

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**  
(повне найменування вищого навчального закладу)  
**Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії**  
(назва факультету)  
**Кафедра електричної інженерії**  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

## бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка системи автоматичного керування освітленням технологічних приміщень**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЕТзс-42  
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Бандрівська М. А.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Оробчук Б. Я.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Вакуленко О. О.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Тарасенко М. Г.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021



Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 08 » лютого 2021 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(цифр і назва спеціальності)

студентці Бандрівській Маріанні Анатоліївні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматичного керування освітленням технологічних приміщень

Керівник роботи Оробчук Богдан Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » січня 2021 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Схема електропостачання та розміщення електрообладнання, схеми електропостачання та живлення споживачів, дані розподілу встановленої потужності та споживання електроенергії на підприємстві, результати атестації робочих місць за умовами праці

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

1. Однолінійна схема приєднання електрообладнання 1л. ф – А1

2. Схеми електропостачання та живлення споживачів 1л. ф – А1

3. Функціональна схема системи керування освітленням підприємства 1л. ф – А1

4. Структурна схема системи освітлення підприємства 1л. ф – А1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О. Я., <del>к.т.н.</del> , доцент		

7. Дата видачі завдання 08 лютого 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2021	
2	Аналітичний розділ	28.02.2021	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2021	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2021	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2021	
6	Висновки	10.06.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2021	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2021	

Студент

---

(підпис)

Бандрівська М. А.

---

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

---

(підпис)

Оробчук Б. Я.

---

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Бандрівська Маріанна Анатоліївна. Розробка системи автоматичного керування освітленням технологічних приміщень.

Стор.– 62; рис. - 16; табл. - 7; креслень - 4; джерел - 37; додатків - 0.

У кваліфікаційній роботі розглянуто та проаналізовано систему електропостачання мебельної фабрики ТОВ «Меркурій».

Мета кваліфікаційної роботи полягає у розробці автоматизованої системи управління освітленням виробничих приміщень мебельної фабрики. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів і загальних висновків.

У вступі визначено актуальність роботи, об'єкт, предмет, мету і завдання, практична значимість роботи.

У першому розділі виконано порівняльний аналіз різних типів джерел освітлення та розглянуто варіанти побудови систем керування освітленням. У другому розглянуто систему електропостачання ТОВ «Меркурій», проведено розрахунок системи освітлення підприємства та економічної ефективності проекту. У третьому розділі розглянуті варіанти побудови автоматизованих систем управління системою освітлення та детальний опис запропонованої системи управління системою освітлення підприємства. У четвертому розділі розглянуті основні аспекти охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі в електроустановках.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ДЖЕРЕЛА ОСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, БЛОК УПРАВЛІННЯ РЕЛЕ, ПРИСТРІЙ ЗБОРУ І ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ, СЕРВЕР ЗБОРУ І ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Бандрівська М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Оробчук Б.Я.					
Н. Контр.		Вакуленко О.О.			РЕФЕРАТ ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42		
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Порівняльний аналіз різних типів джерел освітлення	7
1.2 Варіанти побудови систем керування освітленням	14
1.3 Висновки до розділу 1	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Аналіз діяльності підприємства та схеми електропостачання	16
2.2 Схема електропостачання та розміщення електрообладнання	18
2.3 Розрахунок системи освітлення об'єкту	21
2.4 Розрахунок економічної ефективності проекту	26
2.5 Висновки до розділу 2	33
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Вибір схеми систем освітлення	35
3.2 Складові елементи системи керування освітленням	37
3.3 Вибір офісних світильників	37
3.4 Вибір блоку управління реле та пристрою збору і передачі даних	39
3.5 Сервер збору і обробки інформації та структура системи	43
3.6 Висновки до розділу 3	49
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	50
4.1 Заходи безпеки в електроустановках напругою до 1000 В	50
4.2 Розрахунок грозозахисту цеху нестандартних меблів	52
4.3 Захист персоналу у діючих електроустановках	55
4.4 Висновки до розділу 4	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Бандрівська М.		
		Оробчук Б.Я.		
		Вакуленко О.О.		
		Тарасенко М.Г.		
<b>ЗМІСТ</b>				
			Літ.	Арк.
			ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42	Аркушів

## ВСТУП

Економія електроенергії або енергозбереження представляє собою реалізацію правових, організаційних, виробничих, наукових, технічних та економічних заходів, які спрямовані забезпечення ефективного та раціонального використання, а також економного витрачання паливних енергетичних ресурсів з метою залучення в господарську діяльність поновлюваних джерел енергії.

На даний час, коли швидко розвивається мікроелектроніка, схемотехніка, зростає виснаження енергетичних ресурсів на території всієї земної кулі, проблема енергозбереження стає першочерговою задачею економічної політики кожної держави.

Головними пріоритетами політики енергозбереження можна вважати:

1. Впровадження державної політики в галузі енергозбереження.
2. Проведення державного моніторингу щодо раціонального використання теплової і електричної енергії, різних видів палива.
3. Зростання ефективності використання енергетичних компонентів в результаті застосування сучасних енергозберігаючих технологій, обладнання, приладів і матеріалів, а також утилізації вторинних енергетичних ресурсів.
4. Розробка структурної схеми перебудови сфер економіки та промисловості.

З метою дотримання економного використання електроенергії необхідно, щоб усі підприємства, що пов'язані з розробкою електронних пристроїв, проектуванням різноманітного обладнання для реалізації в масове виробництво працювали у такому режимі, при якому споживається найменша кількість електричної енергії. Для цього зазвичай здійснюються заходи щодо

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Бандрівська М.						
Керівник		Оробчук Б.Я.					6	2
Н. контр.		Вакуленко О.О.			ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42			
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

виконання мініатюризації деяких елементів з метою комбінування їх у єдині блоки невеликих розмірів. Це, в свою чергу, дозволяє зекономити електричну енергію за рахунок використання для живлення скомбінованих блоків тільки одного джерела живлення, а не по одному для кожного з елементів. На різних технічних виставках і спеціалізованих форумах ці підприємства пропонують свої нові розробки в галузі енергозберігаючого обладнання.

На даний час найбільш розповсюдженим способом економії електричної енергії є підвищення ефективності за рахунок впровадження сучасних технологій і мікропроцесорної техніки в галузі автоматизації приміщень.

Підсумовуючи перераховані вище заходи, можна зробити висновок, що проблема підвищення енергетичної ефективності є достатньо потрібною в даний час, що робить тему кваліфікаційної роботи «Розробка системи автоматичного керування освітленням технологічних приміщень» актуальною.

Об'єктом дослідження є системи електропостачання ТОВ «Меркурій», яке знаходиться в м. Червоноград Львівської області.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи керування освітленням технологічних приміщень.

Таким чином, в результаті роботи над темою кваліфікаційної роботи були вирішені такі завдання:

- розглянуто систему електричного постачання підприємства;
- виявлено та вказано на основні недоліки системи електричного постачання;
- проведено дослідження та аналіз різних джерел освітлення;
- розглянуто стандартні варіанти побудови системи керування освітленням;
- розроблено структурну схему автоматизованої системи керування освітленням;
- визначено економічний ефект від впровадження розробленої системи керування.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Порівняльний аналіз різних типів джерел освітлення

На даний час системи автоматичного керування ввімкненням, вимкненням різних типів світильників, включаючи автоматичне регулювання освітленості, а також енергоощадних джерела світла отримали масове застосування. Аналізуючи зарубіжний досвід, можна сказати, що застосування автоматизації освітлення дозволяє знизити енергоспоживання на 40-50% [2]. В Україні налагоджено виробництво та розвиток електромагнітних і електронних пускорегулювальних апаратів для живлення люмінесцентних ламп, енергоощадних ламп і різноманітної освітлювальної арматури, обладнання автоматичного керування освітленням, зокрема фотореле, обладнання регулювання світлового потоку, інфрачервоних датчиків і ін. [3-6].

На сучасному етапі налагоджено випуск різних джерел світла, характеристики яких приведено в табл. 1.1. Аналіз даних таблиці свідчить про те, що лампи розжарювання володіють в два і більше разів нижчою ефективністю, ніж інші лампи. Можливу економії енергії можна визначити вибором джерел світла. З появою в минулому столітті електронних пускорегулювальних апаратів (ЕПРА) стало можливим створення відносно енергоощадних світильників з компактними люмінесцентними лампами (КЛЛ).

Зменшення витрат електричної енергії та підвищення коефіцієнта корисної дії лампи виникає в результаті підвищення напруги живлення з частотою 20 кГц. Якщо застосувати багаторазове збільшення світловіддачі поверхні освітлювального приладу, то це дозволить змен-

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Бандрівська М.						6	2
Керівник	Оробчук Б.Я.							
Н. контр.	Вакуленко О.О.							
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.							
						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		



шити його габарити. Термін служби лампи становить приблизно 9000 годин. Компактна освітлювальна лампа потужністю 10 Вт дозволяє забезпечити освітленість аналогічну звичайній лампі розжарювання, яка має потужність 50 Вт. Термін окупності компактних люмінесцентних ламп коливається в межах від 1 до 2 років. Також, крім заміни джерел світла, існують й інші способи підвищення економії енергії під час використання освітлювальних установок.

Таблиця 1.1 - *Характеристики джерел освітлення*

Тип джерела світла	Маркування	Світло-віддача, лм/Вт	Термін служби, год
Лампи розжарювання	ЛН	10–20	1100
Галогенні лампи розжарювання	КГ	15–25	2100
Ртутно–вольфрамові лампи	РВЛ	25–5	6100
Ртутні лампи високого тиску	ДРЛ	35–55	12100
Натрієві лампи високого тиску	ДНаТ	95–130	12100
Металогенні лампи високого тиску	ДРИ	70–90	12100
Люмінесцентні лампи низького тиску	ЛБ	65–90	11000
Люмінесцентні лампи низького тиску з покращеною передачею кольору	ЛБЦТ	75–100	11000
Компактні люмінесцентні лампи низького тиску	КЛЛ	65–75	9100
Натрієві лампи низького тиску	ДНаО	130–180	12100
Світлодіодні лампи	СЛ	70-100	51000

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економія електричної енергії зазвичай залежить від поєднання і розміщення світлових джерел і самих світильників. При використанні, наприклад, однієї значно потужної лампи розжарювання або люмінесцентної лампи можна зменшити споживання електричної енергії без зниження освітленості.

Отримати суттєву економію електричної енергії можна при продуманому поєднанні загального і місцевого (локального) освітлення на комп'ютерному столі, в кімнаті для перегляду телевізійних програм, в передпокої біля дзеркала і інших місцях.

Необхідно передбачити можливість ввімкнення деякої частини ламп в світильниках, автоматичного відімкнення освітлення при виході з квартири, використовувати останні розробки енергоощадних ламп. Серед великого різноманіття існуючих світильників економічна суть енергозбереження доволі часто не береться до уваги конструкторами. Витрата електричної енергії на освітлення може бути зменшена на 20-30% за рахунок заміни застарілих ламп розжарювання сучасними люмінесцентними лампами, застосування раціонального освітлення в кімнатах і правильного використання світильників.

Також ефективним способом є пакетне розміщення світильників замість лінійного способу розміщення. При лінійному способі освітлювальна арматура розміщується у вигляді окремих ліній, а при пакетному - над робочим місцем розташовують декілька світильників. Практичний досвід показав, що при одному і тому ж рівні освітленості робочого місця при застосуванні пакетного способу потрібно в 2 рази менше світильників. Використання комбінованого загального і локального освітлення, штучного і природного освітлення може зменшити споживання електричної енергії. Відповідно до обмежень що дискомфорту освітлення не можна застосовувати тільки локальне освітлення робочих місць. Це освітлення потрібно неодмінно доповнювати загальним освітленням зі зменшеною освітленістю.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Постійне протирання скла ламп дозволяє зменшити тривалість використання ламп при двозмінній роботі підприємства на 10-15% в зимовий період і на 85-90% - в літній час. Правильний підхід до вибору типу світильника, його потужності і місця монтажу дозволяє економити 45-55% електричної енергії, яка витрачається на освітлення [7].

Значно економічними джерелами світла є люмінесцентні лампи. Лампи цього типу характеризуються сприятливим світлом випромінювання. Люмінесцентне освітлення надає можливість створити сприятливі умови для відпочинку, дозволяє знизити стомлюваність, а також сприяє підвищенню продуктивності праці. За кольором випромінювання люмінесцентні лампи поділяються на:

- 1) ЛБ - лампи білого світла;
- 2) ЛД - лампи денного світла;
- 3) ЛДЦ - лампи денного світла з виправленою кольоровістю;
- 4) ЛХБ - лампи холодно-білого світла;
- 5) ЛТБ - лампи тепло-білого світла, які володіють явно вираженим рожевим відтінком.

З вище перерахованих люмінесцентних ламп найбільш економічними і універсальними вважають лампи білого світла. Вони дозволяють забезпечити значно кращу передачу кольору у порівнянні з лампами розжарювання і за кольоровістю відтворюють аналог сонячного світла, відбитого хмарами. Застосування зазначених ламп є доцільним в дитячих кімнатах для підготовки домашніх шкільних завдань, а також при виконанні креслярських робіт.

До основних характеристик люмінесцентних ламп варто віднести ту особливість, що їхній світловий потік є більшим у порівнянні з лампами розжарювання. Термін служби таких ламп становить біля 5000 год.

З метою економії електричної енергії можна також встановлювати в кімнатах подвійні вимикачі, що дозволяє при необхідності вмикати світильники повністю або частково. Наприклад, настільна лампа з

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лампочкою потужністю 30 Вт дозволяє отримати кращу освітленість на робочому столі, ніж від світильника з 3-5 лампами загальною потужністю 180-300 Вт. При цьому отримуємо подвійний вигаш: бережемо зір і енергію. Також з точки зору енергозбереження є доцільним застосування пристрою плавного ввімкнення світла. Варто відмітити, що компактні люмінесцентні лампи споживають електроенергії в 65 раз менше в порівнянні з лампами розжарювання, приймаючи до уваги однакову освітленість. На даний час на ринку присутні компактні люмінесцентні лампи, які споживають електричної енергії в шість раз менше, а можуть безперервно світити у 8 раз довше (8000 годин) у порівнянні зі звичайними лампами.

При виконанні освітлення сходових майданчиків і коридорів в сучасних будинках на даний час встановлюють реле часу або автоматичні вимикачі з витримкою часу. Далше, в залежності від організації контролю за справністю роботи цих приладів зі сторони ОСББ і його мешканців в значній мірі буде залежати економна витрата електричної енергії в місцях загального користування.

Якщо взяти до уваги переваги, якими володіють світловипромінювальні діоди (СВД) у порівнянні з класичними лампами, то можна упевнено заявити, що впровадження нових типів освітлювальних приладів на базі світловипромінювальних діодів повинно стати сучасним технологічним кроком у світлотехніку.

У вітчизняній промисловій світлодіоди вперше стали використовувати за часів Радянського Союзу (кінець 60-х - початок 70-х рр). Правда, тоді вони не володіли необхідною для освітлювальних приладів світловою віддачею, мали невеликий ресурс та не мали звичного білого кольору. Це пояснюється тим, що на той час ще не було необхідних матеріалів і, відповідно, з цих причин робота над розробкою та випуском світловипромінювальних діодів у нас була призупинена.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За кордоном у цей час подібні роботи здійснювалися в інтенсивному темпі, в результаті було розроблено новий матеріал - нітрид галію на сапфірі, який дозволив отримати світіння білого кольору. В цьому плані варто відмітити особливі успіхи японської фірми *Nichia* та інших компаній цієї галузі, яким вдалося розробити п'ять технологічних етапів для організації процесу виготовлення світильників:

- вирощування кристалів сапфіру за методом Кіропулоса;
- механічна обробка кристалів сапфіру - різання, шліфування та полірування пластин;
- нарощування нітриду галію (епітаксія) на полірованих основах сапфіру (метод газотранспортних реакцій);
- виготовлення на нарощених структурах чіпів світлодіодів (метод електронної літографії);
- збирання світлодіодів у корпус (складальне виробництво).

Варто відзначити, що зараз в загальному масштабі кристали світлодіодів отримали масове виробництво і кожного року сумарний приріст об'ємів їх випуску зростає на 40-50%. За результатами досліджень минулих років видно, що світовий ринок світлодіодів досяг 40-45 млрд дол [8].

Уже сьогодні у виробництво запущено цілу серію освітлювальних приладів, які мають ідентичні цоколі з лампами розжарювання потужністю від 50 до 110 Вт, з енергоспоживанням 3-12 Вт. Суттєво розширено сфери, да в даний час можуть бути використані такі прилади, тобто ми ведемо мову про фактичну можливу заміну існуючих ламп розжарювання і люмінесцентних ламп світильниками на світловипромінювальних діодах [9].

Основні переваги ламп на світловипромінювальних діодах:

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

- мале енергоспоживання - в 10-15 раз нижче у порівнянні зі звичайними лампи розжарювання та на 25-30% нижче за енергоощадні люмінесцентні лампи;

- ці лампи на не потребують особливої системи утилізації, екологічно нешкідливі, мають відносно малі розміри;

- володіють пожежо- і вибухобезпечністю;

- мають повну колірну гамму випромінювання;

- мають високий коефіцієнт корисної дії. Правда, вони трохи уступають за цим параметром натрієвим газорозрядним лампам, але останні через низьку якість світла непридатні для освітлення житлових приміщень;

- володіють високою механічною міцністю та вібростійкістю;

- надзвичайно довгий термін роботи (до 100 тис. год), але при тривалій роботі та поганому охолодженні відбувається «руйнування» кристала і поступове падіння його яскравості;

- спектр сучасних люмінофорних діодів подібний до спектра люмінесцентних побутових ламп. Це пояснюється тим, що в цих світлодіодах також є люмінофор для перетворення ультрафіолетового або синього випромінювання в видиме з якісним спектром;

- мають малу інерційність;

- володіють малим кутом випромінювання (як перевага, так і недолік);

- є доволі безпечними - не потрібні застосовувати високі напруги;

- світлодіоди нечутливі до низьких і наднизьких температур, хоча високі температури є для них критичними.

Основні недоліки ламп на світловипромінювальних діодах:

- висока ціна (може бути в 50 - 100 разів більшою, ніж у звичайної лампи розжарювання);

- мають низьку граничну температуру: для потужних освітлювальних світлодіодів потрібні зовнішні радіатора для охолодження, так як вони мають невдале співвідношення своїх розмірів до теплової потужності, що виділяється (є дуже маленькими) та не можуть розсіяти ту кількість

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тепла, яку виділяють (навіть при урахування більш високого коефіцієнт корисної дії, ніж у ламп розжарювання). Наприклад, для освітлювального світлодіода потужністю 10 Вт потрібен пасивний радіатор розміром як у комп'ютерного мікропроцесора без вентилятора. Такий великий радіатор приводить до високої ціни конструкції і важко вписується у формат сучасних побутових освітлювальних приладів;

- для живлення світловипромінювального діода від мережі живлення використовують низьковольтне джерело живлення постійного струму, яке також має радіатором, і що, в свою чергу, додатково збільшує розмір світильника. Наявність джерела живлення додатково знижує загальну надійність та вимагає його додаткового захисту. Відповідно, більшість розробників таких світильників встановлюють випрямляч, а світлодіоди включають послідовно;

- присутній високий коефіцієнт пульсацій світлового потоку, коли живлення здійснюється безпосередньо від мережі промислової частоти без згладжуючого конденсатора. Тому застосовують конденсатор для зменшення пульсацій;

- дешевий масовий сегмент LED має світловіддачу 70-110 лм/Вт;

- спектр світлодіода відрізняється від сонячного.

## 1.2 Варіанти побудови систем керування освітленням

Якщо підходити з точки зору організації енергоощадної системи освітлення, типи приміщень можна умовно поділити на три категорії [10-13]:

- житлові будинки багатоквартирні;
- торговельні будівлі, офісні і виробничі приміщення;
- котеджі та приватні житлові будинки.

Для кожної з вищеперерахованих категорій існує можливість розробити типову схему функціонування системи енергозберігаючого

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

світлодіодного освітлення, яка складається з обладнання запропонованого комплексу, що дозволяє досягти необхідних характеристик освітлення і енергетичної ефективності з мінімальними витратами, беручи до уваги вартість обладнання та монтажних робіт.

Базовою основою побудови системи енергозберігаючого світлодіодного освітлення служать світлодіодні світильники, керування якими здійснюється провідними або безпроводними лініями зв'язку за допомогою спеціально розроблених керуючих програм і панелей місцевого управління, з використанням, при необхідності, ретрансляторів або модемів стільникового зв'язку, а також мережі Internet.

### 1.3 Висновки до розділу 1

В сьогоденних умовах розвитку економічного і технологічного прогресу досить широке застосування знаходять системи автоматичного керування ввімкненням, вимкненням світильників та автоматичного регулювання рівня освітленості, а також енергоощадних джерела світла. Зарубіжний досвід та виконаний огляд літературних джерел показує, що автоматизація освітлення дозволяє знизити енергоспоживання на 35-50%. В Україні налагоджено виробництво та розвиток електромагнітних і електронних пускорегулювальних апаратів для живлення люмінесцентних ламп, енергоощадних ламп і різноманітної освітлювальної арматури, обладнання автоматичного керування освітленням, зокрема фотореле, обладнання регулювання світлового потоку, інфрачервоних датчиків і ін. [14-18].

При організації енергоощадної системи освітлення типи приміщень можна умовно поділити на три категорії:

- житлові будинки багатоквартирні;
- торговельні будівлі, офісні і виробничі приміщення;
- котеджі та приватні житлові будинки.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Аналіз діяльності підприємства та схеми електропостачання

Власних джерел електропостачання у ТОВ «Меркурій» немає.

Перелік точок поставки електроенергії в мережу ТОВ «Меркурій» з мережі наведено в табл. 2.1.

Однолінійна схема приєднання до зовнішньої електричної мережі електрообладнання наведена на рис 2.1.

Таблиця 2.1 - Перелік точок поставки електричної енергії в мережу  
ТОВ «Меркурій»

Назва приєднання	Рівень напруги в точці	Максимальна потужність, кВт	Прилад обліку		
			тип	№	баланс
ПС 110/10 кВ Ф-33	ВН	2250	СЕТ4ТМ.03	0104081212	Замовник
ПС 110/10 кВ Ф-35	ВН	2250	СЕТ4ТМ.03	0101072339	Замовник
ПС 110/10 кВ Ф-45	ВН	2250	СЕТ4ТМ.03	0104080512	Замовник
ПС 110/10 кВФ-47	ВН	2250	СЕТ4ТМ.03	0104080430	Замовник

Назва приєднання	Трансформатори		Розрахунковий коефіцієнт
	струму	напруги	
ПС 110/10 кВ Ф-33	ТОЛ-10	НАМІТ-6	8000
ПС 110/10 кВ Ф-35	ТОЛ-10	НАМІТ-6	8000
ПС 110/10 кВ Ф-45	ТОЛ-10	НАМІТ-6	8000
ПС 110/10 кВФ-47	ТОЛ-10	НАМІТ-6	8000

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Бандрівська М.						6	2
Керівник	Оробчук Б.Я.							
Н. контр.	Вакуленко О.О.							
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.							
						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		

Змін.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ

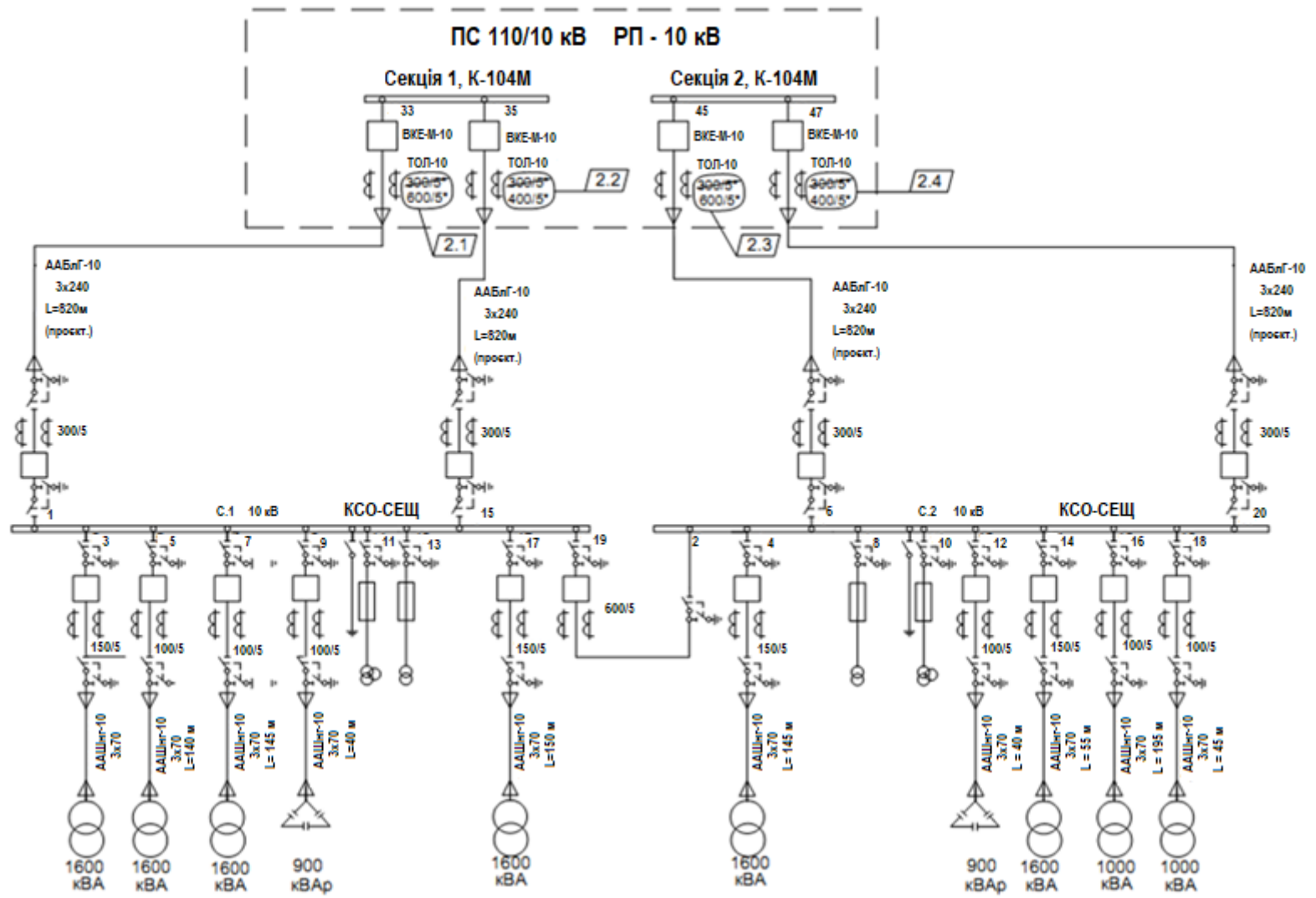


Рисунок 2.1 - Однолінійна схема присднання електрообладнання

Арк.
------

## 2.2 Схема електропостачання та розміщення електрообладнання

Схема зовнішнього електропостачання об'єкта товариства відповідає III категорії надійності, для якої допустима кількість годин відключення електропостачання в рік становить 72 години. Крім того, також допускаються можливі перерви в електропостачанні, які пов'язані з ремонтними роботами і заміною пошкодженого електричного обладнання системи електропостачання, а також з відновленням електропостачання 24 годин [1].

На рис. 2.2 приведено однолінійну схему електропостачання адміністративної будівлі ТОВ «Меркурій».

Електропостачання здійснюється від розподільного пункту РП-26 кабельними лініями до ввідного розподільного пристрою РП-0,4 кВ. Межа балансової належності та експлуатаційної відповідальності електричної мережевої організації і кінцевого споживача зазначена у спеціальному документованому акті і проходить по наконечникам кабельної лінії КЛ-0,4 кВ в розподільний пристрій РП-0,4 кВ розподільного пункту РП-26.

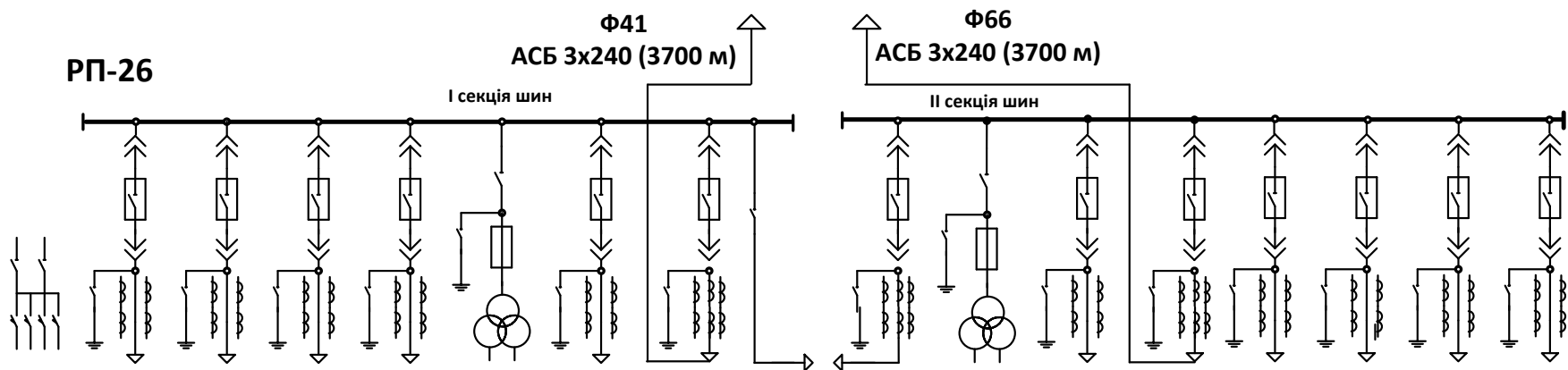
На даний час знаходиться на балансі та в експлуатації мережевої організації наступне обладнання: РП-26 у складі 2 кабельних ліній КЛ-10 кВ від ПС 110/10 кВ до РП-10 кВ, кабельні лінії 0,4 кВ від РП-0,4 кВ розподільного пункту РП-26, ввідні розподільні пристрої 0,4 кВ та внутрішні електричні мережі. Живлення електроенергією споживачів здійснюється від розподільного пункту РП-26 відповідно до схеми, приведеної на рис. 2.3.

Все встановлене на об'єкті обладнання, яке споживає електричну енергію, умовно можна розділити на дві категорії:

- 1) світлотехнічне обладнання, що використовується для освітлення виробничих приміщень;
- 2) силове електричне обладнання, яке складається з припливно-втяжної вентиляції, насосного обладнання, центрів живлення, системи кондиціонування, а також офісної та побутової техніки.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.	
Арк.	
№ док-м.	
Титул	
Дата	



17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Власні потреби	Лінія	Лінія	Лінія	Лінія	Трансф. напруги	Трансф.	Ввід	Секція	Спец. ввід	Трансф. напруги	Трансф.	Ввід	Лінія	Лінія	Лінія	Лінія

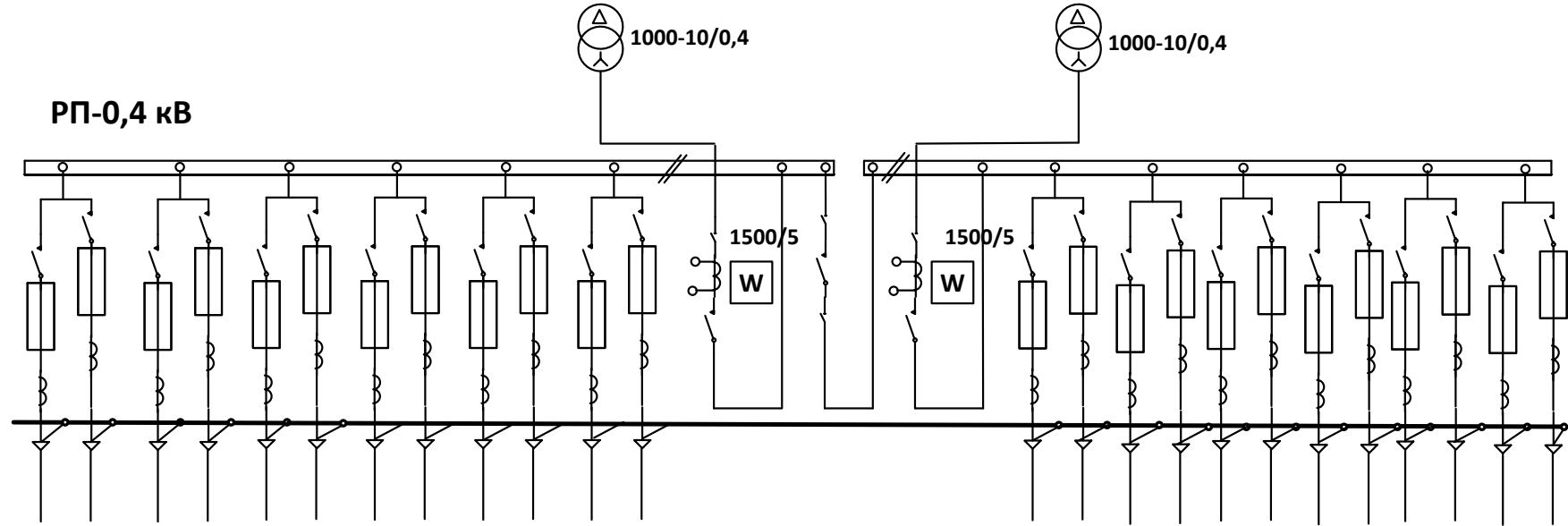


Рисунок 2.2 - Схема електропостачання однолінійна

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ

Арк.

Зм.	
Дрк.	
№ док.м.	
Підпис	
Дата	
КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	
Дрк.	

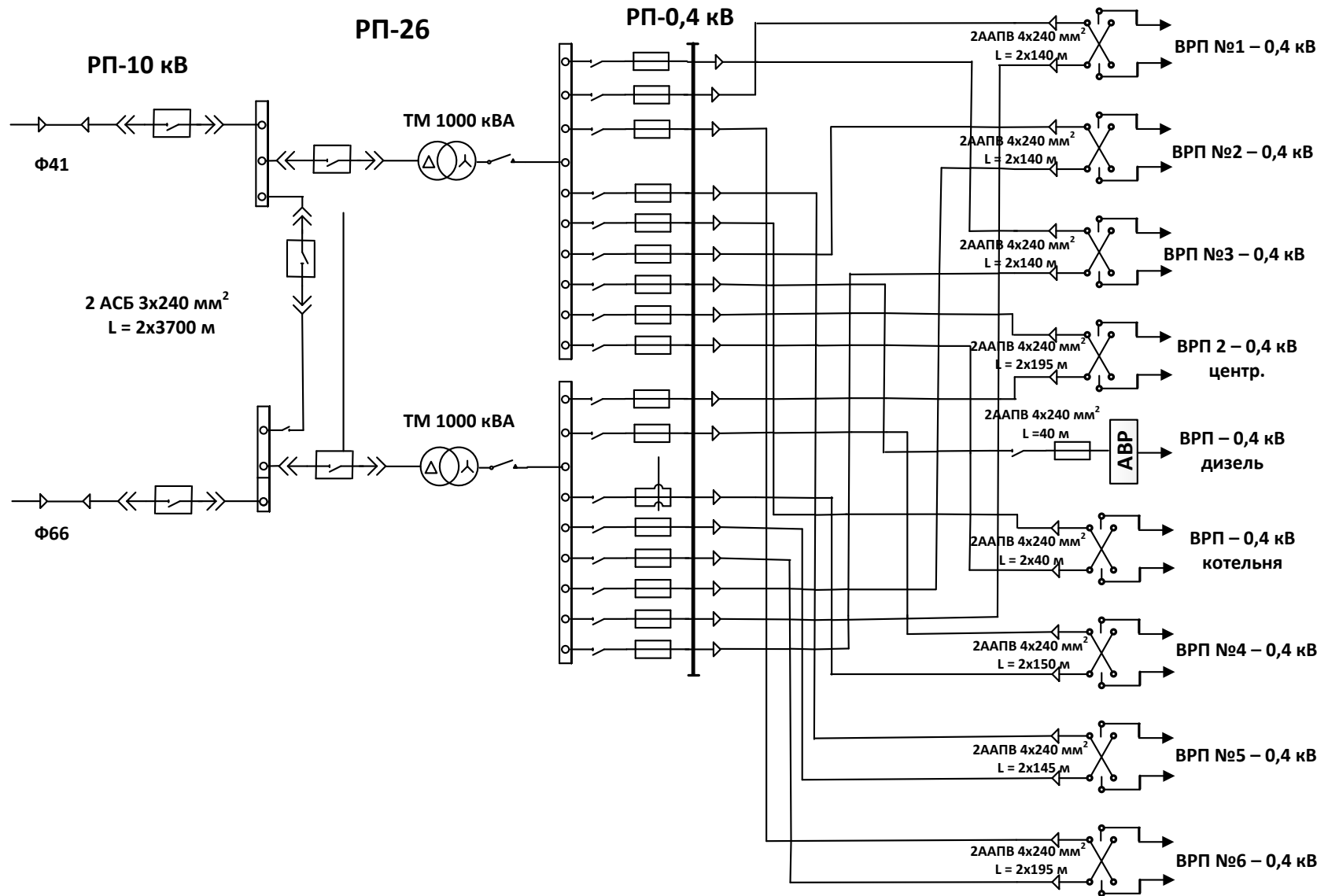


Рисунок 2.3 - Схема живлення електроенергією споживачів

Дольовий розподіл електричних приймачів енергії за напрямками використання на підприємстві показано на рис. 2.4, а на рис. 2.5 представлена динаміка споживання електричної енергії виробничими лініями на ТОВ «Меркурій» з 2018 по 2020 рр.

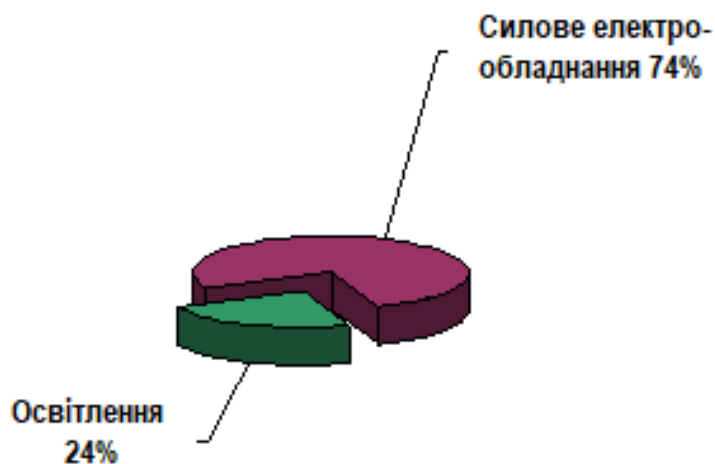


Рисунок 2.4 - Діаграма розподілу встановленої потужності

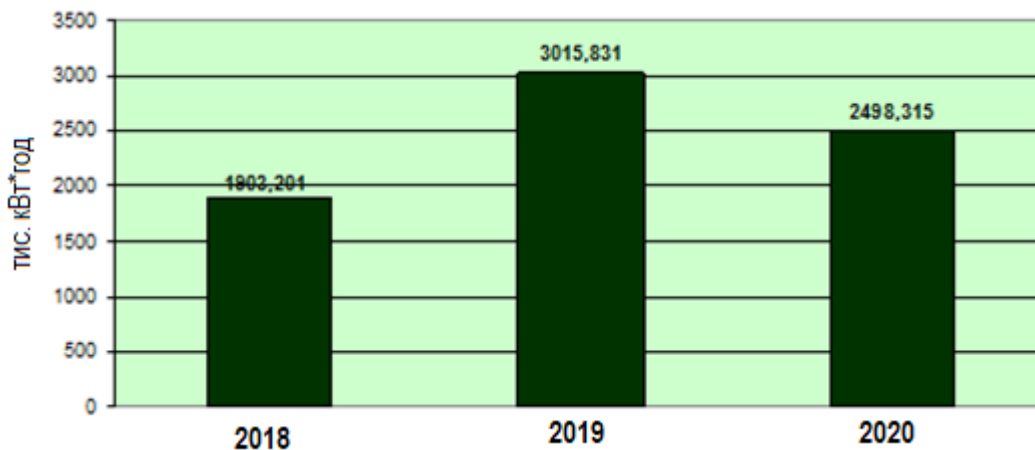


Рисунок 2.5 - Динаміка споживання електроенергії на підприємстві

### 2.3 Розрахунок системи освітлення об'єкту

Виконані розрахунки показали, що на загальні спожиті витрати електроенергії на підприємстві приблизно 24% припадає на долю освітлення виробничих приміщень і території мебельної фабрики.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі наказу № 205 від 21.08.2000 р. «Про затвердження Роз'яснення про проведення атестації робочих місць за умовами праці в окремих випадках» та постанови Кабінету Міністрів України від 01.08.92 р. № 442 "Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці" в ТОВ «Меркурій» було проведено атестація робочих місць за умовами праці. Процедура атестації робочих місць за умовами праці здійснювалася з 24.01.2020 р. по 22.05.2020 р. Загалом було виконано атестацію 96 робочих місць. Результати проведеної атестації робочих місць наведено у спільній відомості результатів здійсненої атестації робочих місць за умовами праці (табл. 2.2).

На даний час в якості освітлювальних приладів для освітлення виробничих приміщень на мебельній фабриці використовуються світильники з люмінесцентними лампами, з лампами ДНаТ та ДРЛ, а також з лампами розжарювання потужністю 60 Вт.

Загальна кількість встановлених на підприємстві ламп різного типу становить 6909, а сумарна встановлена потужність складає 265 кВт.

Результати розрахунку базового розподілу між різними типами світильників, встановлених на різних об'єктах підприємства, приведено в табл. 2.3.

На даний час на об'єкті не розроблено і не встановлено систему управління освітленням. Ввімкнення і вимкнення освітлювальних електричних установок здійснює обслуговуючий персонал і працівники мебельної фабрики ручним способом.

В кваліфікаційній роботі в якості енергоощадних заходів ми рекомендуємо замінити світильники з лампами розжарювання на світлодіодні світильники.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Результати атестації робочих місць за умовами праці

Назва позиції	Ілґкість робочих місць і працівників, як працюють на цих робочих місцях (всього)	Проведено атестацію за умовами праці	Кількість робочих місць і працівників з класами умов праці				Кількість робочих місць і працівників з класами умов праці за травматизмом			Кількість робочих місць і працівників з оцінкою відповідності до вимог щодо забезпеченості СІЗ			Кількість робочих місць і працівників, атестованих з класами умов праці 3 і 4 і (або) «не відповідає щодо забезпеченості СІЗ»
			1	2	3	4	1	2	3	відповідає	не відповідає	СІЗ не передбачено	
Робочі місця, од.	96	96	0	92	4	0	22	74	0	33	0	63	2
Працівники, що працюють на цих робочих місцях, чол.	360	360	0	355	5	0	174	185	0	136	0	223	5
з них: жінки	260	260	0	258	2	0	154	107	0	98	0	163	2
особи віком до 18 років	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ



Таблиця 2.3 - Результати розрахунку базового розподілу між різними типами світильників

Місце встановлення	Тип ламп	Кількість ламп	Потужність одної лампи, Вт	Сумарна потужність, Вт	К-ть годин роботи в день	К-ть днів роботи в місяць	Розрах. місячне спожив., кВт*год
Котельня з газовою станцією	ЛБ-40	31	40	1240	8	30	297,6
	ДРЛ-400	3	400	1200	8	30	288
	ЛН	18	100	1800	8	30	432
Цех №2	ЛН	41	100	4100	8	30	984
	ЛБ-20	168	20	3360	8	30	806,4
	ДРЛ-250	2	250	500	8	30	120
	ДРЛ-400	3	400	1200	8	30	288
	ДНАЗ-400	480	400	192000	16	30	92160
	ДНАЗ-600	352	600	211200	16	30	101376
Цех №3	ЛН	41	100	4100	8	30	984
	ЛБ-20	168	20	3360	8	30	806,4
	ЛБ-40	184	40	7360	8	30	1766,4
	ДРЛ-250	2	250	500	8	30	120
	ДРЛ-400	3	400	1200	8	30	288
	ДНАЗ-600	1584	600	950400	16	30	456192
Цех №1	ЛН	130	100	13000	8	30	3120
	ЛБ-40	14	40	560	8	30	134,4
	ДНАТ-600	936	600	561600	16	30	269568

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ

Зм.

Арк.

№ док.м.

Підпис

Дата

Арк.

*Продовження таблиці 2.3*

Гараж	ЛН	30	100	3000	8	30	720
	ЛБ-20	40	20	800	8	30	192
	ЛБ-40	47	40	1880	8	30	451,2
	ДРЛ-250	11	250	2750	8	30	660
	ДРЛ-400	4	400	1600	8	30	384
Цех нестандартних меблів	ЛН	9	100	900	8	30	216
	ЛБ-40	33	40	1320	8	30	316,8
	ДРЛ-400	7	400	2800	8	30	672
Цех №6	ДРЛ-400	107	400	42800	8	30	10272
	ЛБ-40	14	40	560	8	30	134,4
	ЛН	15	100	1500	8	30	360
Цех №7	ЛН	8	100	800	8	30	192
	ЛБ-40	56	40	2240	8	30	537,6
Цех №8	ЛН	9	100	900	8	30	216
	ЛБ-20	56	20	1120	8	30	268,8
	ЛБ-40	20	40	800	8	30	192
Адміністративне приміщення	ЛБ-20	400	20	8000	12	30	28,800
Цех №4	ЛБ-40	40	40	1600	8	30	384
	ДНАЗ-600	400	600	240000	16	30	115200
Цех №5	ДНАТ-600	500	600	300000	16	30	144000
Інженерно-технічна служба	ЛБ	8	40	320	8	30	76,8
Зовнішнє освітлення	ДРЛ-250	58	250	14500	8	30	3480
	ДРЛ-400	37	400	14800	8	30	3552

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ

Зм.

Арк.

№ док.м.

Підпис

Дата

Арк.

## 2.4 Розрахунок економічної ефективності проекту

Питання економії електричної енергії в електричних освітлювальних установках необхідно вирішувати з урахуванням забезпечення норм освітленості та правильної експлуатації освітлювальних приладів з метою створення безпечних і продуктивних умов праці [19]. Тут варто взяти до уваги, що економія електроенергії має полягати не тільки в скороченні її розумного споживання, адже раціональне освітлення є суттєвим фактором в забезпеченні ефективної життєдіяльності людини, створення комфортних і продуктивних умов у виробничій діяльності. У цьому розділі кваліфікаційної роботи ми розглянули питання щодо економічної витрати електричної енергії в електроосвітлювальних установках при організації виробничого процесу на мебельні фабрики. Впровадження прогресивних, сучасних джерел світла дозволяють суттєво підвищити ефективність електричних освітлювальних установок, оптимізувати освітленість на робочих місцях, отримати зростання продуктивності праці і її безпеки та реальну економію електричної енергії. Відповідно до вимог Закону № 2019-VIII від 13.04.2017 «Про ринок електричної енергії» споживачі мають старатися забезпечити зниження обсягу спожитої ними теплової і електричної енергії протягом 5 років не менше ніж на 10-15% від фактично спожитого ними минулорічного обсягу кожного із зазначених ресурсів з щорічним зниженням такого обсягу не менше ніж на 2-3%. Тому одним із головних завдань в сфері енергозбереження є здійснення заходів, які дозволять забезпечити зниження енергоспоживання і, відповідно, зменшити бюджетні кошти, що виділяються на оплату енергетичних ресурсів, а це є свідченням актуальності цієї кваліфікаційної роботи [20].

Енергетична ефективність розробленої системи освітлення на ТОВ «Меркурій» буде забезпечена з урахуванням наступних вимог:

- зменшення споживання електричної енергії для освітлення місць загального користування;
- створення комфортності освітлення;
- дешева ціна обладнання і технічного обслуговування.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На відміну від існуючих на даний час технологій у світлодіодів дуже високий коефіцієнт корисної дії - 95-98%. У більшості діючих тепер технологій потрібно розігрівати будь-яке тіла або його області, на що потрібні значні витрати енергії. Завдяки високому коефіцієнту корисної дії світлодіодна технологія володіє низьким енергоспоживанням і малим тепловиділенням. Приймаючи до уваги саму природу отримання випромінювання, світлодіоди маю багато характеристик, які недоступні іншим технологіям: механічну і температурну стійкість, стійкість до перепадів напруги, довгий термін служби, чудова контрастність і передача кольорів, а також екологічність, відсутність мерехтіння та рівномірне світло, що в загальному є якісною характеристикою сучасної технології.

Варто зауважити, що одним із недоліків світлодіодних світильників можна вважати потребу забезпечення якісного відведення тепла від самих світлодіодів. Перегрівання викликає передчасну деградацію кристала та люмінофора. Ще одним недоліком є наявність електrolітичних конденсаторів в джерелах живлення світлодіодів, середній термін служби яких коливається від 6000 до 10000 годин. Надалі коректна робота джерела живлення може бути нестабільною і наявна система освітлення може вийти з ладу. Але застосування сучасних технологій дозволяє вирішити ці проблеми.

Зменшення споживання електричної енергії було досягнуто за рахунок використання світильників типу СПО-03/04-800/15, які працюють в автоматичному режимі управління світловим потоком в залежності від зовнішньої освітленості, що контролюється внутрішнім датчиком освітленості, присутності людей – цей параметр визначається за допомогою вбудованого акустичного датчика. В підсумку такий світильник буде світитися на протязі біля двох хвилин в темний час доби, коли присутня біля нього людина.

Поза межами цього періоду споживання енергії світильника в черговому режимі становить біля 2 Вт, тобто за рахунок цього можна отримати практично найвищу економічність.

Реалізація повного відключення світильників від електричної мережі в режимі «Розклад» вважається недоцільною, оскільки більша частина світильників

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташована в закритих приміщеннях без природного освітлення, а присутність людей можлива в будь-який час доби.

Відключення світильників в денний світлий час, які розташовані в зонах з природним освітленням, як правило, дає досить несуттєву економію електроенергії. Варто відмітити, що в цьому випадку витрати на пристрої відключення і їх енергоспоживання будуть значно більшими.

У запропонованому для реалізації варіанті комфортність пропонується досягти виключенням «мертвих» зон, які характерні для інфрачервоних датчиків руху, та одночасністю ввімкнення всіх світильників в тій зоні, де знаходиться людина.

Керування світильниками та іншим електричним обладнанням в режимі «Розклад» має доцільність в офісних, торгових і виробничих приміщеннях, де можна реалізувати режим економії електроенергії за рахунок фактору, коли людина забуває вимкнути світильник.

В кваліфікаційній роботі варіант системи в режимі «Розклад» пропонується реалізувати в приміщенні інженерно-технічної служби, а також в адміністративному приміщенні.

Завдання оптимізації режимів управління з метою отримання максимальної енергоефективності в приміщеннях з природною освітленістю полягає у визначенні оптимального розташування датчиків світла для створення потрібної освітленості робочої зони в режимі автоматичного керування яскравістю. Приймаючи до уваги особливості використання приміщень, можна встановити обмеження щодо максимального і мінімального рівнів яскравості. По закінченню робочого часу програма «Розклад» виконає переведення світильників в режим необхідної яскравості або відключить їх.

Для приміщень, де відсутнє природне освітлення, вибираємо потрібні рівні яскравості в ручному режимі. По закінченню робочого часу програма «Розклад» переведе світильники в режим необхідної яскравості або відключить їх.

Додатково енергоефективність приміщень, де працівники бувають не постійно, підвищується застосуванням датчиків присутності, зокрема датчиків руху, ємнісних і акустичних.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінимо вартість компонентів системи освітлення підприємства з управлінням кожним світильником окремо без функцій обліку енергоресурсів:

- світлодіодні світильники (100 шт.) - 57 000 грн.;
- блоки управління реле (19 шт.) - 21 660 грн.;
- панель управління (1 шт.) - 1 520 грн.;
- давач освітленості (2 шт.) - 300 грн.

Сумарна вартість компонентів (без серверної частини) – 80 480 грн.

Орієнтовна вартість керуючого комп'ютера з програмним забезпеченням - 30 400 грн.

Вартість монтажних і пусконаладжувальних робіт - 11 400 грн.

Загальна вартість буде становити приблизно 122 280 грн.

Економічний ефект від впровадження консольних світлодіодних світильників ґрунтується на таких показниках:

- економія на зменшенні витрат на електричну енергію;
- економія на вартості обслуговуванні світильників.

На оцінку дійсного ефекту економії електроенергії при застосуванні регулювання джерел штучного світла в залежності від природної освітленості будуть мати вплив такі чинники:

- точність налаштування і чутливість давачів освітленості, які використовуються для системи керування освітленістю, залежністю показників та методів обробки сигналів з давачів;

- складність обліку ресурсів нерівномірної яскравості неба та необхідності використання світлозахисних пристроїв;

- необхідність обліку орієнтації вікон приміщення підприємства за сторонами світу, а також затінення від сусідніх будівель;

- сезонний вплив снігового покриву, забруднення світильників і вікон.

Економічний ефект, який ми отримаємо з урахуванням зазначених факторів, може бути доволі суттєвим. Розрахункового зниження капітальних витрат на впровадження описаних вище систем можна отримати при застосуванні алгоритмів управління джерелами штучного світла відповідно до точної моделі

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення, враховуючи вимірювану зовнішню освітленість та оптимальний вибір принципів керування групами світильників. Приймаючи до уваги складність таких розрахунків, потрібно опрацювати підходи до визначення ефектів та виконати розробку спеціалізованого програмного забезпечення.

Результати проведення енергозберігаючого заходу щодо заміни люмінесцентних ламп ЛБ 20 на світлодіоди на мебельній фабриці приведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - *Заміна люмінесцентних ламп на світлодіоди*

Тип ламп	Кількість ламп	Витрати на придбання світлодіодів, тис. грн.	Споживання лампами в базовому році, тис. кВт*год	Економія в натуральному значенні, тис. кВт*год	Економія в грошовому значенні, тис. грн.
ЛБ 20	400	57	56,8	31,2	59,4

Різноманітні методи оцінки результативності капіталовкладень виникають через присутність великої кількості факторів, що мають вплив на кінцеве прийняття рішень. Коли залучають велику кількість чинників в процес реалізації інвестиційного проекту, то виникає відповідно велика невизначеність в розрахунках - з'являється велика кількість змінних в формулах. Методи оцінки результатів поділяють на два типи: статичні і динамічні.

Динамічні методи характеризуються відносною складністю, а також необхідністю приймати до уваги різні аспекти і часові періоди виконання проекту. Ці методи часто використовуються при оцінюванні інвестиційних проектів, які розраховані на тривалий період та вимагають додаткових фінансових вкладень під час реалізації.

До цих методів відносять наступні обчислення:

- обчислення чистої приведеної вартості інвестицій - NPV (Net Present Value);
- обчислення індексу рентабельності – PI (Profitability Index);

- обчислення внутрішньої норми прибутковості - IRR (Internal Rate of Return).

Використовують два основні методи розрахунку ставки дисконтування:

- CAPM (Capital Asset Pricing Model);
- WACC (Weighted Average Cost of Capital).

Перший метод представляє собою кумулятивної методикою, тобто тут ставки ризиків, інфляції і інші фактори просто підсумовуються. Отримане значення послуговує для оцінювання економічної ефективності шляхом визначення NPV.

Другий метод є пропорційним значенням між CAPM кожного джерела інвестицій.

Для обчислення ставки дисконтування можна використати формулу:

$$d_i = \frac{1 + \frac{r}{100}}{1 + \frac{i}{100}} - 1 = \frac{1 + \frac{9,75}{100}}{1 + \frac{4,59}{100}} - 1 = 0,049$$

де  $d_i$  - ставка дисконтування;

$r$  - ставка рефінансування (за даними 2020 р. приймаємо рівною 9,75%);

$i$  - темп інфляції в поточному році (за даними 2020 р. приймаємо рівним 4,59%).

Коефіцієнт дисконтування можна розрахувати за формулою:

$$d = d_i + P = 0,049 + 0,05 = 0,099$$

де  $P$  - поправка на ризик (приймаємо рівною 5%).

Для обчислення чистої приведеної вартості нашого проекту можна використати наступну формулу:

$$NVP = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} - Inv .$$

Запропонована формула дозволяє інвесторові прийняти рішення, чи варто в проект вкладати фінансування чи ні. Сам показник у цьому випадку є фактичним,

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ				



а не відносним. Тобто це не коефіцієнт або процентна ймовірність - це є конкретна сума грошей, яку може отримав інвестор, приймаючи до уваги усі ризики.

Розрахувати PI можна за наступною формулою:

$$PI = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} / Inv .$$

Значення IRR можна обчислити за наступною формулою:

$$\sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+IRR)^i} - Inv = 0 .$$

Приведене значення на будь-якому прикладі розрахувати буде важко. Необхідно мати дані середніх норм прибутковості, визначити середнє значення між ними. У програмі MS Excel є спеціальна функція ВНДОХ, яка дозволяє розрахувати IRR для інвестиційного проекту. Зазначений параметр також дозволяє економічному менеджер оцінити потенційну рентабельність інвестиційного пакету і його економічної доцільності, приймаючи до уваги поточні зміни ситуації на ринку. В табл. 2.5 приведено результати розрахунку інвестиційного проекту при заміні люмінесцентних ламп на світлодіоди, який виконано в програмі MS Excel.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку інвестиційного проекту

Назва заходу	Початкові інвестиції, тис. грн.	Економія в грошовому значенні, тис. грн.	Простий термін окупності, лет	Ставка дисконтування	Поправка на ризик	Коефіцієнт дисконтування	Сума д дисконтного грошового потоку, CF	Чистий приведенний прибуток, NPV	Внутрішня норма дохідності, IRR	Індекс рентабельності, PI	Дисконтований період окупності, DPP, років
Заміна ламп ЛБ20 на світлодіоди	122,28	156,2	0,7	0,049	0,05	9,90	496,92	174,92	10,48	1,54	5,3

## 2.5 Висновки до розділу 2

1. Проведений аналіз зовнішньої схеми електропостачання 10 кВ ТОВ «Меркурій» показує, що вона відповідає необхідній категорії по надійності. Електрогосподарство має достатню кількість незалежних центрів живлення, що відповідає вимогам ПУЕ.

2. Енергозбереження повинно передбачати раціональне використання енергії на всіх етапах її перетворення - від отримання первинних енергетичних ресурсів до споживання всіх видів енергії кінцевими користувачами, тобто застосування ефективних технологій виробництва, передачі, розподілу та споживання енергії, а також максимальне використання поновлюваних джерел енергії.

3. В якості недоліків системи електропостачання можна відмітити застосування неенергоощадних освітлювальних приладів.

4. Сучасні енергоощадних освітлювальні прилади дозволяють суттєво зменшити витрати електричної енергії на освітлення. Проведений аналіз показав, що на підприємстві ще досі використовуються лампи розжарювання, які необхідно замінити на більш економічні - компактні люмінесцентні лампи або світлодіодні світильники.

5. Заміна ламп розжарювання на люмінесцентні джерела світла з аналогічною світловіддачею і меншою потужністю дозволить значно знизити споживання електроенергії.

6. Рекомендується встановити сучасну освітлювальну арматури (наприклад, плівкові відбивачі на люмінесцентних світильниках дозволяють зменшити кількість ламп на 40%, і, відповідно, ємність світильників).

7. Застосування енергоефективних електротехнічних компонентів світильників (наприклад, баластних дроселів з невисоким рівнем втрат).

8. На оцінку дійсного ефекту економії електроенергії при застосуванні регулювання джерел штучного світла в залежності від природної освітленості мають вплив наступні чинники:

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- точність налаштування і чутливість датчиків освітленості, які використовуються для системи керування освітленістю, залежністю показників та методів обробки сигналів з датчиків;

- складність обліку ресурсів нерівномірної яскравості неба та необхідності використання світлозахисних пристроїв;

- необхідність обліку орієнтації вікон приміщення підприємства за сторонами світу, а також затінення від сусідніх будівель;

- сезонний вплив снігового покриву, забруднення світильників і вікон.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Вибір схеми систем освітлення

Системи сучасного освітлення офісних та виробничих приміщень характеризуються рядом подібних основних характеристик, так як складаються з окремих робочих приміщень, які зв'язані коридорами, а також деяких допоміжних приміщень, які тотожні з аналогічними приміщеннями загального користування в багатоквартирних житлових будинках.

Відповідно до Державних санітарних норм і деяких Державних стандартів встановлено необхідність забезпечення визначених рівнів освітленості та деяких інших параметрів якості освітлення в робочих зонах, які мають місця постійної присутності людей [21, 22].

Для того, щоб виконати вимоги нормативно-правових документів, система освітлення повинна забезпечувати підтримку штучної освітленості в виробничому приміщенні на визначеному рівні з урахуванням природної освітленості.

Система освітлення виробничого приміщення будується у вигляді суми систем освітлення приміщень з передачею деяких функцій керування головного сервера приміщення, що володіє зазвичай більш високим пріоритетом і використовується в якості регулятора режимів керування та диспетчерським центром, зокрема збором і зберіганням даних, складанням і відображенням різноманітних звітів) [23, 24].

У робочих приміщеннях, де спостерігається постійне перебування людей, потрібно встановлювати панелі локального керування з метою регулювання світлового потоку груп інтерфейсних світильників і керування

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Бандрівська М.					6	2
Керівник		Оробчук Б.Я.						
Н. контр.		Вакуленко О.О.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						
						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		

ввімкненням і вимкненням керованих і некерованих світильників за допомогою блоків управління реле БУР-8 (рис. 3.1).

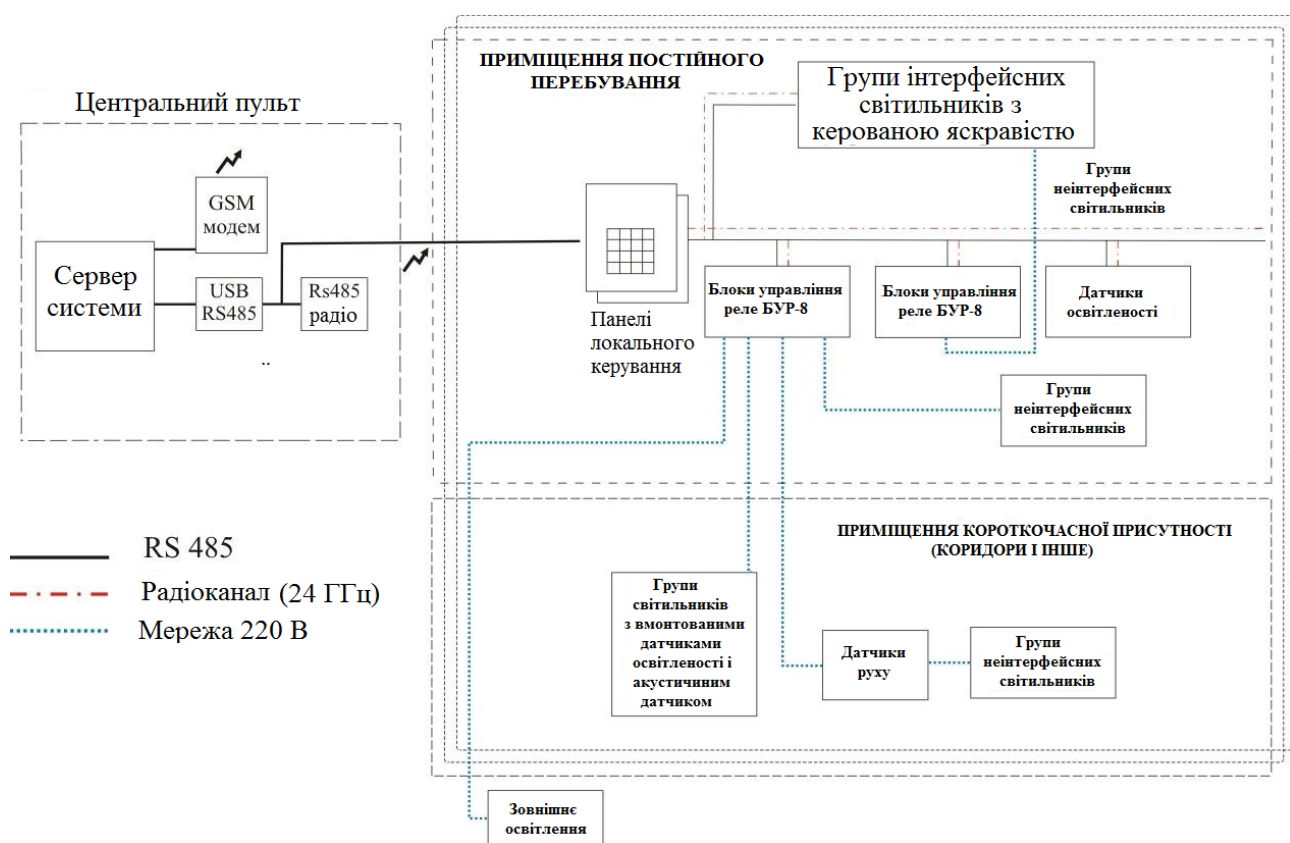


Рисунок 3.1 - *Схема освітлення будівлі з приміщеннями та коридорами*

У робочих приміщеннях, де спостерігається короткочасне перебування людей, потрібно встановлювати світильники з вбудованими давачами освітленості і акустичними датчиками або встановлювати світильники з зовнішніми давачами руху. Керування такими світильниками в режимі «за розкладом» здійснюється за допомогою БУР-8.

В проектному виробничому приміщенні розміром 10×9 метрів освітлення здійснюється вбудованими світлодіодними світильниками СВО-01/хх-2800/40. Світильники розміщено в чотири ряди, кожен з яких має по чотири світильники, які призначені для загального освітлення робочих місць. У кожному ряду встановлений головний світильник, керування яким здійснюється по радіоканалу і давачем освітленості. Інші світильники ряду є керовані і керуються за яскравістю димерною напругою головного світильника ряду.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ

Така схема дозволяє зменшити витрати енергії за рахунок виключення мікропроцесорного модуля з керованих світильників, які знаходяться по природному освітленню в аналогічних умовах з головним світильником. Біля вхідної зони проходу встановлено світильник без керування яскравістю - він виконує функцію чергового (аварійного) освітлення.

Керування режимом включенням напруги світильників в робочих зонах здійснюється системою БУР-8.

Пристроєм керування описаної системи використано панель локального керування, а також підключений до неї сервер виробничого корпусу.

До цієї системи підключено електричний лічильник ЕНЕРГІЯ-9 для фіксації показників і відключення навантаження за командою або при виникненні аварійних параметрів мережі та перевищенні лімітів.

### **3.2 Складові елементи системи керування освітленням**

Головним базовим елементом комплексу засобів при побудові системи керування освітленням є керовані світлодіодні світильники [25, 26].

У складі системи передбачається встановлювати керовані світлодіодні світильники двох основних типів:

- офісні, які можуть бути вбудованими або накладними типу «Армстронг» зі споживаною потужністю від 30 до 40 Вт,

- світильники для побутового сектору потужністю від 6 до 15 Вт.

Світильники мають державні сертифікати.

### **3.3 Вибір офісних світильників**

Вибираємо світильник з пластмасовим корпусом - АВС пластик, який має підвищений температурний діапазон. Такий корпус складається з квадратної рами розміром 595×595 мм і має висоту 65 мм. У нижній частині рами встановлено розсіювач з високоякісного органічного скла, яке пропускає світло. Розсіювач розміщено на литих елементах корпусних деталей рами світильника. У верхній

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частині рами встановлено металеву кришку (панель), яка призначена для розміщення світлодіодних лінійок, встановлення модуля керування та блоку живлення світильника (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Приклад виконання монтажу світильника СВО 01/43-2800/40

Світлодіодні лінійки представляють собою друковані плати з розміщеними на них світлодіодами, які забезпечують рівномірний розподіл потоку світла на розсіювач. Модуль керування призначений для виконання функцій управління режимом роботи світлодіодних лінійок.

Керовані світлодіодні світильники можна підключати бездротовими і провідними лініями зв'язку як до панелей локального керування так і до сервера. Також світильник може працювати в якості ретранслятора команд і даних через систему керування.

У таких типах світильників передбачена можливість керування яскравістю світіння світлодіодних лінійок в двох режимах роботи: ручному і автономному. В ручному режимі роботи світловий потік світлодіодних лінійок ідентифікується командою від системи керування або дистанційного інфрачервоного пульта керування. В автономному режимі роботи модуль керування автоматично підтримує рівень загальної освітленості в робочій зоні, приймаючи до уваги природну освітленість, джерелом інформації якої є фотоприймач, що підключений до модуля керування.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4 Вибір блоку управління реле та пристрою збору і передачі даних

#### *Блок управління реле*

Блок управління реле БУР-8 має пластмасовий корпус, складається з основи розміром 124×84 мм та висотою 43 мм і кришки розміром 127×87 мм та висотою 14 мм (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Блок управління світильниками

Блок має 8 каналів управління з реле на 220 В і робочим струмом 5А, споживана потужність від мережі 220 В становить 5 Вт. В якості інтерфейсу зв'язку використовується RS485/радіоканал.

#### *Панель локального управління*

Панель має пластмасовий корпус, складається з основи розміром 95×95×50 мм та кришки розміром 120×120×8 мм. Кришка є декоративною і служить для захисту від пилу і випадкового доступу, забезпечуючи рівень захисту IP20. На кришці розміщено вмонтований блок клавіатури, а також виведено вікно для рідкокристалічного індикатора, який служить для відображення режиму роботи і стану блоку (рис. 3.4).

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		





Рисунок 3.4 – Панель локального управління світильниками

*Пристрій збору та передачі даних УСПД-01*

Пристрій збору та передачі даних УСПД-01 використовується для дистанційного контролю споживання енергоресурсів, їх обліку, автоматизації технологічних процесів та може бути застосований у якості витратоміра або лічильника кількості, надаючи при цьому можливість дистанційно знімати необхідну інформацію (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Пристрій збору та передачі даних УСПД-01

Пристрій представляє собою вторинний перетворювач, в якому реалізовано числовий імпульсний канал вимірювання. В якості первинних перетворювачів цей пристрій може використовувати лічильники води, газу або електричні лічильники, які мають телеметричний (імпульсний) вихідний

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

канал. В залежності від призначення пристрій може перетворювати імпульси відповідно в одиниці витрати води, газу або електричної енергії.

Варіант виконання пристрою УСПД-01.4 можна використовувати в якості ретранслятора перетворювача (він має радіоінтерфейс RS485) для обміну даними з радіомодемним переносним пристроєм УСПД-02, який служить для збору даних з лічильників води, лічильників газу, з давачів протікання води, а також вимірювання температури.

Цей пристрій підтримує наступні функції:

- вимірює споживаний обсяг води, газу або електричної енергії з підсумуванням результатів;
- дозволяє зберігати у вбудованій енергонезалежній пам'яті показники спожитого газу, води або електричної енергії з подальшою можливістю передачі даних на персональний комп'ютер через локальну мережу згідно протоколу RS485.

До пристрою можна підключити 1 або 2 лічильники, габаритні розміри становлять 88×37×50 мм.

### *Пристрій збору та передачі даних УСПД-02*

Пристрій збору та передачі даних УСПД-02 служить для дистанційного контролю за споживанням енергоресурсів.

УСПД-02 використовується для роботи в місцях, де є проблеми доступу до лічильників води, лічильників газу і електричної енергії, а також для надійної організації вузла обліку води, газу, тепла або електроенергії з організацією можливості дистанційного знімання показників інформації.

Пристрій представляє собою вторинний перетворювач, в якому реалізовано числовий імпульсний канал вимірювання. В якості первинних перетворювачів цей пристрій може використовувати лічильники води, газу або елек

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричні лічильники, які мають телеметричний (імпульсний) вихідний канал. Пристрій дозволяє перетворювати імпульси до відповідних одиниць витрат.

Цей пристрій підтримує наступні функції:

- вимірює споживаний обсягу води, газу або електричної енергії з підсумуванням результатів;
- дозволяє зберігати у вбудованій енергонезалежній пам'яті показники спожитого газу, води або електричної енергії з подальшою можливістю передачі даних на персональний комп'ютер через локальну мережу радіомодемом. Дальністю зв'язку становить 20 метрів.

Кількість вхідних каналів:

- канал вимірювання температури зовнішнього об'єкта - 1;
- канал вимірювання вологості - 1;
- канал для підключення датчика сигналізації -1;
- канал підключення лічильників -1;

Габаритні розміри пристрою - 88×37×50 мм (рис. 3.3).



Рисунок 3.6 – Пристрій збору та передачі даних УСПД-02

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5 Сервер збору і обробки інформації та структура системи

Програмний комплекс впроваджуваної системи керування складається з двох базових модулів - «Конструктор» і «Управління».

Модуль «Конструктор» представляє собою візуальний інструмент формування режимів роботи системи. Цей модуль дозволяє за допомогою миші і клавіатури розробити план приміщення, додати до плану поверхи, кабінети, обладнання, налаштувати лінії зв'язку між цим обладнанням. Інформація виводиться на екран у вигляді плану приміщення з нанесеними на ньому поверхами, кабінетами і обладнанням. Для зручності роботи з модулем можна використовувати загальний план або зменшену карту, яка знаходиться в правому верхньому куті, де відображено весь план в мінімальному масштабі, а також можна скористатися полями ручного вибору поверхів, кабінетів і обладнання [27].

Також в режимі «Конструктора» надається можливість формувати розклад роботи системи, задавати її режими та програмувати підключене обладнання. Передбачено захист режиму за допомогою пароля або безконтактної картки користувача.

Модуль «Управління» дозволяє відображати в реальному часі на екрані комп'ютера диспетчера стан системи, зокрема наявність зв'язку з обладнанням, рівень освітленості в робочих приміщеннях, стан світильників (ввімкнено чи вимкнено). Маючи відповідні права доступу, користувач може здійснювати керування світильниками, вибирати певний режим роботи системи керування - автоматичний, «за розкладом» або локальний, - переглядати статистичні дані роботи системи.

Розроблена система володіє такими функціональними можливостями:

- підтримує штучну освітленість в приміщенні на заданому рівні;
- здійснює облік природного освітлення в заданому приміщенні;
- здійснює облік часу, днів та присутності людей в приміщенні;

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконує інтелектуальне дистанційне керування освітленням з використанням бездротового і дротового каналів зв'язку;
  - дозволяє регулювати рівень освітленості;
  - здійснює контроль стану світильників за допомогою сервера;
  - можна індивідуально здійснювати налаштування режимів роботи системи
- автоматичний, ручний, черговий – за допомогою розкладу роботи розробленої системи.

- дозволяє виконувати локальне керування світильниками за фактором присутності.

Програмне забезпечення сервера виконує функції керування, налаштування, контролю, обробки та зберігання накопиченої інформації.

1. Функції керування:

- блоками ввімкнення/вимкнення світильників або їх груп;
- окремими світильниками;
- режимами керування яскравістю світильників;
- автоматичне керування і ручне керування (локальне або від системи);
- режимами роботи локальних панелей керування.

2. Режими формування системи:

- налаштування адрес обладнання;
- формування робочих груп;
- налаштування параметрів системи для виконання обміну та формування звітів;
- ввід та налаштування параметрів обладнання;
- ввід та візуалізація плану системи (приміщення, груп світильників, окремих світильників, зв'язку між обладнанням, технічні специфікації і позначення).

3. Формування розкладу з врахуванням часу, днів тижня та дати.

4. Контроль стану окремих світильників, груп світильників, обладнання керування і обліку.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Зберігання накопиченої інформації про стан системи і її елементів за часом, формування статистичних звітів.

6. Виконання аналізу поточної ситуації:

- перевищення допустимого рівня споживання електроенергії для пристроїв керування;

- вихід з ладу світильників, пристроїв керування і ліній зв'язку;

- спрацювання датчиків присутності в режимі охорони.

### *Структура системи*

З огляду на, що вибраний об'єкт впровадження пілотного проекту системи освітлення - діюча мебельна фабрика, в якій без проведення капітального ремонту неможливо змінити схему електромонтажу світильників загального користування, окреме дистанційне керування кожним світильником з допомогою блоків управління реле БУР-8, які заплановано встановити у кожному цеху, визнано недоцільним.

У всіх точках виробничих приміщень фабрики замість ламп розжарювання передбачено встановлення світлодіодних світильників потужністю 10 Вт, які обладнані акустичними датчиками і датчиками освітленості [28].

Використання акустичних датчиків передбачає реалізацію наступних основних правил для забезпечення комфортних умов працівників фабрики:

- світло повинно вмикатися наперед, тобто ще до переміщення людини в неосвітленому приміщенні;

- світильники в робочих приміщеннях повинні вмикатися одночасно.

У електричних шафах виробничих приміщень встановлюються електролічильники ЕНЕРГІЯ-9, в яких реалізовано підтримку функції управління підключенням/відключенням електромережі споживача та захистом від перевищення допустимої напруги і перевищення ліміту потужності.

Для реалізації бездротового обміну даними в одному приміщенні їх електричних шафах встановлено пристрої збору і передачі даних УСПД-01,

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які з'єднані з розташованими поруч електричними лічильниками за допомогою інтерфейсу RS-485.

Для організації каналів збору даних енергоспоживання з цехових лічильників передбачається використання пристроїв збору та передачі даних з безпроводним зв'язком УСПД-02 і пристроїв УСПД-01 зі зв'язком по інтерфейсу RS-485.

Для забезпечення реального збору даних на вводі необхідно встановити на підприємстві сучасні лічильники з імпульсними або інтерфейсними виходами.

В коридорах і переходах між цехами передбачено встановлення автономних світильників потужністю 5 Вт.

У диспетчерському приміщенні згідно розробленого проекту передбачено встановлення наступного обладнання (рис. 3.7):

- панель локального управління для забезпечення функції управління ввімкнення чи вимкнення світильників в ручному режимі або режимі «Розклад» для окремих приміщень;

- давач освітленості, який виконує передачу вихідної інформації для ввімкнення чи вимкнення світильників приміщення, що знаходяться під управлінням сервера;

- пристрій синхронізації і зв'язку КСС-11, який використовується для встановлення і підтримки точного часу в електричні лічильники при наявності багатотарифної системи оплати;

- комп'ютер управління з відповідним програмним забезпеченням та електронними перетворювачами інтерфейсів для організації підключення пристроїв системи;

- електронний термінал стільникового зв'язку для забезпечення обміну даними з віддаленим комп'ютерним сервером.

З метою демонстрації можливостей системи в диспетчерській, яку взято за приклад офісного приміщення) встановлені світлодіодні офісні світильники СВО-01/43-2800/40 з керуванням радіоканалом, з інфрачервоним

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.	
Дрк.	
№ докум.	
Промис.	
Дата	
КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	
Дрк.	

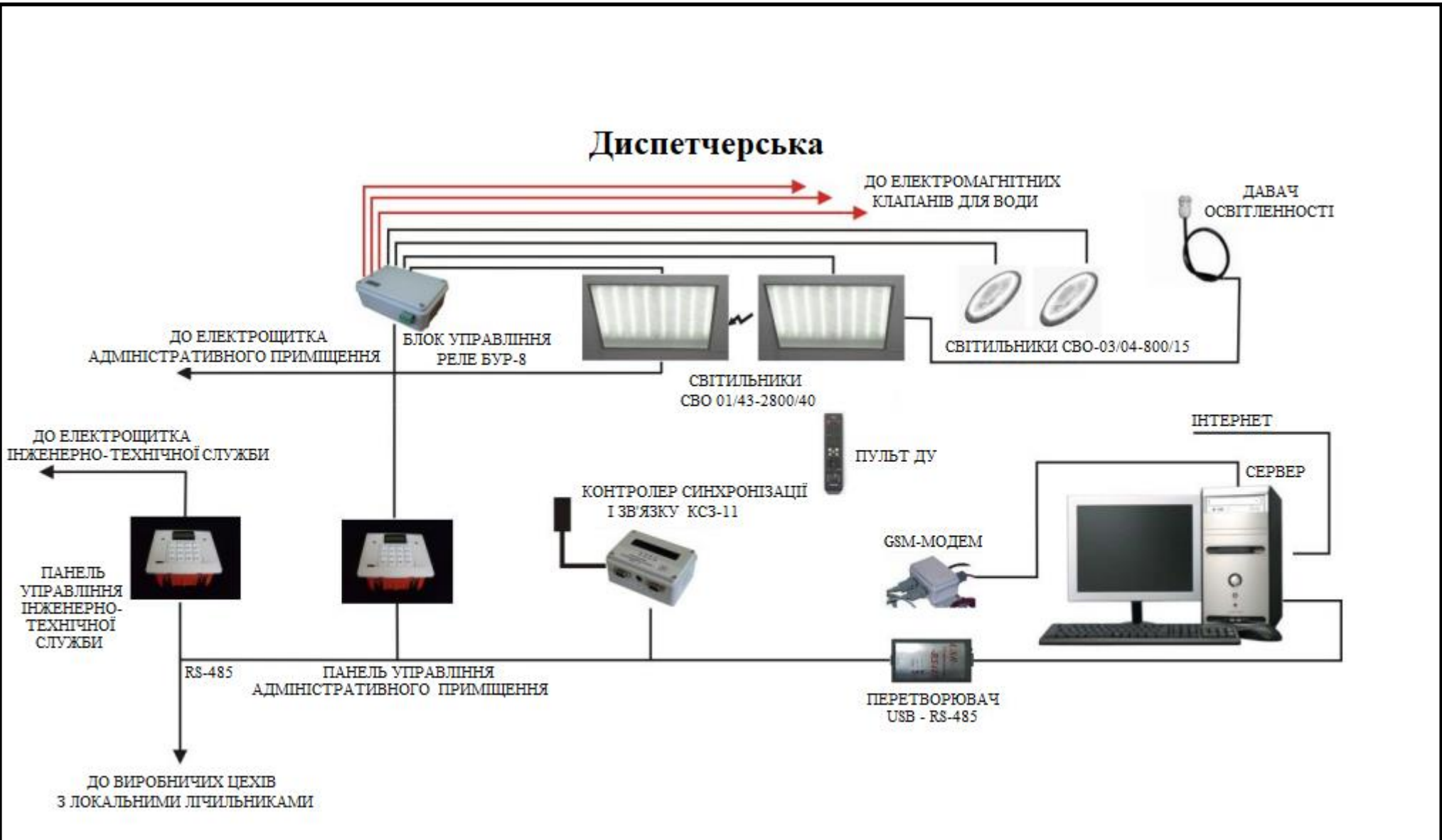


Рисунок 3.7 – Схема системи освітлення приміщення



каналом керування та датчем освітленості. В коридорі і санвузлі встановлено світильники СВО-03/04-800/15 з датчами акустики та освітленості [29].

Для управління світильниками від мережі живлення, електромагнітними клапанами системи трубопроводів холодної і гарячої води, системи теплопостачання планується встановлення блоку управління реле БУР-8. Лінії зв'язку та керування є комбінованими, тобто двожильними з інтерфейсом RS-485 і бездротовими з частотою 2,4 ГГц. Схему керування освітленням виробничих приміщень приведено на рис. 3.8.

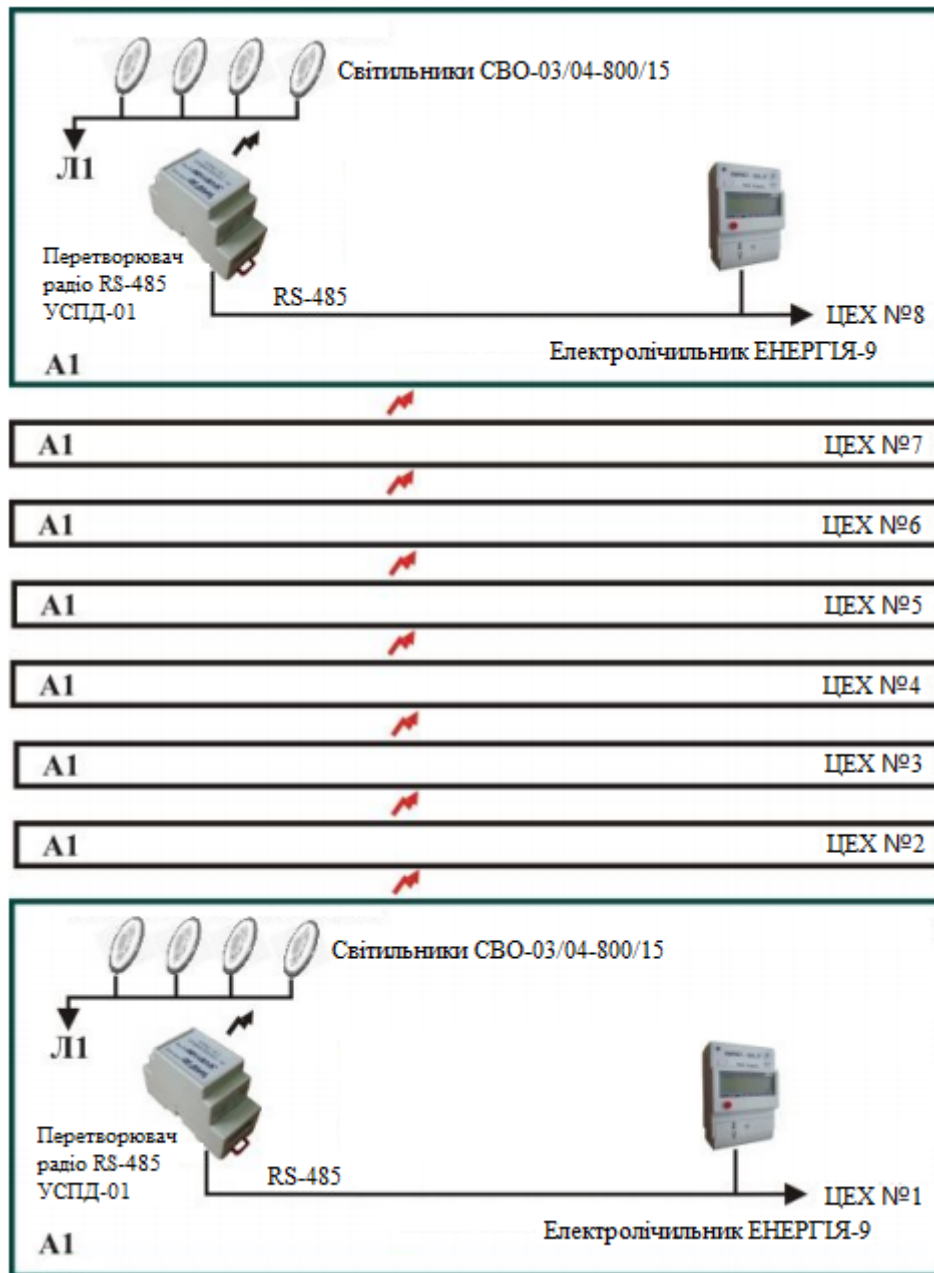


Рисунок 3.8 – Схема керування освітленням виробничих приміщень

### 3.6 Висновки до розділу 3

1. Система керування освітленням ТОВ «Меркурій» виконана як сума систем освітлення виробничих приміщень з делегуванням деяких функцій управління від головного сервера адміністративного приміщення з більш високим пріоритетом і який використовується як регулятор режимів керування і диспетчерським центром, зокрема збором і зберіганням інформації, складанням і відображенням поточних звітів.

2. У робочих приміщеннях, де постійно перебувають працівники, встановлюються панелі локального керування з метою регулювання світлового потоку груп інтерфейсних світильників і керування ввімкненням/вимкненням керованих та некерованих світильників за допомогою блоків управління реле БУР-8.

3. Розроблено структуру системи керування освітленням на базі серверу збору і обробки інформації з використанням пристроїв збору та передачі даних з безпроводним зв'язком і з зв'язком по інтерфейсу RS-485.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Заходи безпеки в електроустановках напругою до 1000 В

В процесі обслуговування електричних установок напругою до 1000 В необхідно виконувати профілактичні ремонти, випробування ізоляції електричних машин, апаратів, кабелів, внутрішніх цехових електромереж, налаштування електроприводів, релейного захисту і інших профілактичних операцій. Також сюди входить проведення невеликих за об'ємом робіт щодо попередження і ліквідації аварій і незначних неполадок [30].

До електричних установок або їх частин, які перебувають під дією електричної напруги, відносять також підготовлені до роботи струмопровідні частини електричної установки або її частини, які можуть у будь-який момент виявитися під напругою.

Роботи, що виконуються в діючих електричних установках, по відношенню до засобів безпеки можна розділити на три категорії [31].

1) Роботи, де передбачено *зняття напруги*, проводяться в електроустановці, в якій з усіх струмопровідних частин відключена напруга та відсутній незачинений вхід в сусідню електроустановку, що знаходиться під дією електричної напругою.

2) *Без зняття напруги* на струмопровідних частинах, тобто електроустановки знаходяться під дією напруги. Виконують такі роботи, при яких потрібно застосовувати технічні або організаційні заходи з метою запобігання можливого наближення працівників до струмопровідних частин на небезпечні відстані, а також роботи на струмопровідних частинах, що передбачають виконання за допомогою ізолюючих захисних засобів і інструментів.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Бандрівська М.					6	2
Керівник		Оробчук Б.Я.						
Н. контр.		Вакуленко О.О.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						
						ТНТУ, ФПТ, ЕТЗс-42		

3) *Без зняття напруги далеко від струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.* Такі роботи можна виконувати, коли виключено випадкове наближення працівників і використовуваних ними ремонтного оснащення і інструменту до струмопровідних частин на небезпечну відстань. При цьому не вимагається застосування організаційних і технічних заходів з метою запобігання такому наближенню.

Перед початком виконання ремонтних або налагоджувальних робіт, а також в процесі їх проведення, відповідальні особи та виконавці цих робіт повинні дотримуватись технічних і організаційних заходів з метою забезпечення безпеки персоналу. Зокрема, до технічних заходів відноситься відключення установки з проведенням заходів, де виключена помилкова подача напруги до місця виконання робіт, встановлення огорож з вивішуванням спеціальних плакатів, виконання перевірки відсутності напруги та встановлення заземлення.

В електроустановках напругою до 1000 В відключення необхідно здійснювати таким чином, щоб частина електроустановки або електроустаткування, які виділені для виконання робіт, були з усіх боків відокремлені комутаційними апаратами або знятими запобіжниками від струмопровідних частин, що можуть знаходитися під напругою,. У зазначених установках для виключення подачі напруги до місця виконання робіт внаслідок ефекту трансформації потрібно відключити всі пов'язані з електроустаткуванням, що підготовлене до ремонту, силові, вимірювальні та інші спеціальні трансформатори зі сторони як високої, так і низької напруги. Струмопровідні частини, на яких передбачається проведення робіт, а також і ті, які можуть бути доступні до дотику при виконанні робіт, необхідно відключити. Струмопровідні частини, які доступні до дотику, можна не відключати за умови, якщо їх можна захистити спеціальними ізолюючими накладками.

Після проведення перевірки відсутності напруги, відключені частини потрібно заземлити за допомогою переносного заземлення з метою захисту

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працівників від можливого ураження електричним струмом. У електричних установках, конструкція яких не дозволяє накласти заземлення, або воно небезпечне і неможливе, то при підготовці робочого місця слід виконати додаткові заходи безпеки:

- замикання приводу роз'єднувача на замок,
- огороження ножів або верхніх контактів роз'єднувачів гумовими ковпаками або жорсткими накладками з спеціального ізоляційного матеріалу.

Список таких електричних установок має бути визначений і затверджений особою, яка відповідає за електричне господарство підприємства, ділянки або цеху.

#### 4.2 Розрахунок грозозахисту цеху нестандартних меблів

Житлові, громадські і виробничі приміщення та споруди промислових підприємств в залежності від їх конструктивного виконання, призначення, географічного розташування, пов'язаного з інтенсивністю грозової активності і очікуваної кількості ураження їх блискавкою, повинні бути забезпечені надійним грозозахистом [32].

Обладнанню грозозахистом підлягають будівлі та споруди залежно від очікуваного числа  $N$  ураження блискавкою в рік:

$$N = \frac{(B + 3 \cdot h_x) \cdot (L + 3 \cdot h_x) \cdot n}{10^6}$$

де  $B$  - ширина будівлі, що захищається, м;

$L$  - довжина будівлі, що захищається, м;

$h_x$  - найбільша висота будівлі, м;

$n$  - середнє число поразки 1 км<sup>2</sup> земної поверхні в рік,  $n = 3,8$ .

Оскільки будівлі та споруди мають складну конфігурацію, то  $B$  і  $L$  - це сторони прямокутника, в який вписується на плані об'єкт, що захищається. В табл. 4.1 приведені розміри приміщення цеху нестандартних меблів.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Розміри цеху нестандартних меблів

$B$ , м	$L$ , м	$h_x$ , м
190	280	13.02

$$N = \frac{(190 + 3 \cdot 13,02) \cdot (280 + 3 \cdot 13,02) \cdot 3,8}{10^6} = 0,027.$$

Простір, захищений від прямих ударів блискавки, називають *зоною захисту* громовідводу. Таким чином, споруда, що захищається, повинна повністю вписуватися в межі зони захисту. Вибираємо стержневий блискавковідвід, який є вертикально встановленою струмопровідною конструкцією (металевий стержень, трубу або гратчасту ферму), надійно приєднаною по найкоротшому шляху до пристрою заземлення [33].

Кожен блискавковідвід характеризується висотою  $h$ :

$$h = h_a + h_x, \quad (4.1)$$

де  $h_a$  - активна висота, м.

Висота орієнтації лідера блискавки на верхню частину стержневого громовідводу складає  $10-20 \cdot h$  і зоною 100%-го ураження громовідводу служить парабола обертання. Лідер блискавки, який попадає (входить) до цієї зони, зазвичай обов'язково вражає громовідвід. З метою захисту об'єктів більшої площі можна використати декілька громовідводів. Їх розташування необхідно спланувати таким чином, щоб їх зони 100%-го ураження були дотичними або частково перекривали одна одну. Відповідно, відстань між сусідніми блискавковідводами не повинна перевищувати величину, яка рівна добутку  $7 \cdot h_a$  (рис. 4.1).

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

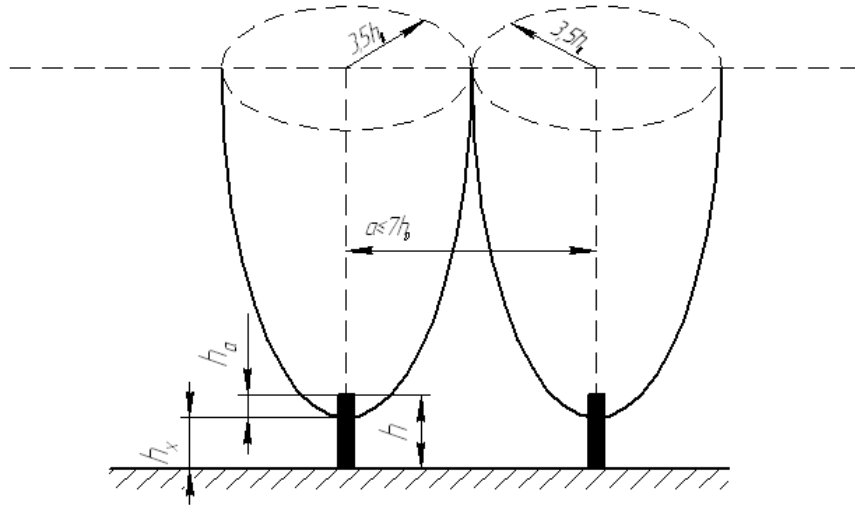


Рисунок 4.1 - Зони 100%-го ураження двох стержневих громовідводів

Вибираємо зону захисту одиночного громовідводу:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \cdot p, \quad (4.2)$$

де  $p = 1$  при  $h \leq 30$  м,

і  $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$  при  $h > 30$  м.

$$h = 15 + 13.02 = 28,02 \text{ м.}$$

$$r_x = 1,6 \cdot 28,02 \cdot 1 = 17,93 \text{ м.}$$

Захист об'єкту виконаємо двома громовідводами. На рис. 4.2 приведено схему зони захисту двох стержневих громовідводів.

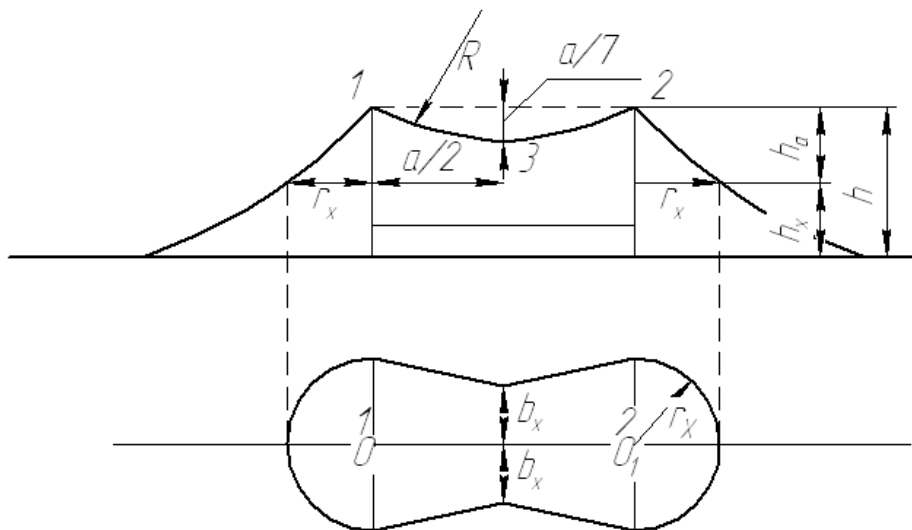


Рисунок 4.2 – Схема зони захисту двох стержневих громовідводів

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня частина межі зони захисту будується так само як і для одиночного громовідводу: внутрішня частина (розташована між громовідводами) має форму сідловини, верхня твірна якої слугує частиною кола радіусу  $R$ , проведеного через точки 1, 2 і 3 (висота точки 3 над землею становить  $h-a/7$ ), а найменшу ширину  $2 \cdot b_x$  на висоті  $h_x$  можна визначити за формулою:

$$b_x = 4 \cdot r_x \cdot \frac{7 \cdot h_a - a}{14 \cdot h_a + a}, \quad (4.3)$$

де  $a$  – відстань між громовідводами, м.

$$b_x = 4 \cdot 17,93 \cdot \frac{7 \cdot 15 - 105}{14 \cdot 15 + 105} = 71,7 \text{ м.}$$

### 4.3 Захист персоналу у діючих електроустановках

Щодо заходів безпеки, які передбачені в діючих електроустановках, зокрема, на повітряних і кабельних лініях електропередачі при проведенні ремонтних, монтажних, налагоджувальних, будівельних і інші робіт, можна розділити на 3 категорії: робота під напругою, робота без зняття напруги, робота зі зняттям напруги [34].

При виконанні робіт з частковим включенням обладнання електромонтажнику забороняється наближатися самому і наближати інструмент та прилади, з якими він працює, до струмопровідних частин під напругою на відстань, яка є меншою за вказану в табл. 4.2, де приведено найменшу допустиму відстань виробничих працівників і використовуваних ними інструментів та приладів від тимчасових огорож до струмопровідних частин під час виконання робіт під напругою. Виконання робіт зі зняттям напруги здійснюється при повному або частковому відключенні електрообладнання [35].

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 4.2 - Безпечна відстань від струмопровідних частин

	Діюча напруга електрообладнання, кВ									
	до 1,0	3 ... 35	60 ... 110	150	220	330	400 ... 500	750	800 постій- ного струму	1150
Найменша допустима відстань, м	0,7	0,7	1,0	1,8	2,1	2,6	3,6	5,2	3,6	8,3

На рис. 4.3 показано, як визначити відстані від людини, що виконує роботи в діючих установках, до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В.

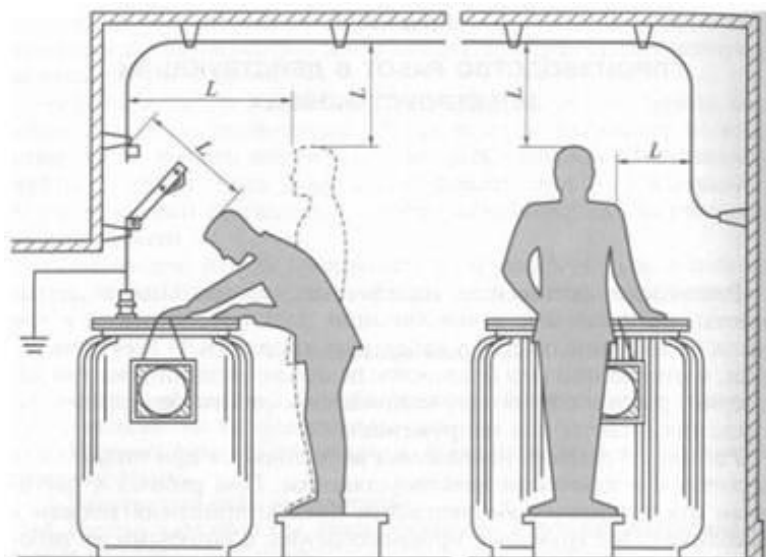


Рисунок 4.3 - Допустимі відстані від працівника до струмопровідних частин

Найменші допустимі відстані від людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В напругою при виконанні робіт в діючій електроустановці приведені в табл. 4.2.

Роботи без зняття напруги проводяться без відключення будь-яких частин електрообладнання. В цьому випадку працювати можна за огороженнями струмопровідних частин постійними і тимчасовими, на корпусах обладнання, на основі оболонки кабелів, а також на відстанях від

неогороджених струмопровідних частин під напругою, які приведені в табл. 4.2.

Роботи під напругою можна виконувати прямо на струмопровідних елементах із використанням електричних захисних засобів на відстанях, які зазначені в табл. 4.2.

В електричних установках всі види робіт потрібно виконувати з обов'язковим дотриманням таких умов [36]:

- робота виконується з дозволу уповноваженої офіційної особи відповідно до завдання, яке оформлене у вигляді розпорядження або наряду-допуску;
- для забезпечення персоналу безпечних умов праці мають бути проведені організаційні і технічні заходи.

#### **4.4 Висновки до розділу 4**

1. Розглянуто та запропоновано заходи безпеки в електроустановках напругою до 1000 В при виконанні робіт зі зняттям та без зняття напруги на струмопровідних частинах обладнання.

2. Виконано розрахунок блискавкозахисту об'єкта, на якому буде розміщено розроблену в кваліфікаційній роботі автономну систему електропостачання житлового будинку.

3. Запропоновано організаційні та технічні заходи щодо захисту персоналу у діючих електроустановках.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведених досліджень в кваліфікаційній роботі було запропоновано вирішення поставленої задачі, зокрема розроблено систему керування освітленням мебельної фабрики ТОВ «Меркурій» з використанням енергоощадних джерел світла.

2. Під час виконання роботи було проведено літературний огляд сучасних систем управління освітлення з вибором прототипу відповідно до поставленого завдання, розроблено попередню схему управління освітленням, виконано аналіз джерел світла.

3. В роботі запропоновано замінити лампи розжарювання і люмінесцентні лампи на світлодіодні з аналогічною світловіддачею і меншою потужністю з метою суттєвого зниження споживання електроенергії.

4. До основних переваг розробленої системи керування освітленням підприємства слід зазначити доволі невелику її ціну та простоту реалізації.

5. Розроблено структуру системи керування освітленням на базі серверу збору і обробки інформації з використанням пристроїв збору та передачі даних з безпроводним зв'язком і з зв'язком по інтерфейсу RS-485.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Бандрівська М.			<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Оробчук Б.Я.						
Н. контр.		Вакуленко О.О.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						
						ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 13109-97. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. – Київ: Технічний комітет зі стандартизації в галузі електромагнітної сумісності технічних засобів. – 1999.
2. Автоматизація інженерних мереж. Способи дистанційного управління вуличним освітленням. [Електронний ресурс]. - URL: <http://antrel.ua/node/90>
3. Освітлювальне обладнання – Системи керування освітленням. [Електронний ресурс]. - URL: <http://www.k-to.ua/ua/interesting/obor/detail.php?ID=393>
4. Напівпровідникові прилади: підручник / Л. Д. Васильєва, Б. І. Медведенко, Ю. І. Якименко . — К.: Кондор, 2008. — 556 с. — ISBN 966-622-103-9.
5. Електронні компоненти – Фотоелементи – Фоторезистори. [Електронний ресурс]. - URL: [http://tec.org.ua/board/fr\\_765/](http://tec.org.ua/board/fr_765/)
6. Електронні компоненти – Реле - Твердотільні реле. [Електронний ресурс]. - URL: <http://www.chipdip.ua/product/cxe240d5.aspx>
7. Довідникова книга для проектування електричного освітлення. 2-е видання / Кноррінг Г.М., Фадін Н.М., Сидоров В.Н. – С-Пб, Енергоатомвид, 1992. – 448 с.
8. Єгорова О.Ю. Перспективи використання світло( діодних джерел світла / О.Ю. Єгорова, О.О. Аблецов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. — 2010. — Вип. 3. — С. 152—156
9. Енергоефективні світлодіодні освітлювальні системи: [монографія]/З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко; ред.: В. Сорокін; НАН України, Ін-т фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, Нац. ун-т «Львів. політехніка», НАМН України, Ін-т медицини праці. — Київ: Авіцена, 2016. — 334 с.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Бандрівська М.			<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Оробчук Б.Я.						
Н. контр.		Вакуленко О.О.				ТНТУ, ФПТ, ЕТзс-42		
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

10. Пилипчук Р.В. Проблема енергозбереження в освітлювальних установках / Р.В. Пилипчук, Р.Ю. Яремчук // Світлолюкс. – 2003. – № 2. – С. 10-13
11. Сапрыка А.В. Повышение энергоэффективности осветительных комплексов с учетом качества электрической энергии / А.В. Сапрыка. – Харьков: ХНАМГ, 2009. – 126 с.
12. Айзенберг Ю.Б. Энергоэффективное освещение. Проблемы и решения / Ю.Б. Айзенберг // Энергосовет. – 2010. – № 6 (11). – С. 20-26.
13. Проблеми енергозбереження в освітлювальних системах [Електронний ресурс]. - URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/5901/1/07.pdf>
14. Гірська О., Малюта Л. Формування ефективної маркетингової інформаційної системи на ринку світлотехнічної продукції. Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25–26 листопада 2015 року). Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. С. 185–186
15. Анализ мирового рынка светодиодной светотехнической продукции. – [Електронний ресурс]. - URL: <http://nprpss.ua/public/Files/presentation.pdf>
16. Мировой рынок светотехники. [Електронний ресурс]. - URL: <http://ltcompany.com/media/uploads/2015/05/08/2014-11122014-11-14-3.pdf>
17. Аналіз ринку електроосвітлювальних приладів в Україні [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.uk.x-pdf.ru/5tehnicheskie/2217498-22-formuvannya-mehanizmiv-upravlinnya-yakistyupidvischennya-konkurentospromozhnosti-pidprimstv-vii-mizhnarodna-naukovo-pr.php>
18. Олейник, В. Светотехнический рынок Украины. [Електронний ресурс]. – URL: <http://svet.com.ua/files/files/5306204/00rinoknpi2015.pdf>
19. Лоскутов, А. Б. Методика расчёта экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита [Текст] / А. Б. Лоскутов, А. С. Шевченко // Электропанорама. – 2000. – Вип. 5–6. – С. 24–27. – Библиогр.: с. 27.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П. Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровогр. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова Гол. Держ. сан. лікаря України від 01.12.1999 № 42
22. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ, Розділ 6. Електричне освітлення. – Київ, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017. – 617 с.
23. ДБН В.25-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України: Київ, 2006. -76 с.
24. Щербина Н. В. Охрана труда. Проектирование и расчет производственного освещения: методическое пособие / Н. В. Щербина, Д. А. Мельниченко, А. В. Копыток. – Минск: БГУИР, 2009. – С. 36.
25. Перспективність використання світлодіодних ламп для освітлення виробничих приміщень / Березюк О.В., Креготень Є.Г. [Електронний ресурс]. – URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/3416>
26. Можливості та ефективність світлодіодного освітлення постійних робочих місць у сучасному будівельному виробництві / Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В., Лаухіна Л. М. / Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Серия: Стародубовские чтения 2017. Вып. 96. – Днепр, ГВУЗ «ПГАСА», 2017. – С. 123-127.
27. Построение систем управления сложными комплексами наружного освещения / Вставская Е.В., Барбасова Т.А. // Вестник Южно-Уральского государственного университета / Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2011. - №23 (240). – С. 98-101.
28. Боярская Н. П., Довгун В. П. Влияние светодиодных источников света на спектры токов и напряжений питающей сети // Вестник КрасГАУ. 2014. №3. [Електронний ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-svetodiodnyh-istochnikov-sveta-na-spektry-tokov-i-napryazheniy-pitayuschey-seti>

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Вплив світлового середовища на зорову працеспроможність оператора / Мещерякова І. В., Рабіч О. В., Чумак Л. О. / Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. Вып. 101 / – Днепр, ГВУЗ «ПГАСА», 2017. – С. 160-165.
30. Основи охорони праці: підручник для студентів вищих навчальних закладів // За ред. д.т.н., проф. М.П. Гандзюка - К.: Каравела, 2003. - 408 с.
31. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». К.:НАУ,2000.-136с.
32. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ)
33. ПУЕ:2006 Правила улаштування електроустановок. Розділ 1 Загальні правила. Глава 1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки, затверджені наказом Мінпаливенерго України від 28.08.06 № 305
34. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000.-188 с.
35. Влияние электромагнитного излучения на жизнедеятельность человека и способы защиты от него. Учебное пособие – Захаров С. Г., Каверзнева Т. Т. СПб.: СПбГТУ, 1992, 74 с., ил.
36. Закон України “Про захист людини від надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження”, ВРУ, № 1809 – 111. – К., 2000.
37. Євтух П.С., Буняк О.А., Оробчук Б.Я. Решетник В.Я. Зміст та тематика дипломних проектів (робіт) за спеціальністю 7.05070103 (8.05070103) електротехнічні системи електроспоживання // Методичні вказівки. - Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2012.

					КРБ 19-131.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

