{12 \cdot 5}{2 \cdot (12 + 5)} = 1,76.$$

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

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,4$.

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

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1,0$.

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

Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника за формулою (2.10):

$$\Phi_{p.c} = \frac{100 \cdot 12 \cdot 5 \cdot 1,0 \cdot 1,15}{12 \cdot 0,4} = 1078,12 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу Maxus A65 12w з $P_{\text{н}} = 12$ Вт, $\Phi_{\text{л}} = 1100$ лм. Вибираємо світильник Plate 12W” Luxon.

Обчислюємо фактичну освітленість за формулою (2.11):

$$E_{\phi} = 100 \cdot \frac{1100 \cdot 1}{1078,12} = 76,52 \text{ лк.}$$

Розраховуємо відхилення освітленості за формулою (2.12):

$$E = \frac{76,52 - 100}{100} \cdot 100 \approx 0,14 \%$$

Відхилення вважаємо прийнятним, оскільки воно знаходиться в діапазоні від +20% до -10%.

Наступним кроком визначаємо встановлену потужність освітлювальної системи за формулою (2.13):

$$P_y = 12 \cdot 1 \cdot 12 = 144 \text{ Вт.}$$

3.2.2 Майстерня

Проводимо розрахунок освітлення майстерні, застосовуючи метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Розміри приміщення становлять $7 \times 3 \times 2,5$ м.

Обчислюємо розрахункову висоту підвісу світильників за формулою (2.1):

$$H_p = 2,5 - (0,2 + 0,8) = 1,5 \text{ м.}$$

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

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

$$L = 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ м.}$$

Обчислюємо кількість рядів світильників згідно з формулою (2.3):

$$n_p = \frac{3}{1,65} = 1,8$$

Приймаємо $n_p = 2$.

Розраховуємо відстань від крайніх світильників до стін, використовуючи формулу (2.4):

$$L_c = 0,5 \cdot 1,65 = 0,825 \text{ м.}$$

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

$$L_B = \frac{3 - 2 \cdot 0,825}{2 - 1} = 1,35 \text{ м.}$$

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

$$L_a = \frac{1,65^2}{1,35} = 2,01 \text{ м.}$$

Визначаємо кількість світильників у одному ряду, використовуючи формулу (2.7):

$$n_a = \frac{7 - 2 \cdot 0,825}{2,01} = 2,65 ,$$

Приймаємо $n_a = 3$.

Обчислюємо загальну кількість світильників у приміщенні за допомогою формули (2.8), перемноживши кількість рядів на кількість світильників у кожному ряду.

$$N = 2 \cdot 3 = 6$$

Індекс приміщення визначаємо за формулою (2.9):

$$i = \frac{7 \cdot 3}{1,5 \cdot (7 + 3)} = 1,4 .$$

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

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,4$.

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

Беремо коефіцієнт запасу $K = 1$.

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

Визначаємо розрахунковий світловий потік світильника за формулою (2.10):

$$\Phi_{\text{р.с}} = \frac{100 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 1,15}{6 \cdot 0,4} = 1006,25 \text{ лм.}$$

Вибираємо лампу типу Maxus A65 12w з $P_{\text{н}} = 12$ Вт, $\Phi_{\text{л}} = 1100$ лм. Вибираємо світильник УСС-9 ЕхпRIIT6Х.

Фактичну освітленість визначаємо за формулою (2.11):

$$E_{\phi} = 100 \cdot \frac{1100 \cdot 1}{1006,25} = 109,31 \text{ лк.}$$

Відхилення освітленості визначається за формулою (2.12):

$$E = \frac{109,31 - 100}{100} \cdot 100 \approx 0,92 \%$$

Відхилення вважається допустимим, оскільки його значення лежить у межах від +20% до -10%.

Розрахунок установленної потужності освітлювальної системи виконуємо за формулою (2.13):

$$P_y = 12 \cdot 1 \cdot 6 = 72 \text{ Вт.}$$

Таблиця 3.6 - 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
Основне приміщення	100	60	Maxus A65 12w	12	Plate 12W” Luxon	1100	12	144
Майстерня	100	21	Maxus A65 12w	12	Plate 12W” Luxon	1100	6	72
Склад	50	441	Maxus A65 12w	12	Plate 12W” Luxon	1100	50	600

3.2.3 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Беручи до уваги умови, наведені в попередніх розділах щодо вибору пуско-захисної апаратури для освітлювальної мережі з лампами розжарювання та компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ), групування споживачів здійснюємо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.7 - Розподіл освітлювальної електропроводки на групи

Номер та тип щитка	Номер групи	Кількість ламп	Установлена потужність ламп, кВт	I_{ep} , А	I_a , А	Автом. вимикач
ЩО 8505-1218	1	50	0,6	2,72	6	АЕ1000
	2	12	0,144	0,65	4	АЕ1000
	3	6	0,072	0,32	2	АЕ1000

Розрахунок струмів для однофазних груп зі світлодіодними лампами виконуємо за формулою (2.15). На її основі визначаємо струм, який споживає кожна група, підключена до освітлювального щитка.

$$I_{ep1} = \frac{0,6 \cdot 10^3}{220} = 2,72 \text{ А,}$$

$$I_{ep2} = \frac{0,144 \cdot 10^3}{220} = 0,65 \text{ А,}$$

$$I_{ep3} = \frac{0,072 \cdot 10^3}{220} = 0,32 \text{ А.}$$

Тип освітлювального щитка підбирається залежно від кількості груп у мережі: наприклад, для трьох груп доцільно використовувати щиток типу ЩО 8505-1218.

Номінальні струми автоматичних вимикачів обираються з урахуванням таких чинників:

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

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

Вибираємо автоматичні вимикачі серії АЕ1000 для усіх освітлювального щитка ЩО 8505-1218 з $I_{\text{ном.р}} = 2,72 \text{ А}$, $I_{\text{ном.а}} = 10 \text{ А}$.

Для 1 групи освітлювального щитка вибираємо провід типу ППВ 2×2,5 у якого $I_{\text{н.д.}} = 21 \text{ А}$. Прокладання проводу виконується в повітрі.

$$21 > 2,72 \text{ A.}$$

Умова виконана, тому цей провід відповідає вимогам для 2 та 3 груп.

Розрахунок втрати напруги здійснюємо за формулою (2.16).

Обчислюємо втрату напруги для 2 групи освітлювального щитка ЩО 8505-1604:

$$\Delta U_1 = \frac{0,6 \cdot 75}{12,8 \cdot 2,5} = 1,4 \text{ },$$

$$\Delta U_2 = \frac{0,144 \cdot 50}{12,8 \cdot 2,5} = 0,225 \text{ },$$

$$\Delta U_3 = \frac{0,072 \cdot 36}{12,8 \cdot 2,5} = 0,081 \text{ }.$$

Оскільки втрати напруги не перевищують допустимі 2,5%, провід залишаємо без змін.

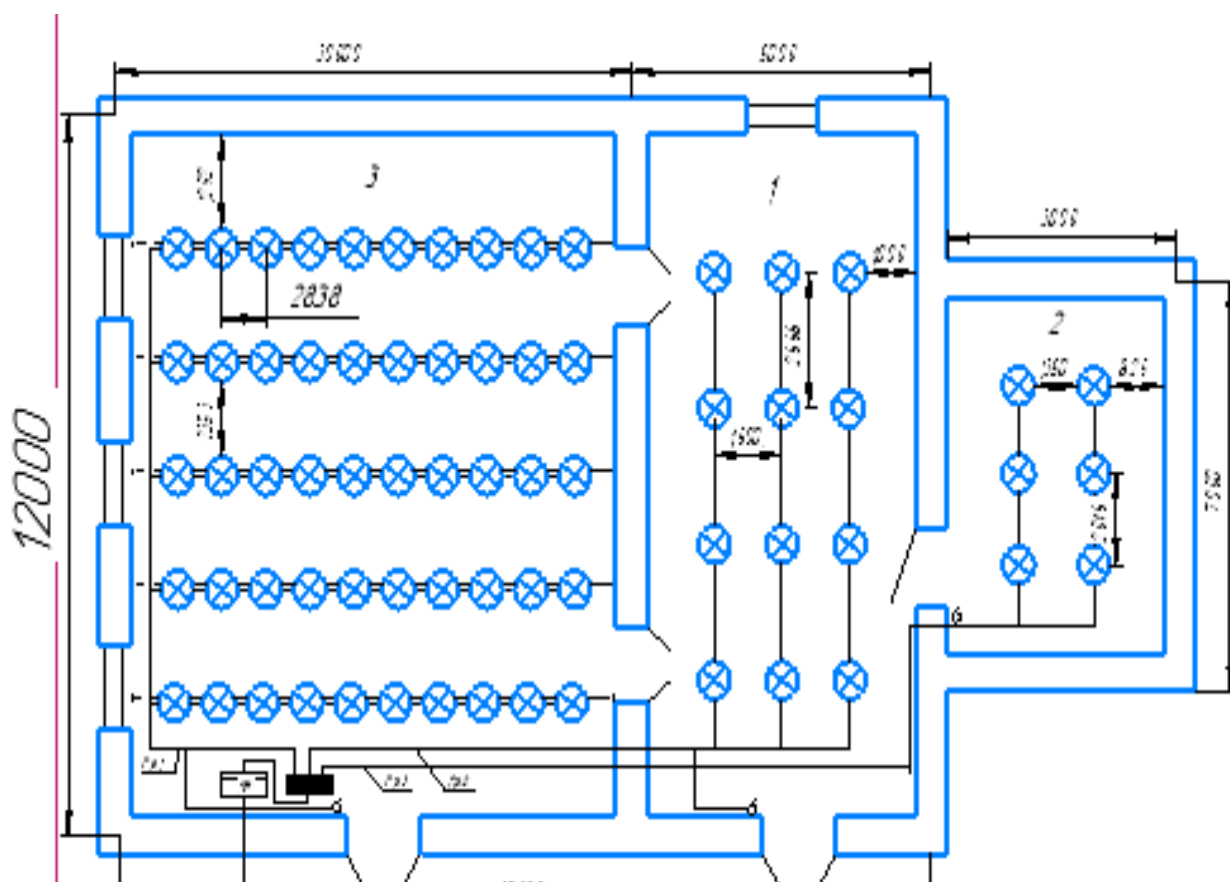


Рисунок 3.5 – Схема освітлювальної мережі з світлодіодними лампами

Розрахунково-монтажна схема освітлювальних проводок із світлодіодними лампами

Номер щитка за планом	$\frac{P, \text{кВт}}{U, \%}$ Тип щитка	Номер групи	Система групи	Захисний апарат		Довжина, м	Тип проводу, кількість і площа перерізу жил, сасіб прокладання	Встановлена потужність, кВт	Втрати напруги, %	Найменування навантаження
				тип	$I_{\text{ном}}, \text{А}$					
ЩО 0505-1218 ППВ(2х2,5) $I_b=3,69\text{А}$		1	A+N	AE1000	6	75	ППВ (2х2,5)	0,6	1,4	Технічне освітлення
		2	B+N	AE1000	4	50	ППВ (2х2,5)	0,144	0,225	Технічне освітлення
		3	C+N	AE1000	2	36	ППВ (2х2,5)	0,072	0,081	Технічне освітлення

Рисунок 3.6 – Схема освітлювальної мережі з світлодіодними лампами

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

Вибір типу електропроводки, марки та способу прокладання проводу або кабелю залежить від призначення будівлі, її архітектурних особливостей, умов навколишнього середовища, характеристик і режиму роботи електроприймачів, а також вимог техніки безпеки та протипожежних норм.

Отже, у приміщеннях з агресивним хімічним середовищем, а також у пожежо- та вибухонебезпечних зонах проводку виконують закритим способом під штукатуркою. У головному приміщенні кабелі прокладають на тросах, а в інших — по стелі.

Площу поперечного перерізу проводу для електропроводки визначаємо за формулою (2.15):

4 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОЧНОГО ВОДОНАГРІВАЧА

4.1 Загальна інформація про електричні водонагрівачі

Проточні електричні водонагрівачі: призначення, типи, переваги та недоліки

Електричні проточні водонагрівачі є сучасними пристроями, які використовуються для миттєвого нагріву води при її проходженні через апарат. Вони широко застосовуються як у побуті, так і в різноманітних виробничих і комунальних сферах, де необхідно швидко отримати гарячу воду без тривалого очікування або великих запасів у накопичувальних баках. Проточні водонагрівачі набувають все більшої популярності завдяки своїй компактності, економічності та зручності експлуатації.

Принцип роботи

Принцип роботи електричних проточних водонагрівачів базується на безперервному проходженні холодної води через нагрівальний елемент, де вона миттєво піддається тепловому впливу і виходить з пристрою вже гарячою. Це дозволяє забезпечити безперервний потік гарячої води, що є важливим для забезпечення комфорту та ефективності роботи в різних сферах.

Нагрівальний елемент, який відповідає за перетворення електричної енергії у теплову, може мати різний конструктивний вигляд залежно від типу водонагрівача. Найпоширенішими є:

- ТЕНи (теплові електричні нагрівачі) — виконані у вигляді металевих трубок, всередині яких проходить електричний струм, що нагріває поверхню та передає тепло воді.
- Електродні водонагрівачі — працюють за принципом пропускання струму через воду між електродами, що нагріває її безпосередньо.

- Індукційні нагрівачі — використовують електромагнітне поле для нагріву води, що робить їх енергоефективними і довговічними.

Типи електричних проточних водонагрівачів

Залежно від конструкції та призначення, електричні проточні водонагрівачі можна класифікувати за кількома ознаками:

1. За типом нагрівального елемента:
 - ТЕНові водонагрівачі — найбільш розповсюджені та прості у використанні.
 - Електродні — компактні та швидкодіючі, проте потребують якісної води.
 - Індукційні — ефективні, але дорожчі у виробництві.
2. За потужністю:
 - Низькопотужні (до 3-5 кВт) — підходять для побутового використання, наприклад, у ванних кімнатах або кухнях.
 - Середньопотужні (5-15 кВт) — застосовуються у малих комерційних об'єктах і майстернях.
 - Високотужні (понад 15 кВт) — використовуються в промислових умовах, на виробництвах і великих об'єктах з високим споживанням гарячої води.
3. За способом встановлення:
 - Настінні — компактні, зручні для монтажу у обмеженому просторі.
 - Підлогові — більші, використовуються там, де є необхідність у великій кількості гарячої води.

Області застосування

Електричні проточні водонагрівачі знайшли широке застосування у багатьох галузях:

- У побуті — для миттєвого забезпечення гарячою водою у ванних кімнатах, кухнях, дачних будинках.

- У виробництві — для технологічних процесів, що потребують нагрівання води у майстернях, цехах.
- У комунальній сфері — у лікарнях, школах, готелях, де необхідна безперервна подача гарячої води.
- На сільськогосподарських підприємствах — для забезпечення гарячою водою різних об'єктів господарства.

Переваги електричних проточних водонагрівачів

1. Компактність і економія простору — відсутність великих накопичувальних баків дозволяє встановлювати пристрої у невеликих приміщеннях.
2. Миттєвий нагрів — вода нагрівається в момент проходження, що зменшує час очікування.
3. Енергоефективність — нагрів здійснюється лише за потребою, що знижує споживання електроенергії.
4. Легкість монтажу і обслуговування — простий пристрій дозволяє швидко встановлювати і мінімізує витрати на обслуговування.
5. Безпека експлуатації — сучасні моделі оснащуються системами захисту від перегріву, витоку струму, перепадів напруги.

Недоліки та обмеження

1. Обмежена пропускна здатність — максимальна кількість гарячої води, що нагрівається, залежить від потужності нагрівача.
2. Вимоги до якості води — електродні водонагрівачі потребують очищеної води, щоб уникнути корозії та відкладень.
3. Необхідність потужної електропроводки — особливо для високопотужних моделей, що може збільшити витрати на встановлення.
4. Можливість коливань температури — при зміні тиску або витрати води температура на виході може коливатися.

Електричні проточні водонагрівачі є ефективним, швидкодіючим і зручним рішенням для забезпечення гарячою водою у різних сферах діяльності. Вони ідеально підходять для об'єктів з обмеженим простором або

для точкового використання гарячої води. Вибір типу і потужності нагрівача має базуватися на конкретних потребах споживача, умовах монтажу та якості води. Попри певні обмеження, переваги цих пристроїв роблять їх популярними та перспективними для модернізації систем електропостачання майстерень, підприємств і побутових об'єктів.

4.2 Монтаж та розрахунок водонагрівача

У проточних водонагрівачах нагрів води відбувається миттєво, адже вода проходить через потужний нагрівальний елемент, потужність якого зазвичай варіюється від 3 до 28 кіловат. Варто спростувати поширену думку про те, що такі пристрої споживають надмірно багато електроенергії. Насправді, за розрахунками, питоме енергоспоживання у них приблизно рівне накопичувальним водонагрівачам, адже основним фактором витрат є різниця температури вхідної та вихідної води, а не час її нагрівання. Проте, через дуже швидкий нагрів, такі пристрої мають вищу потужність.

Через це проточні водонагрівачі вимагають спеціального підключення — трифазного живлення з напругою 380 В, а також встановлення автоматичних вимикачів, лічильників і дотримання відповідних нормативів. Тому перед монтажем обов'язково потрібно звернутися до кваліфікованого електрика для консультації та правильного підбору обладнання.

До основних переваг цих пристроїв належать необмежена кількість гарячої води, що подається у будь-який момент, а також відсутність необхідності у регулярному обслуговуванні. Однак у проточних водонагрівачів є і недоліки: вони не можуть одночасно подавати гарячу воду у декілька точок через обмеження потоку через нагрівальний елемент, а також їхня вода зазвичай тепла, а не дуже гаряча, на відміну від накопичувальних моделей.

Більшість сучасних моделей оснащені регуляторами температури, що дозволяють налаштовувати максимальний рівень нагріву. Для безпечної і надійної роботи важливо правильно встановити водонагрівач, зокрема обрати відповідне місце монтажу та забезпечити дотримання технічних вимог.

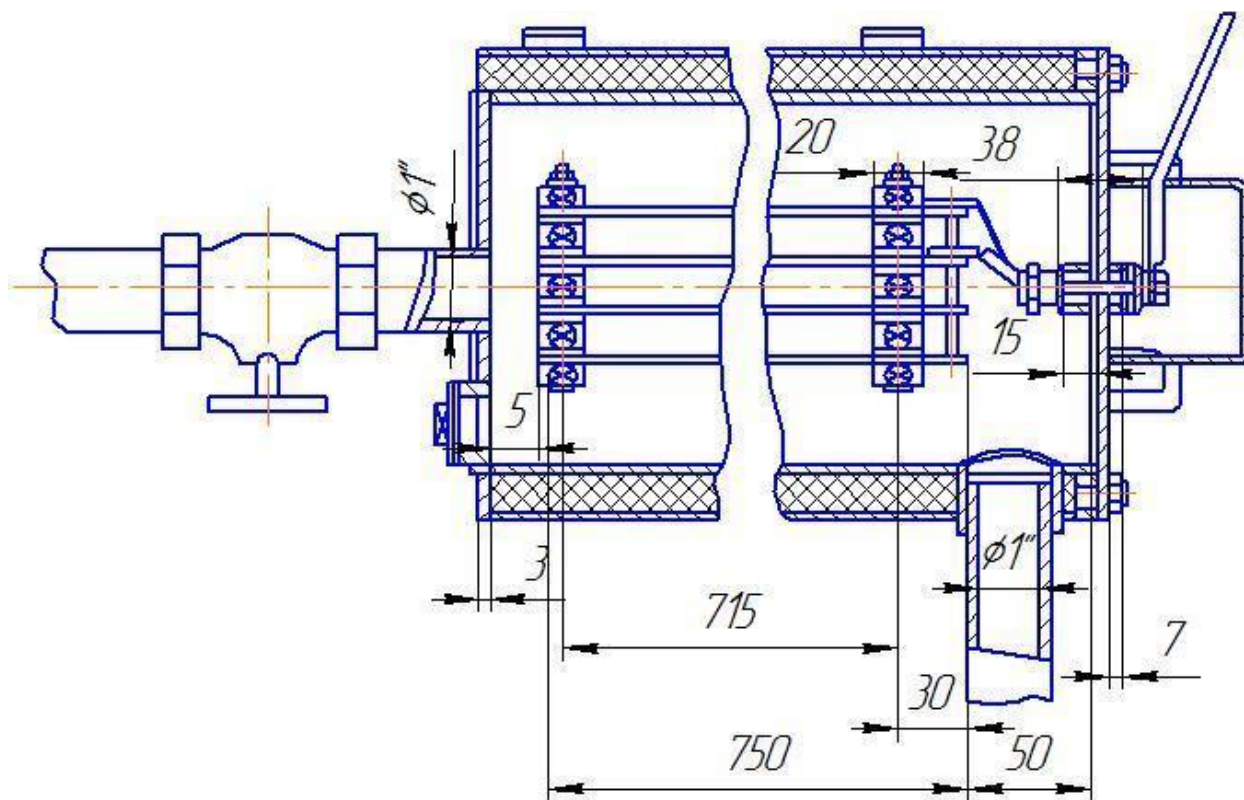


Рисунок.4.1 - Електродний проточний водонагрівач з пластинчастими електродами: 1-корпус, 2-ТЕНи, 3-вентильний кран, 4-запобіжний клапан, 5-кріпильні болти, 6-кришка, 7-ручка, 8-живильний патрубок, 9-вивідний патрубок.

Пластинчастий проточний водонагрівач, який зображений на рисунку розраховують по таким формулам:

Потужність однієї пари електродів:

$$P_1 = \frac{4,19lb\gamma_{y.H}.V(e^{ir} - 1)}{\sim}$$

$$\text{де } i_B = \frac{U_\Phi^2 mL}{4,19l^2 V} i_B = \frac{U_\Phi^2 mL}{4,19l^2 V} .$$

При цьому

$$R = \rho C_B = \frac{\rho l}{L(n-1)b} R = \rho C_B = \frac{\rho l}{L(n-1)b},$$

де n – число пластин в пакеті водонагрівача;

$\rho = \rho_{\text{ср}}$ – при сталому режимі. Відмітимо, що в цьому випадку розрахункове значення $R = R_{\text{тх}}^{\circ} \approx \text{const.}$

Користуючись цими співвідношеннями, знаходять конструктивно зручні розміри електродів.

4.3 Підключення водонагрівача до системи водопостачання

При звичайному способі підключення водонагрівач функціонує під тиском, який формується тиском у водопровідній мережі.

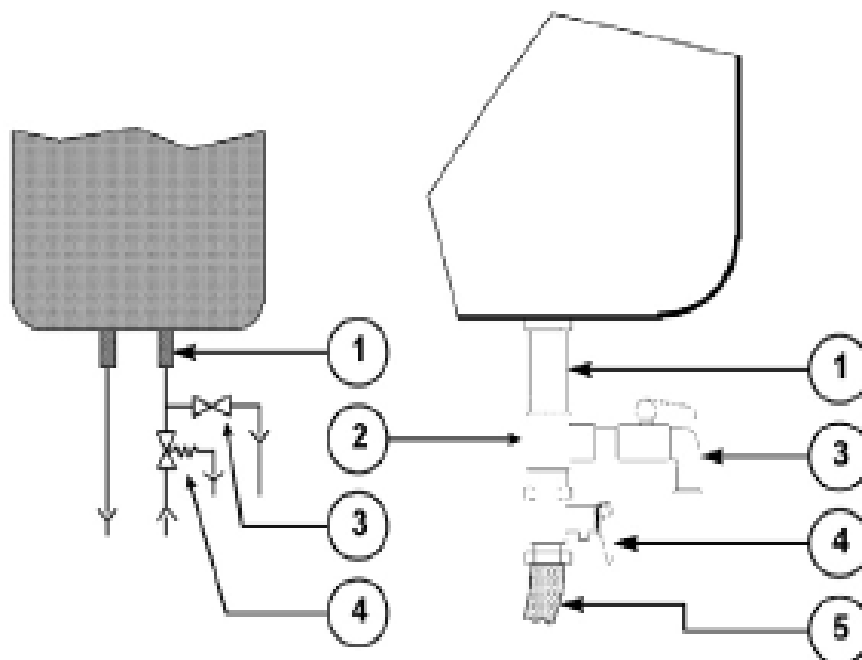


Рисунок.4.2 - Схема стандартного підключення водонагрівача до мережі водопостачання.

Умовні позначки на мал. 3.2.:

(1) - Вхід холодної води (синє кільце)

- (2) - Трійник
- (3) - Зливний кран
- (4) - Запобіжний клапан
- (5) - Приєднання до водогінної мережі

Підключення вхідної труби водонагрівача до системи водопостачання здійснюється через запобіжний клапан (позначений як позиція 4 на малюнку 1), який входить у комплект пристрою. Для зручності обслуговування рекомендується встановити між вхідною трубою і клапаном трійник із приєднаним краном (поз. 3 на малюнку 1) для зливу води з водонагрівача. Щоб уникнути випадкового відкриття, кран краще зробити таким, що відкривається лише спеціальним ключем.

Під час загвинчування клапана важливо не прикладати надмірних зусиль, щоб не пошкодити пристрій. Запобіжний клапан виконує дві основні функції: забезпечує пропускання води тільки в одному напрямку (функція зворотного клапана) і при тиску понад 8 бар випускає надлишок води через бічний отвір, який налаштований на цей поріг.

Поява крапель води з отвору клапана під час нагрівання — це нормальне явище, спричинене розширенням води в баку. Рекомендується підключити цей отвір до дренажної системи за допомогою гнучкої трубки. Закривати отвір клапана категорично заборонено!

Якщо тиск у водопровідній мережі перевищує 5 бар, після лічильника слід встановити редуктор тиску для захисту системи.

4.4 Підключення водонагрівача до електромережі

Електрична принципова схема водонагрівача наведена на малюнку. Вона передбачає захист нагрівальних елементів від коротких замикань за допомогою запобіжників FU1 і FU2, регулювання температури через датчики

SK1 і SK2 та проміжні реле KV1 і KV2, а також індикацію роботи нагрівачів за допомогою сигнальних ламп HL1 і HL2.

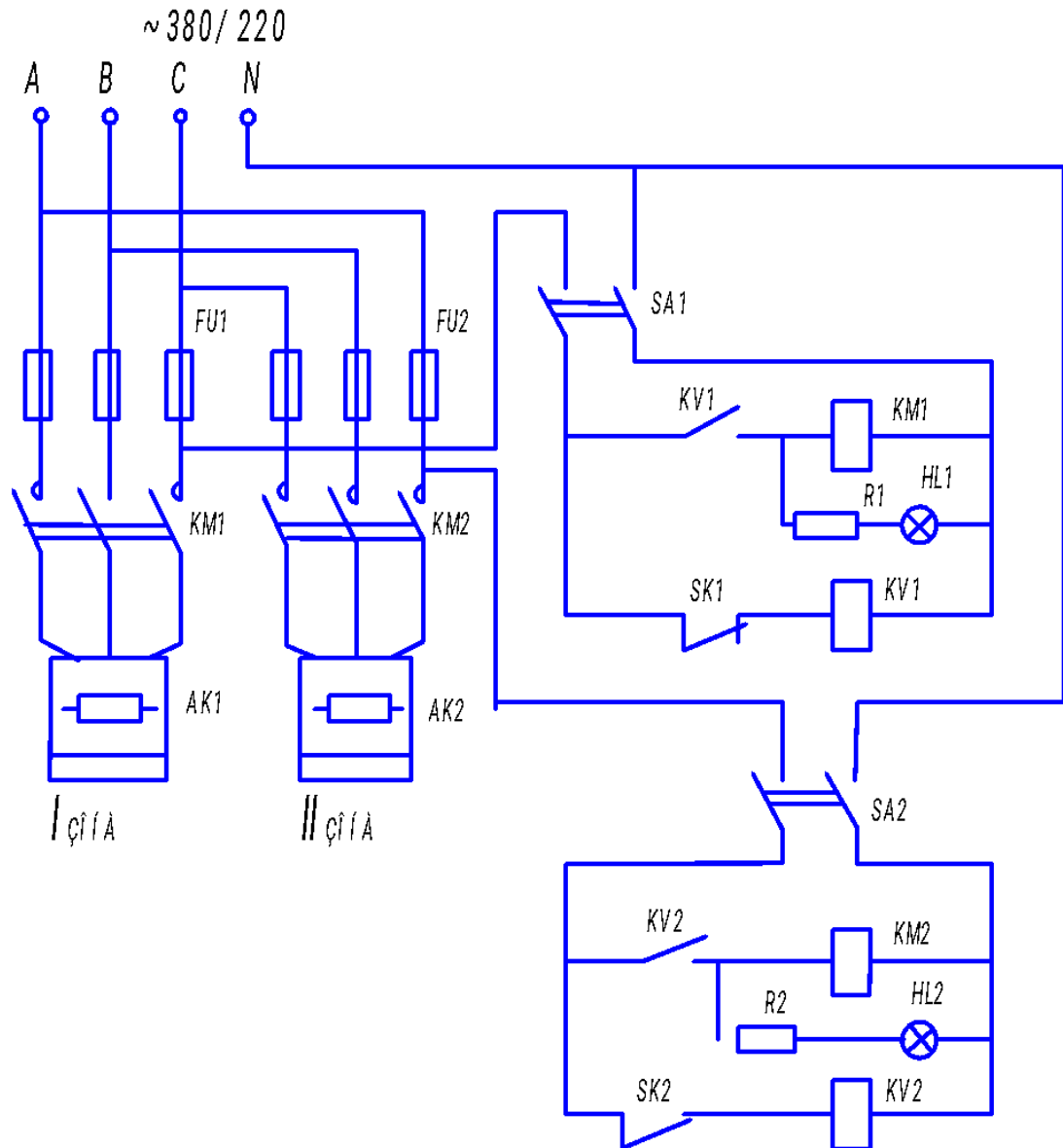


Рисунок 4.3 - Принципова електрична схема управління роботою водонагрівника: FU1 і FU2 — запобіжники; KM1 і KM2 — магнітні пускачі; AK1 і AK2 — ТЕНи I і II зон; KV1 і KV2 — проміжні реле; SA1 і SA2 — вимикачі; SK1 і SK2 — датчики температури; HL1 і HL2 — сигнальні лампи.

Водонагрівач може працювати у трьох режимах:

- У форсованому режимі одночасно увімкнені верхня (II) і нижня (I) зони (вимикачі SA1 і SA2 замкнені).
- У режимі акумуляції активна тільки нижня (I) зона (SA1 замкнений, SA2 розімкнений).

- У режимі розігрівання включена лише верхня зона, що відповідає приблизно 25% від загальної ємності (SA2 замкнений, SA1 розімкнений).

У водонагрівачі УАП-1600 схема управління дещо відрізняється: нагрівачі зони I поділені на дві групи, кожна з яких керується окремим магнітним пускачем.

В моделях УАП-100, УАП-300 та УАП-400 нагрівачі другої зони (II) відсутні, тому схема управління включає лише ту частину, що зображена на малюнку 1.6 і активується вимикачем SA1.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

5.1 Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій на виробництві

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій.

Слід зауважити, що поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, що зображують процеси протікання (перебігу) випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. Статистично залежні події — це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо жодна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні — послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) подій.

Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання в галузях сільського господарства, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій. Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо вжити обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

5.2 Пожежна безпека

Керівники підприємств несуть відповідальність за пожежну безпеку приміщень та обладнання теплових установок і теплових мереж, а також за наявність та справний стан первинних засобів пожежогасіння.

Облаштування та експлуатація тепловикористовуючих установок і теплових мереж повинні відповідати вимогам правил пожежної безпеки. Усі споруди та устаткування повинні бути обладнані мережею протипожежного водопостачання, засобами виявлення та гасіння пожежі відповідно до вимог НД.

Персонал повинен виконувати вимоги інструкцій з пожежної безпеки та встановлений на підприємстві протипожежний режим експлуатації теплових установок і теплових мереж, не допускати особисто та зупиняти дії інших осіб, які можуть призвести до займання та пожежі.

Персонал, який обслуговує теплові установки і теплові мережі проходить протипожежний інструктаж, заняття з пожежотехнічного мінімуму, участь у протипожежних тренуваннях.

Враховуючи особливості експлуатації теплових установок і теплових мереж, на підприємстві встановлюється протипожежний режим та впроваджуються протипожежні заходи, які забезпечують безпечну експлуатацію, а також опрацьовується оперативний план пожежогасіння.

Зварювальні та інші вогнебезпечні роботи, в тому числі ремонтні, монтажні та інші, які здійснюються підрядними організаціями, повинні виконуватися згідно з вимогами правил пожежної безпеки та з врахуванням особливостей пожежної безпеки теплових установок і теплових мереж.

Наказом керівника підприємства призначаються особи, відповідальні за пожежну безпеку окремих територій, будівель, споруд, приміщень, ділянок тощо. Розробляється та затверджується інструкція щодо заходів з пожежної безпеки та план (схема) евакуації людей у разі виникнення пожежі на теплових установках і теплових мережах та схема сповіщення людей про виникнення пожежі; створюється пожежотехнічна комісія та пожежні формування на добровільних засадах.

По кожному випадку пожежі або займання на теплових установках і теплових мережах проводиться розслідування комісією, яка створюється керівником підприємства. Результати розслідування оформляються актом. При розслідуванні встановлюються причина та винуватці виникнення пожежі (займання). За результатами розслідування розробляються і впроваджуються протипожежні заходи.

5.3 Розробка заходів щодо захисту цивільного населення

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань не лише підприємства, але й цілої держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатися як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів.

Зовнішні загрози безпосередньо пов'язані з безпекою життєдіяльності населення і держави у разі розв'язання сучасної війни або локальних збройних конфліктів, виникнення глобальних техногенних екологічних катастроф за межами України, які можуть спричинити негативний вплив на населення та територію держави.

Внутрішні загрози пов'язані з надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру або можуть бути спровоковані терористичними діями.

Принципи захисту впливають з основних положень Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо

створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводитися спеціальний комплекс заходів.

Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості.

Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

6.ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі ставимо за мету порівняти ціни на експлуатацію ламп які були використанні в даній роботі.

Таблиця 6.1 - Типи ламп та їхні ціни при відповідних потужностях

Тип лампи	Модель лампи	Потужність, Вт	Кількість, штук	Термін служби, год	Ціна, грн/од.
Жарівки	Б-220-225-150	150	10	1000	30
	Б-220-100	100	6	1000	16
	Б-220-200	200	27	1000	32
КЛЛ	Spiral 15w/840	15	18	10000	38
	Spiral 12w/840	12	10	10000	35
	High lumen 42w/840	42	24	10000	150
Світлодіодні	Maxus A65 12w	12	12	30000	115
	Maxus A65 12w	12	6	30000	115
	Maxus A65 12w	12	50	30000	115

Для спрощення розрахунків та більшої наочності розрахуємо експлуатаційні затрати ламп для 30000год.

Розрахунок витрат на електроенергію

$$Q = \sum (P \cdot 10^{-3} \cdot K) \cdot S \cdot E, \text{ грн.} \quad (6.1)$$

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

Е– ціна 1кВт/год. електроенергії ($E = 9$), грн.

Для ламп розжарення:

$$Q = (150 \cdot 10^{-3} \cdot 10 + 100 \cdot 10^{-3} \cdot 6 + 200 \cdot 10^{-3} \cdot 27) \cdot 30000 \cdot 9 = 2025000 \text{ грн.}$$

Для компактно люмінесцентних ламп:

$$Q = (15 \cdot 10^{-3} \cdot 18 + 12 \cdot 10^{-3} \cdot 10 + 42 \cdot 10^{-3} \cdot 24) \cdot 30000 \cdot 9 = 377460 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:

$$Q = (12 \cdot 10^{-3} \cdot 12 + 12 \cdot 10^{-3} \cdot 6 + 12 \cdot 10^{-3} \cdot 50) \cdot 30000 \cdot 9 = 220320 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на купівлю ламп

Розрахуємо ціну придбання ламп які будуть використанні протягом 50000 годин:

$$C = \frac{\sum (K \cdot M) \cdot S}{T}, \text{ грн} \quad (6.2)$$

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

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

SS– термін використання (30000), год;

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

Для ламп розжарення:

$$C = (10 \cdot 30 + 6 \cdot 16 + 27 \cdot 32) \cdot 30 = 37800 \text{ грн}$$

Для компактно люмінесцентних ламп:

$$C = (18 \cdot 38 + 10 \cdot 35 + 24 \cdot 150) \cdot 3 = 13902 \text{ грн}$$

Для світлодіодних ламп:

$$C = (68 \cdot 115) \cdot 1 = 7820 \text{ грн}$$

Загальні витрати на лампи

$$Z = C + Q, \text{ грн.} \quad (6.3)$$

Для ламп розжарення:

$$Z = 37800 + 2025000 = 2062800 \text{ грн.}$$

Для КЛЛ:

$$Z = 13902 + 377460 = 391460 \text{ грн.}$$

Для світлодіодних ламп:

$$Z=7820+220320=228140\text{грн.}$$

Для порівняння проведених розрахунків заносимо результатив таблицю

Таблиця 6.2 - Економічна оцінка

	Лампи розжарення	КЛЛ	Світлодіодні Лампи
Кількість, шт.	43	52	68
Потужність, кВт			
Вартість, грн.	37800	13902	7820
Термін служби, год	1000	10000	30000
Витрати на експлуатацію протягом 30000 год, грн	2025000	377460	220320
Загальні витрати	2062800	391460	228140
Економічний ефект, грн	-	1671340	1842480

ВИСНОВКИ

У цій роботі було проведено розрахунок силової мережі, а також виконано аналіз освітлення з використанням різних типів ламп: ламп розжарювання, компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) та світлодіодних ламп. Після розрахунку силової мережі для обладнання були підібрані відповідні кабелі та пуско-захисна апаратура.

Результати розрахунку освітлювальної мережі дозволили оцінити доцільність застосування різних видів ламп. Як видно з розділу 6, загальні витрати на світлодіодних ламп виявилися найнижчими — 228140 грн за 30 000 годин, у той час як для ламп розжарювання вони складають 2062800 грн, а для КЛЛ — 391460 грн. Економічний ефект від використання світлодіодних ламп становить 228140 грн, а КЛЛ — 1671340 грн.

Беручи до уваги, що світлодіодних ламп споживають на 80% менше електроенергії порівняно з лампами розжарювання, мають термін служби приблизно у 30 разів більший, випромінюють світло аналогічної якості та мають вищий коефіцієнт корисної дії, рекомендуємо для освітлення цієї майстерні застосовувати саме компактні світлодіодних ламп.

Список джерел посилання

1. Алексєєв 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 ". Київ, 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.