

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

Розробка системи керування вуличним освітленням

тему:

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТз-41
спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Турянський Н.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Філюк Я.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач
кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Коваль В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 08 » травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Турянському Назарію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи керування вуличним освітленням

Керівник роботи ... Філюк Ярослав Олександрович, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від « 07 » Травня 2025 року № 4/7-442

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2025 року

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

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. к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., зав. кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання 08 травня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Турянський Н. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Філюк Я.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: стор.53; рис. 23; табл. 3; джерел 12.

Об'єкт дослідження: система автоматичного керування вуличним освітленням.

Мета роботи: дослідження можливостей, розробка та впровадження системи керування вуличним освітленням на основі реле часу Для оптимізації витрат на утримання об'єкта та підвищення його енергоефективності

Метод дослідження: у роботі використано аналітичний, розрахунковий та експериментальний методи дослідження. Для моделювання принципової електричної схеми застосовано програмне забезпечення **Proteus**. Розрахунки витрат електроенергії та економічної ефективності виконано на основі паспортних даних обладнання та діючих тарифів на електроенергію.

Розраховано витрати електроенергії системи за рік експлуатації, вартість обладнання, монтажних робіт та витрати на обслуговування. Проведено порівняльний аналіз із альтернативною системою на основі промислового контролера. Показано, що використання запропонованої системи дозволяє зменшити споживання електроенергії на 25–35%, продовжити термін експлуатації ламп на 30–40%, знизити витрати на технічне обслуговування та зменшити навантаження на обслуговуючий персонал.

Ключові слова: вуличне освітлення, енергозбереження, реле часу, енергоефективність, автоматизація, керування освітленням.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 4

ЗМІСТ 5

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ 9

1.1 Характеристики енергозберігаючих систем освітлення 9

1.2 Основи організації системи управління вуличним освітленням 16

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 18

2.1 Розроблення структурної схеми 18

2.2. Вибір елементів. 20

2.3 Складання стенду системи керування освітленням 24

2.4 Переваги системи у порівнянні з традиційними рішеннями 29

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ 32

3.1 Виконання принципової електричної схеми в програмі Proteus. 32

3.2. Розрахунок витрат енергоносіїв 34

3.3 Розрахунок вартості обладнання 36

3.4 Розрахунок вартості монтажних засобів 38

3.5 Розрахунок витрат на соцстрах 39

3.6 Розрахунок суми витрат 39

3.7 Порівняльна характеристика 43

3.8 Висновок до розділу 45

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ 46

4.1 Загальні вимоги 46

4.2 Значення охорони праці в системах електричного освітлення 49

4.3 Вимоги до роботи з електроустановками під напругою 50

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 51

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 52

ВСТУП

Вуличне освітлення є невід'ємною частиною міської інфраструктури, що забезпечує безпеку та комфорт громадян у нічний час. Належне освітлення доріг, тротуарів, парків та інших громадських місць суттєво впливає на якість життя мешканців, сприяє зниженню кількості дорожньо-транспортних пригод та зменшенню рівня злочинності. Проте, традиційні системи вуличного освітлення часто є енерговитратними та потребують значних фінансових вкладень на їх обслуговування.

Сучасні технології пропонують численні рішення для підвищення ефективності вуличного освітлення. Одним із таких інноваційних підходів є використання реле часу. Реле часу — це автоматичний пристрій, призначений для керування електричними колами на основі заданого графіка або відповідно до певних подій. Він дозволяє вмикати та вимикати освітлення у визначені години, враховуючи зміни тривалості світлового дня впродовж року.

Принцип роботи реле часу базується на попередньо встановлених програмах, які задають конкретні моменти включення та виключення освітлення. Це може бути корисним для оптимізації використання електроенергії, адже світло вмикається лише тоді, коли це необхідно. Існують різні типи реле часу: механічні, електронні та програмовані. Механічні реле часу прості у використанні та налаштуванні, але мають обмежені можливості. Електронні реле часу більш точні та надійні, забезпечуючи вищу гнучкість у програмуванні. Програмовані реле часу можуть бути інтегровані в системи "розумного" управління освітленням, дозволяючи змінювати графіки роботи в залежності від конкретних умов та вимог.

Впровадження реле часу в систему вуличного освітлення не лише сприяє економії енергії, але й дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування завдяки зменшенню кількості вмикань та вимикань освітлювальних приладів, що подовжує їхній термін служби. Крім того, автоматизація процесів освітлення підвищує загальну надійність та стабільність роботи системи, що особливо важливо для міських умов.

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю зниження енергоспоживання в системах зовнішнього освітлення та підвищення надійності їх роботи в умовах сучасних міських інфраструктур. Враховуючи постійне зростання тарифів на електроенергію та важливість безпеки громадських просторів, розробка ефективних систем автоматичного керування освітленням є своєчасним і важливим завданням.

Метою цієї роботи є дослідження технічних можливостей, розробка та практичне впровадження системи автоматичного керування вуличним освітленням із використанням реле часу, що дозволить оптимізувати режим роботи світильників і зменшити енергоспоживання.

Для досягнення поставленої мети визначено такі основні завдання: аналіз існуючих рішень у сфері автоматизації освітлення; розробка структурної та електричної принципової схеми керування; моделювання роботи системи в програмному середовищі; виконання розрахунків витрат електроенергії та економічної доцільності; а також порівняльний аналіз із альтернативними системами.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристики енергозберігаючих систем освітлення

Світлодіодні технології стали невід'ємною частиною сучасних енергоефективних рішень для освітлення міських вулиць і магістралей. Такі світильники активно застосовуються в різних країнах, зокрема в США, Китаї та європейських державах. LED-ліхтарі, встановлені на опорах різної висоти, використовуються для освітлення автомобільних доріг за межами населених пунктів. У межах міст для підсвітки вулиць, прибудинкових територій і проїжджих частин застосовуються світлодіодні вуличні світильники меншої потужності, приклади яких зображено на рис. 1.1 та рис. 1.2.



Рисунок 1.1 – LED-ліхтарі, що освітлюють вулиці

Високоєфективні світлодіоди типу HIGH POWER LED, які є основою для створення світлодіодних світильників, призначених для освітлення вулиць і автомагістралей, демонструють відмінні результати. Вони здатні генерувати світловий потік до 14 000 люменів, забезпечуючи якісне освітлення. При цьому витрати електроенергії значно нижчі порівняно з традиційними вуличними світильниками.



Рисунок 1.2 – LED-ліхтарі, що освітлюють вулиці



Рисунок 1.3 – Яскрава LED-ілюмінація шосе з ліхтарями, що прикрашають міст



Рисунок 1.4 – Яскрава LED-ілюмінація шосе з ліхтарями, що прикрашають міст

На рис. 1.3 та 1.4 зображено освітлення всієї протяжності моста за допомогою світлодіодних світильників, встановлених на опорах заввишки 12 метрів. Окрім значної економії електроенергії, ключовою перевагою використання LED-світильників для вуличного освітлення є зменшення витрат на їхнє обслуговування. Світлодіодні лампи, застосовувані в таких світильниках, мають термін служби від 50 000 до 60 000 годин. Для порівняння, традиційні металогалогенні лампи або ДРЛ, що використовуються для освітлення вулиць і магістралей, працюють лише 10 000–11 000 годин. Заміна вичерпаних традиційних ламп вимагає спеціального обладнання, зокрема підйомної вишки, а також залучення бригади електриків, що робить цей процес досить витратним. Світлодіодні світильники значно перевершують традиційні системи освітлення за економією на обслуговуванні.



Рисунок 1.5 – LED-ліхтарі для підсвітки вулиць



Рисунок 1.6 – LED-лампи для підсвітки вулиць

На рис. 1.5 та 1.6 показано світлодіодні світильники, які забезпечують освітлення міської автомагістралі. LED-світильники для вуличного освітлення характеризуються миттєвим увімкненням і моментальним досягненням заявленого рівня світлового потоку. Ця особливість значно відрізняє їх від світильників із металогалогенними лампами, для яких характерне поступове наростання світлового потоку, відоме як "розпалювання", що може тривати кілька хвилин.



Рисунок 1.7 – LED-освітлення на шосе



Рисунок 1.8 – LED-підсвітка на шосе

На рис. 1.7, 1.8 та 1.9 чітко видно світлові зони, сформовані світлодіодними світильниками на проїжджій частині автодороги. Ці світильники встановлено на опорах заввишки 12 метрів, що забезпечує рівномірне освітлення поверхні дороги.



Рисунок 1.9 – Освітлення багатополосної автомагістралі за допомогою світлодіодних світильників

На сучасному етапі питання раціонального використання енергоресурсів є надзвичайно актуальним для багатьох країн. Навіть держави, які раніше не звертали уваги на ціни енергоносіїв, нині стикаються з дисбалансом між вартістю кіловат-години та тарифами. Для України ця проблема є особливо гострою, оскільки зростання витрат на електроенергію позначається на всіх сферах, зокрема на вуличному освітленні, комунальних об'єктах і житлово-комунальному господарстві загалом. У цій курсовій роботі досліджується можливість економії електроенергії завдяки впровадженню енергоефективних рішень для вуличного освітлення.

Концепція "розумного" освітлення базується на використанні адаптивного та енергоефективного обладнання. Для цього застосовуються світильники, оснащені датчиками та інтегровані в системи з автоматичним керуванням. Такі пристрої дозволяють вимикати освітлення або знижувати його інтенсивність у періоди, коли воно не потрібне, наприклад, за достатньої природної освітленості або за відсутності об'єктів у зоні дії ліхтаря. При появі відповідних факторів, таких як рух або зниження рівня світла, світильники автоматично вмикаються. Система може бути налаштована таким чином, щоб ігнорувати незначні або непотрібні подразники, уникаючи нерационального споживання електроенергії.

Інтелектуальні системи освітлення сприяють значній економії електроенергії в містах, особливо в ситуаціях, коли її використання є недоцільним. Наприклад, смарт-світильники здатні знижувати інтенсивність світла за погіршення видимості,

спричиненого низькими температурами, опадами (ожеледицею, снігом, дощем) або туманом. На відміну від традиційних вуличних ліхтарів, які функціонують у постійному режимі незалежно від погодних умов, сучасні системи автоматично адаптують рівень освітленості. Це дозволяє забезпечити повноцінне освітлення простору під світильником з урахуванням усіх факторів, мінімізуючи появу зон із недостатньою видимістю.

На перший погляд, такі заходи можуть здаватися малозначними, але їхня ефективність уже доведена в країнах, які впровадили подібні технології. Спеціальні комісії продовжують відстежувати випадки запобігання аваріям завдяки якісному освітленню, а також розробляють рекомендації для різних сценаріїв експлуатації та погодних умов. Сучасні ліхтарі, оснащені різноманітними датчиками, здатні розрізняють, наприклад, ожеледицю зі сніжним покривом від ожеледиці без опадів, оптимізуючи роботу світильників відповідно до ситуації.

Хоча основна мета впровадження таких систем — звести до мінімуму нераціональне використання вуличного освітлення, врахувати всі можливі фактори неможливо. Тому в місцях із підвищеним ризиком або під час надзвичайних ситуацій забезпечується посилений моніторинг навколишнього середовища. Завдяки інтеграції всіх світильників у єдину мережу з централізованою системою керування, датчики аналізують умови в реальному часі, а освітленість прилеглої території автоматично підвищується до максимального рівня. Це допомагає уникнути погіршення видимості та сприяє економії електроенергії. У деяких країнах світильники налаштовані спалахувати особливим чином поблизу аварійних зон, спонукаючи водіїв бути уважнішими [10].

Сучасні системи вуличного освітлення можуть включати не лише світлодіодні світильники, але й LED-інформаційні панелі, які, подібно до цифрових дорожніх знаків, відображають актуальну інформацію про дорожню ситуацію в реальному часі. Такі панелі здатні динамічно реагувати на зміни, наприклад, сповіщати про необхідність зниження швидкості на певній ділянці, заборону паркування для забезпечення проїзду чи інші важливі повідомлення. Це значно підвищує безпеку та комфорт на дорогах.

Апаратна база систем вуличного освітлення майже повністю базується на LED-технологіях і напівпровідникових пристроях, доповнених логічними контролерами. Устаткування поділяється на окремі модулі, такі як спеціалізовані світлодіодні лампи (з можливістю дистанційного керування), кластери пристроїв для окремих вулиць, мікрорайонів чи дворів. Цей підхід відповідає принципу "розділяй і володарюй", що забезпечує гнучке керування кожним елементом системи. Така організація не лише сприяє стабільній роботі обладнання, але й полегшує діагностику несправностей, дозволяючи швидко виявляти та усувати проблеми, а також приймати рішення щодо заміни ламп чи світильників.

На відміну від традиційних систем освітлення, які потребують регулярних перевірок і залучення ремонтних бригад для обстеження аварійних ситуацій, "розумні" системи автоматизують ці процеси. Усі пристрої підключені до центральної системи моніторингу, яка в реальному часі відстежує їхній технічний стан. У разі несправності обладнання автоматично надсилає сигнал про проблему. Система веде журнал подій, зберігаючи дані про стан устаткування в базі, а також фіксує аварійні ситуації, пов'язані з електроживленням. Це дозволяє прогнозувати можливі збої в майбутньому, економити час на діагностику, зменшувати витрати на виїзди ремонтних бригад і знижувати витрати на паливо.

Традиційні підвісні вуличні світильники функціонують однаково незалежно від зовнішніх умов, тоді як розумні технології дозволяють розширювати можливості обладнання. Смарт-світильники автоматично адаптуються до зміни дня і ночі, тривалості світлового дня та рівня освітленості прилеглої території. Це забезпечує економію електроенергії, знижуючи яскравість або вимикаючи ліхтарі за відсутності потреби в освітленні.

Обслуговування старих систем освітлення базується на паперовій документації, що фіксує всі події. Натомість розумні системи дозволяють автоматизовано відстежувати стан обладнання та формувати оптимальні маршрути для ремонтних бригад, спрощуючи організацію робіт.

Застарілі методи обліку енергоспоживання ускладнюють точну оцінку витрат. Наприклад, у Німеччині та Норвегії вже близько 15 років використовується білінг,

орієнтований на реальне споживання електроенергії, а не на обсяг, переданий постачальником. Це дозволяє враховувати лише ту енергію, яка була фактично перетворена на світло.

Незважаючи на високий рівень захисту всіх вуличних світильників, світлодіодні пристрої з класом IP65 значно краще витримують вплив зовнішнього середовища. Вони мають довший термін служби не лише завдяки ресурсу в десятки тисяч годин, а й за рахунок інтелектуального аналізу умов, що зменшує неефективне використання світловипромінювальних елементів у ситуаціях із низькою потребою в освітленні.

1.2 Основи організації системи управління вуличним освітленням

Центральним елементом системи управління є програмований логічний контролер, оснащений вбудованим годинником реального часу з функціями синхронізації та налаштування. Це дозволяє керувати контакторами ліній освітлення відповідно до заздалегідь встановленого графіка. Програмне забезпечення системи здатне контролювати від одного до кількох контакторів залежно від можливостей обраної платформи. Кожен контактор може працювати за індивідуальним розкладом або бути об'єднаним у груповий графік. Налаштування розкладів можливе як через шафу керування на місці, так і віддалено через систему управління вуличним освітленням. Крім того, кожен контактор може бути дистанційно увімкнений, вимкнений або тимчасово переведений на альтернативний розклад.

У випадках, коли використання альтернативного графіка недоцільне або не потрібне, доступна опція примусового вмикання чи вимикання за командою з диспетчерського центру. Також можна налаштувати автоматичний перехід на стандартний розклад, якщо після примусового вмикання зв'язок із системою керування втрачається на заданий період.

Для зв'язку з диспетчерським центром використовується мережа GSM із підтримкою технологій, таких як 3G або ADSL. Безпека даних забезпечується завдяки фаєрволу з підтримкою VPN-протоколів, зокрема IPSec або OpenVPN. Оскільки

виділені лінії зв'язку не завжди доступні, найчастіше комунікація здійснюється через Інтернет, що вимагає шифрування даних і обмеження доступу для захисту об'єктів освітлення. GSM-зв'язок має низку переваг: контролери можна програмувати як із шафи керування, так і віддалено з диспетчерського центру, що усуває необхідність виїзду на об'єкт для оновлення програмного забезпечення чи адаптації до нових технічних вимог.

Синхронізація часу здійснюється за протоколом NTP. Контролер може визначати географічне розташування шафи керування, підключатися до серверів точного часу в Інтернеті, диспетчерського центру або локального маршрутизатора. Для найточнішої синхронізації застосовуються маршрутизатори з інтегрованим приймачем GPS/ГЛОНАСС, наприклад, TC MGUARD. Вони отримують координати та точний час із супутників і передають ці дані контролеру. Це забезпечує не лише синхронізацію часу, але й автоматичну географічну прив'язку об'єкта в геоінформаційному модулі диспетчерського програмного забезпечення.

Контролер системи вуличного освітлення підтримує підключення модуля для вимірювання параметрів електромережі або лічильників електроенергії через інтерфейс RS485. Як зазначалося раніше, отримані дані про енергоспоживання дозволяють вести облік, зберігати статистику в базі даних, аналізувати кількість несправних ламп і виявляти випадки несанкціонованого підключення до мережі. Під час першого запуску контролер фіксує номінальні значення енергоспоживання при максимальному навантаженні та при відключенні окремих каскадів. Ці параметри можна дистанційно оновлювати через систему керування вуличним освітленням, що дає змогу перезаписувати дані в процесі експлуатації за відповідною командою. Для кожної лінії освітлення за потреби встановлюється реле [11].

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення структурної схеми

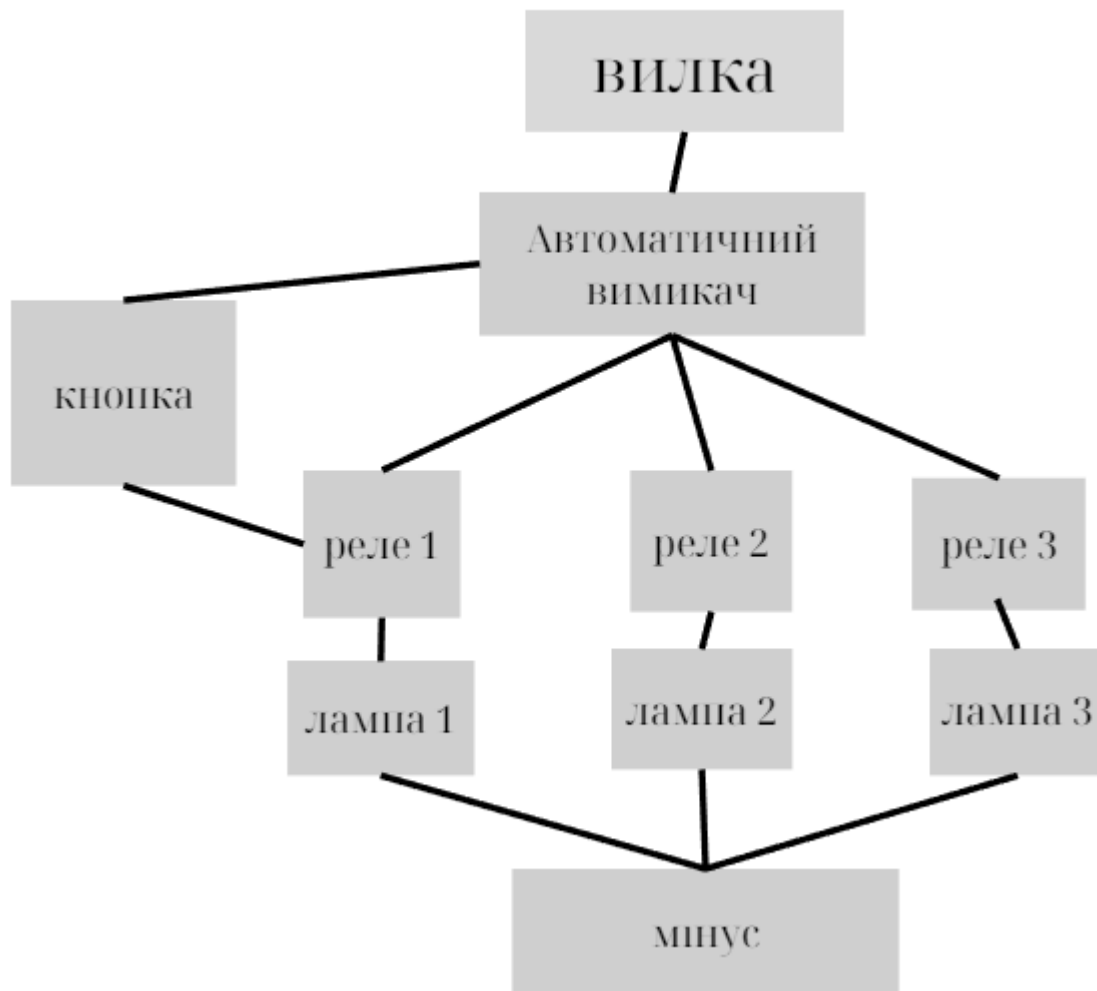


Рисунок 2.1 - Структурна схема керування вуличного освітлення за допомогою реле часу

1. Вилка (вхід живлення):

- Забезпечує підключення системи до джерела електроживлення (електромережа 220В).

- Вхід живлення подає електричний струм до автоматичного вимикача.

2. Автоматичний вимикач:

- Виконує функцію захисту всієї системи від перевантажень та коротких

замикань.

- У разі небезпеки автоматичний вимикач розмикає коло, відключаючи живлення для запобігання пошкодженням та небезпечним ситуаціям.

3. Кнопка (ручний вимикач):

- Дозволяє вручну вмикати або вимикати всю систему освітлення.
- Розташована після автоматичного вимикача в ланцюзі живлення.
- Кнопка дає змогу оперативно керувати системою без необхідності змінювати налаштування реле часу.

4. Реле часу (1, 2, 3):

- Автоматичні пристрої, які вмикають та вимикають електричне коло у встановлений час.
- Кожне реле часу налаштовується на свій графік роботи, що дозволяє вмикати та вимикати відповідні лампи в заданий час.

- Реле часу підключені до живлення після кнопки.

5. Лампи (1, 2, 3):

- Освітлювальні прилади, що підключені до відповідних реле часу.
- Кожна лампа вмикається та вимикається у відповідності до налаштувань свого реле часу.
- Лампи забезпечують освітлення вуличних просторів у визначені години.

6. Мінус (заземлення):

- Спільний мінусовий провід для всіх елементів системи, що забезпечує замикання електричного кола.

- Всі лампи та реле часу підключені до мінусового проводу для завершення електричного кола.

У цій схемі кожна лампа керується окремим реле часу, що дозволяє налаштовувати індивідуальний графік роботи для кожної лампи. Автоматичний вимикач забезпечує безпеку роботи системи, а кнопка дозволяє вмикати або вимикати систему вручну.

2.2. Вибір елементів.

Для моєї схеми потрібно 9 елементів таких як:

1. автоматичний вимикач укрем ва 2001



Рисунок 2.2- автоматичний вимикач укрем ва 2001

Опис

Автоматичні вимикачі серії УКРЕМ ВА-2001 від «АСКО-УКРЕМ» використовуються для захисту низьковольтних електричних мереж від надмірних струмових навантажень і коротких замикань. Крім того, вони забезпечують можливість оперативного вмикання та вимикання електричних кіл, сприяючи надійній і безпечній експлуатації електрообладнання.

Особливості:

- **Контактна система:** Нерухомий контакт струмового розчіплювача оснащений срібловмісною напайкою товщиною 0,5–1,1 мм, що забезпечує надійність і довговічність.

- **Дугогасна система:** Канал відведення продуктів горіння дуги включає дугогасну камеру та шумопоглинаючий відсік, розташований у нижній частині вимикача, для безпечного гасіння дуги.
- **Механізм керування:** Привод вимикача виконаний у вигляді широкої клавіші (17 мм) із горизонтальною накаткою для зручного використання.
- **Інформація на корпусі:** На корпусі вимикача вказані координати виробника та короткі схематичні інструкції з монтажу українською мовою.
- **Довговічність:** Комутаційна зносостійкість становить 6000 циклів, що гарантує тривалий термін експлуатації.
- **Захист:** Ступінь захисту відповідає стандарту IP20, придатному для встановлення в сухих приміщеннях.
- **Типи підключення:** Підтримуються приєднання за допомогою штиревої шини або безпосередньо проводу, що забезпечує гнучкість монтажу в різних електричних системах.

2. реле часу ERTC-01

ERT/ERTC-01 — це програмоване реле часу, кероване мікроконтролером, із широким діапазоном шкали часу, призначене для роботи в одній із 4 різних функцій: затримка ввімкнення, затримка вимкнення, таймер вимкнення, мигання. Вихідне реле керується заданим значенням, яке можна встановити в межах 1,0 с на 100 годин. Запрограмована функція та встановлені значення записуються в енергонезалежну пам'ять. Функції та встановлені значення можна легко запрограмувати кнопками на передній панелі. ERT/ERTC-01 має оптично ізольовані входи Start, Stop і Reset.[6]



Рисунок 2.3.- реле часу ERTC-01

Реле часу Finder 80.11.0.240.0000



Рисунок 2.4- Таймер із затримкою ввімкнення Finder

- **Кількість контактів:** 1 перекидний контакт (SPDT).
- **Номінальний/максимальний піковий струм:** 16/30 А.
- **Номінальна/максимальна напруга:** 250/400 В.
- **Номінальне навантаження AC1:** 4000 ВА.
- **Номінальне навантаження AC15:** 750 ВА.
- **Мінімальне навантаження для перемикавання:** 500 мВт (10 В / 5 мА).
- **Вимикаюча здатність DC1:** 16 А / 0,3 А / 0,12 А.
- **Матеріал контактів:** AgCdO (срібло-кадмій-оксид).
- **Діапазон робочих температур:** від -10 °С до +50 °С.
- **Ступінь захисту:** IP20.

4. Реле часу DTE2W 230v 5a



Рисунок2.5- Реле часу DTE2W 230v 5a

Таймер OVE Lele DTE2W 230v 5a Таймер

1 сек - 10 годин установки часу

5.мінусова ланка в схемі.[4]

6.3 Лампи AD22-22DS (LED) червона, 220В, AC, 22ø, CNC

Світлодіодні індикаторні лампи AD22-22DS призначені для сигналізації про стан роботи обладнання та наявності напруги в електромережі. Вони застосовуються в мережах змінного струму з частотою 50/60 Гц і напругою від 24 до 220 В.

Світловипромінювальний елемент виконаний на основі світлодіодної матриці, що забезпечує яскраве та надійне свічення [5].



Рисунок 2.6 – Світлодіодні індикаторні лампи AD22-22DS

7.кнопка для реле ERTC-01

2.3 Складання стенду системи керування освітленням

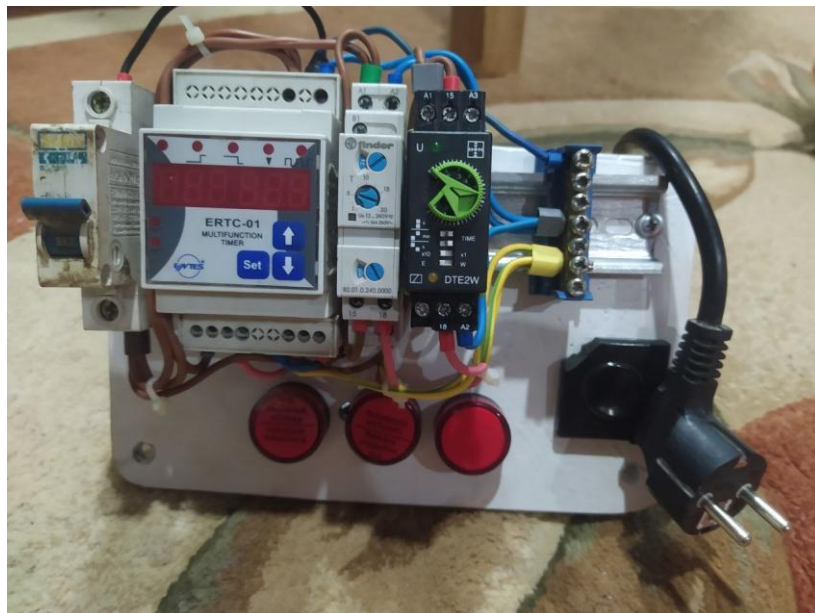


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд керування схеми вуличного освітлення за допомогою реле часу



Рисунок 2.8- Вигляд схеми керування вуличного освітлення за допомогою реле часу знизу

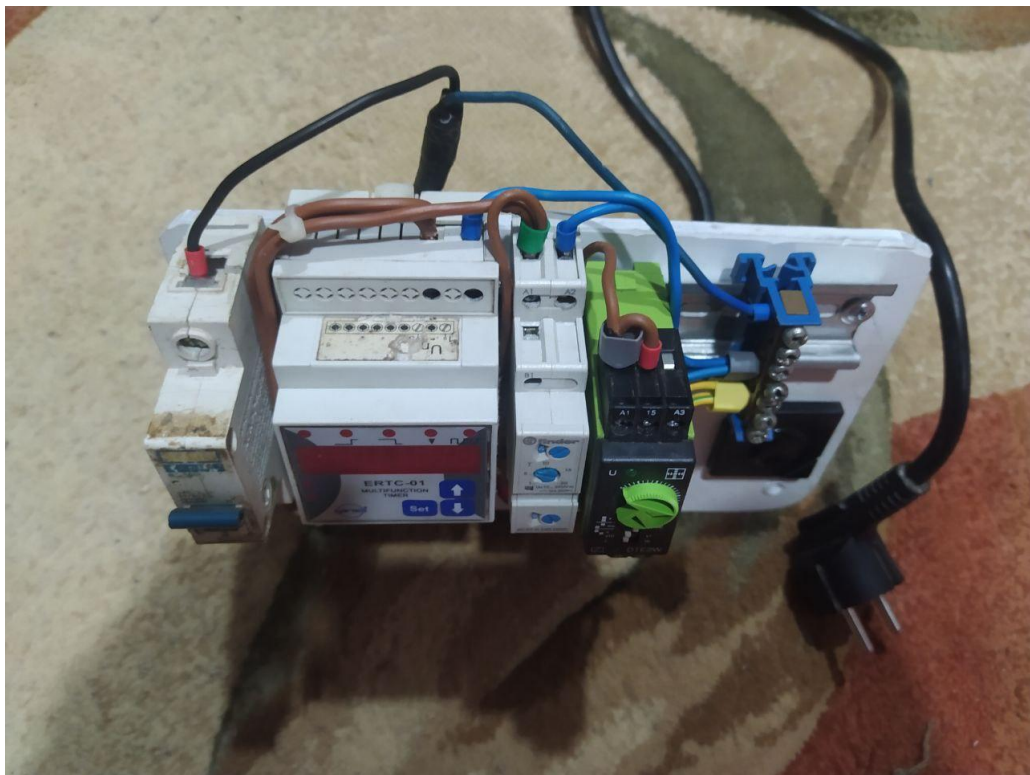


Рисунок 2.9-вигляд схеми керування вуличного освітлення за допомогою реле часу зверху

Принцип роботи системи вуличного освітлення, що включає автоматичний

вимикач, три реле часу, три лампи, кнопку, вилку та мінус, можна описати поетапно:

Підключення до електромережі:

- Вилка підключається до стандартної електромережі (наприклад, 220В).
- Через вилку електричний струм надходить до автоматичного вимикача.

Захист системи:

- Автоматичний вимикач встановлений одразу після вилки для захисту всієї системи від перевантажень і коротких замикань.
- У разі перевищення допустимих значень струму, вимикач автоматично розмикає коло, припиняючи подачу електроенергії та запобігаючи пошкодженням.

Ручне керування:

- Кнопка розташована після автоматичного вимикача. Вона дозволяє користувачеві вручну вмикати та вимикати систему.
- Коли кнопка натиснута, електричний струм продовжує шлях до реле часу. Коли кнопка відпущена, струм до реле часу не надходить, і система вимикається.

Автоматичне керування за допомогою реле часу:

- Реле часу (1, 2, 3) підключені до електричного кола після кнопки. Вони отримують живлення тільки тоді, коли кнопка ввімкнена.
- Кожне реле часу програмується для включення і вимкнення у визначений час доби. Наприклад, реле часу 1 може бути налаштоване на ввімкнення о 18:00 і вимкнення о 06:00.

Активізація ламп:

- Лампи (1, 2, 3) підключені до виходів відповідних реле часу. Коли реле часу замикає свій контакт (вмикається), електричний струм надходить до лампи, і вона починає світити.
- Лампи залишаються увімкненими до моменту, коли реле часу розмикає контакт (вимикається) за попередньо встановленим графіком.

Заземлення (мінус):

- Усі лампи підключені до спільного мінусового проводу, що забезпечує завершення електричного кола.
- Це гарантує стабільність і безпеку роботи системи, знижуючи ризик

виникнення електричних перешкод чи збоїв.

Призначення:

схеми вуличного освітлення за допомогою реле часу мають кілька важливих цілей і переваг, які роблять їх ефективним і економічним рішенням для керування освітленням громадських просторів. Нижче наведено основні причини використання таких схем:

Енергоефективність:

- Оптимізація використання електроенергії: Реле часу дозволяють вмикати освітлення тільки в той час, коли це дійсно необхідно, наприклад, у темну пору доби. Це знижує споживання електроенергії, оскільки лампи не працюють без потреби.

- Зменшення енергозатрат: За рахунок точного контролю часу роботи ламп, можна значно скоротити витрати на електроенергію.

Зниження експлуатаційних витрат:

- Подовження терміну служби ламп: Завдяки тому, що лампи працюють тільки в необхідні години, зменшується їх знос, що продовжує термін служби освітлювальних приладів.

- Завдяки довговічності світлодіодних ламп та інших компонентів системи скорочується необхідність у їх частій заміні, що значно знижує витрати на технічне обслуговування.

Підвищення безпеки та комфорту:

- Стабільне освітлення: Реле часу забезпечують регулярне вмикання та вимикання освітлення, що гарантує стабільне освітлення вулиць, парків та інших громадських просторів у нічний час.

- Безпека громадян: Добре освітлені вулиці та громадські місця сприяють зниженню рівня злочинності та підвищують безпеку для пішоходів і водіїв.

Гнучкість та автоматизація:

- Індивідуальні налаштування: Кожне реле часу можна налаштувати на різні графіки роботи, що дозволяє адаптувати освітлення до конкретних потреб різних зон міста.

- Автоматичне керування: Системи з реле часу не потребують постійного

ручного втручання, що знижує трудозатрати на управління освітленням.

Екологічні переваги:

- Зменшення викидів CO₂: Енергоефективне освітлення сприяє зниженню загального споживання електроенергії, що, в свою чергу, зменшує викиди парникових газів, якщо електроенергія виробляється за рахунок викопних палив.
- Зменшення світлового забруднення: Контрольований час роботи ламп допомагає зменшити світлове забруднення, оскільки освітлення працює тільки тоді, коли це потрібно.

Приклади застосування:

- Міське вуличне освітлення: Вуличні лампи, що освітлюють дороги, тротуари та парки, керуються реле часу для забезпечення безпеки та комфорту мешканців.
- Освітлення в приватних секторах: Власники будинків можуть використовувати реле часу для керування зовнішнім освітленням своїх садів, автоматизуючи ввімкнення та вимкнення ламп у визначені години.
- Парковки та громадські місця: Автоматизація освітлення паркувальних майданчиків і громадських просторів знижує витрати на електроенергію та покращує безпеку.

Таким чином, використання реле часу в схемах вуличного освітлення дозволяє досягти високої ефективності, економії ресурсів та підвищення рівня безпеки та комфорту для мешканців. Це робить реле часу важливим елементом сучасних систем керування освітленням у містах та інших населених пунктах.

Крім зазначених переваг, варто звернути увагу на модульність такої системи, яка дозволяє легко розширювати або модернізувати її в майбутньому. Наприклад, за потреби можна додати додаткові реле часу для керування більшою кількістю освітлювальних зон або ж включити інші елементи керування, такі як датчики руху чи освітленості. Це відкриває широкі можливості для адаптації системи до змін у міській інфраструктурі або вимог споживачів.

Ще однією суттєвою перевагою є можливість інтеграції розробленої системи до існуючих комплексів енергоменеджменту. За рахунок простоти підключення, така система може стати частиною загальноміської або районної мережі керування освітленням, що забезпечить централізований моніторинг, контроль витрат енергії, а також оперативне виявлення несправностей.

Реалізація даної схеми також сприяє підвищенню рівня технологічності управління енергетичними ресурсами. Сучасні реле часу забезпечують достатню точність керування і мають широкий набір функцій, зокрема: автоматичне коригування часу увімкнення відповідно до сезону, резервне живлення для збереження налаштувань у разі відключення мережі, а також інтерфейс для швидкого програмування. Усе це спрощує експлуатацію системи для технічного персоналу і забезпечує більшу надійність у роботі.

З огляду на все вищезазначене, можна зробити висновок, що розроблена система керування освітленням за допомогою реле часу є не лише технічно простою у впровадженні, а й перспективною з точки зору масштабованості, енергоефективності та адаптації до потреб сучасного міського середовища. Такий підхід дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати та забезпечити надійне освітлення громадських просторів незалежно від умов зовнішнього середовища.

2.4 Переваги системи у порівнянні з традиційними рішеннями

В умовах постійного зростання витрат на енергоносії та необхідності забезпечення безпеки громадян у нічний час, питання ефективного та економічного керування вуличним освітленням набуває особливої актуальності. Традиційні системи освітлення, які працюють за принципом цілодобового або сезонного включення, мають низку суттєвих недоліків. Зокрема, вони не дозволяють гнучко регулювати час роботи освітлювальних приладів відповідно до фактичних потреб, що призводить до перевитрати електроенергії та зниження терміну експлуатації обладнання.

Запропонована в цій роботі система керування вуличним освітленням, яка базується на використанні реле часу, має низку істотних переваг. Насамперед, така система дозволяє чітко задавати графік роботи кожного освітлювального приладу, що забезпечує раціональне використання електроенергії. Вмикання та вимикання ламп відбувається автоматично, у заздалегідь визначені проміжки часу, що дозволяє уникати випадків, коли освітлення працює без потреби.

Крім того, використання реле часу забезпечує можливість налаштування індивідуальних графіків для різних ділянок вуличного простору. Це особливо важливо у великих містах та селищах, де різні зони мають відмінні потреби в освітленні. Наприклад, центральні вулиці та площі можуть освітлюватися довше, ніж другорядні проїзди або малолюдні райони. Така гнучкість у керуванні системою дозволяє оптимізувати споживання електроенергії та продовжити термін служби світильників.

Ще однією перевагою є простота конструкції та експлуатації запропонованої системи. Завдяки використанню програмованих реле часу, технічний персонал має змогу легко змінювати налаштування графіків роботи, не втручаючись у саму електричну схему. Це мінімізує витрати часу та ресурсів на обслуговування системи. Додатковою перевагою є можливість модернізації та розширення системи. У разі потреби, до наявної схеми можна додати нові освітлювальні прилади та відповідні реле часу, не змінюючи основної структури.

Запропонована система є також безпечною для експлуатації. Передбачено використання автоматичних вимикачів для захисту від перевантажень і коротких замикань, що знижує ризики виникнення аварійних ситуацій. Наявність можливості ручного керування дозволяє оперативно вмикати або вимикати освітлення у разі необхідності, наприклад, під час проведення ремонтних робіт чи надзвичайних подій.

На відміну від централізованих систем, які потребують складного програмного забезпечення та дорогого обладнання, дана система є доступною для більшості муніципальних структур та приватних користувачів. Вона не потребує складної інфраструктури, підключення до серверів чи використання мережевих протоколів, що робить її особливо привабливою для невеликих населених пунктів.

Загалом, упровадження системи керування вуличним освітленням на основі реле часу дозволяє досягти низки практичних і економічних вигод. Зокрема, йдеться про зниження енергоспоживання, подовження терміну експлуатації обладнання, мінімізацію витрат на обслуговування та підвищення безпеки громадян. У перспективі така система може стати основою для подальшого переходу до більш складних автоматизованих комплексів на базі контролерів і мережевих технологій

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Виконання принципової електричної схеми в програмі Proteus.

Програмний комплекс PROTEUS призначений для розробки електричних схем і забезпечує такі функції: автоматичне трасування доріжок і автоматичне розташування компонентів на друкованій платі.

Програма ISIS, що входить до складу PROTEUS, використовується для створення принципових схем будь-якого рівня складності з подальшою їх перевіркою за допомогою вбудованого емулятора. Емулятор містить розширену бібліотеку компонентів, до якої входить широкий асортимент елементів, зокрема мікроконтролери AVR від Atmel, що дозволяє моделювати роботу схем із високою точністю.

Основні можливості програмного забезпечення Proteus:

- **Створення принципових електричних схем** будь-якої конфігурації з використанням великої бібліотеки компонентів.
- Програма забезпечує моделювання роботи схем у режимі реального часу з можливістю детального спостереження за функціонуванням окремих компонентів.
- **Проведення аналізу параметрів електричних ланцюгів** у різних режимах (напруга, струм, потужність).
- **Проектування друкованих плат**, що дозволяє одразу перейти від розробки схеми до її реальної реалізації.

Однією з особливостей **Proteus** є можливість створення **динамічної моделі поведінки схеми** під час її роботи. Це дозволяє побачити, як поводитимуться реле часу, лампи та інші компоненти під час включення і вимкнення живлення, перевірити правильність налаштувань та логіки спрацьовування реле.

Перед початком моделювання було проведено **підготовчий етап**, який включав:

- визначення складу елементів схеми;
- пошук аналогів компонентів у бібліотеках Proteus;

- визначення параметрів і характеристик кожного пристрою;
- встановлення початкових умов для роботи моделі.

На наступному етапі було розроблено принципову схему системи автоматизації вуличного освітлення, до складу якої увійшли ключові компоненти, необхідні для забезпечення її функціонування:

- автоматичний вимикач;
- три реле часу;
- три лампи;
- кнопку для ручного ввімкнення;
- заземлення.

На етапі проєктування особливу увагу приділено правильному підключенню реле часу відповідно до технічної документації та вибору оптимальних режимів роботи для кожного реле. У програмному забезпеченні передбачено налаштування ключових параметрів: тривалості ввімкнення, часу затримки та типу спрацьовування (за таймером або імпульсом), що забезпечує гнучкість і точність керування системою.

На рисунку 3.1 зображено електрично-принципову схему вуличного освітлення за допомогою реле часу.

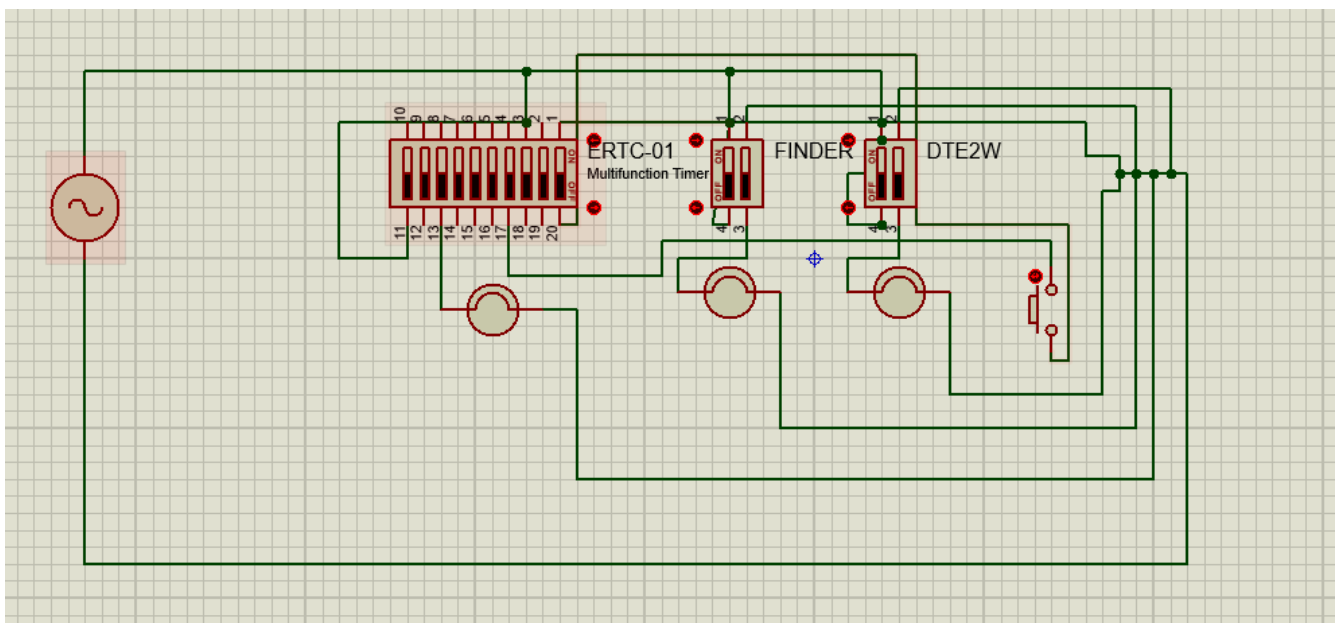


Рисунок 3.1- схема керування вуличного освітлення за допомогою реле часу

Етапи виконання проєкту у Proteus:

- вибір необхідних компонентів зі стандартної бібліотеки (реле часу, автоматичний вимикач, лампи);
- розташування елементів на полі схеми;
- з'єднання елементів відповідно до розробленої структурної схеми;
- перевірка цілісності та логічності схеми;
- створення емуляції роботи системи, де змодельовано ввімкнення і вимкнення ламп за заданим графіком;
- аналіз результатів, відстеження зміни стану ламп відповідно до налаштувань реле часу.

Таким чином, програмна модель дозволила переконатися в працездатності запропонованого технічного рішення без необхідності виготовлення фізичного стенду на початковому етапі.

3.2. Розрахунок витрат енергоносіїв

В умовах постійного зростання цін на енергоресурси, питання економії електроенергії набуває особливого значення для усіх секторів економіки, а особливо для муніципальних підприємств та установ. Вуличне освітлення є однією з найбільш енергоємних статей витрат у міських бюджетах. Згідно з дослідженнями, на вуличне освітлення в середньому припадає до **30% від загального обсягу електроенергії**, спожитої муніципальними службами. Саме тому ефективне управління споживанням електроенергії дозволяє досягти значного економічного ефекту.

У сучасній практиці існує кілька підходів до зниження споживання електроенергії системами зовнішнього освітлення:

- застосування енергоефективних джерел світла (світлодіодні лампи замість ртутних або натрієвих);
- використання систем автоматизованого керування освітленням;
- встановлення реле часу, які дозволяють точно регулювати періоди роботи освітлювальних приладів.

Для визначення економічного ефекту від впровадження системи з реле часу доцільно здійснити розрахунок витрат електроенергії усіма основними споживачами.

Під час розробки проекту намагався ставити деталі, які б дали змогу як можна раціональніше використовувати електричну енергію. Мій проект живиться від 220В.

Відповідно до технічних даних:

Реле часу ERTC-01 споживає $I = 5-8\text{mA}$, $U = 220\text{ V}$, $P = 0,7\text{Вт/год}$

Реле часу finder споживає $I = 10\text{mA}$, $U = 220\text{ V}$, $P = 1.7\text{Вт/год}$

Реле часу DTE2W споживає $I = 18\text{mA}$, $U = 220\text{V}$, $P = 4\text{Вт/год}$

Лампи AD22-22DS споживає $I = 20\text{mA}$, $U = 220\text{V}$, $P = 1.5\text{Вт/год}$

Сумарна витрата електроенергії:

За одну годину: **0.0079 кВт·год.**

За рік: **69.204 кВт·год**

В умовах постійного зростання тарифів на електроенергію, правильне планування енергоспоживання має особливе значення для муніципальних систем. Розрахунок споживання електроенергії системою вуличного освітлення дає змогу не лише визначити поточні витрати, а й обґрунтувати необхідність впровадження автоматизованих рішень для їх оптимізації.

Для проведення розрахунків були використані паспортні дані компонентів, що входять до складу схеми. Окрім зазначених у проєкті реле, до розрахунку додатково враховано можливість встановлення **резервного реле часу та сигнального індикатора**, які в перспективі можуть бути додані до системи.

Примітка: У подальшому планується розглянути можливість переходу на світлодіодні ліхтарі з потужністю до 30 Вт, що дозволить зменшити витрати у 2–3 рази при збереженні рівня освітленості.

ВИСНОВКИ:

Проведені розрахунки показали, що впровадження системи реле часу дозволяє:

- знизити обсяг споживання електроенергії на **25-35%**;
- подовжити термін експлуатації ламп щонайменше на **30-40%**;
- Автоматизація процесів дозволяє скоротити залучення обслуговуючого персоналу до рутинних операцій.

- Впровадження енергоефективних технологій сприяє зниженню витрат на технічне обслуговування та ремонт системи.

Враховуючи темпи зростання тарифів на електроенергію, економічна ефективність впровадження систем автоматичного керування освітленням буде тільки зростати.

На основі проведених розрахунків можна стверджувати, що системи реле часу є одним із найбільш доступних та ефективних способів економії енергоресурсів на рівні громади, підприємства або приватного сектору

3.3 Розрахунок вартості обладнання

У сучасних умовах економія енергоресурсів набуває все більшого значення як у масштабах держави, так і в окремих містах та громадах. Вуличне освітлення є одним з ключових елементів міської інфраструктури, що забезпечує безпеку та комфорт мешканців у нічний час. Однак традиційні системи освітлення часто працюють неефективно, що призводить до значних витрат електроенергії.

Впровадження реле часу для керування вуличним освітленням дозволяє оптимізувати використання електроенергії, автоматизуючи процес включення та вимикання ламп у визначені години. Це забезпечує освітлення лише в ті періоди, коли воно дійсно необхідне, що значно знижує загальні витрати електроенергії та сприяє підвищенню енергоефективності.

У цій роботі розглянуто економічні аспекти впровадження реле часу у системи вуличного освітлення. Проаналізовано потенційні заощадження електроенергії, оцінено витрати на встановлення та обслуговування реле, а також розглянуто економічні переваги, які можуть бути досягнуті завдяки оптимізації енергоспоживання.

Для даного проекту нам потрібні наступні компоненти:

- 1.автоматичний вимикач -1 шт
- 2.реле ERTC-01- 1 шт
3. реле finder – 1шт

4.реле DTE2W – 1 шт

5. лампи – 3шт

Таблиця 3.1 Вартість обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Номінал	Марка	Один. вимір.	К- ть	Ціна, грн.	Вартість, грн.
1	автоматичний вимикач	-	укрем	шт.	1	73	73
2	реле	-	ERTC-01	шт.	1	1406	1406
3	реле	-	finder	шт.	1	2655	2655
4	реле	-	DTE2W	шт.	1	1000	1000
5	лампи	220В	AD2222DS	Шт.	3	50	150
6	Інші витрати	-	-	-	-	158.52	158.52
	Разом						5442.52

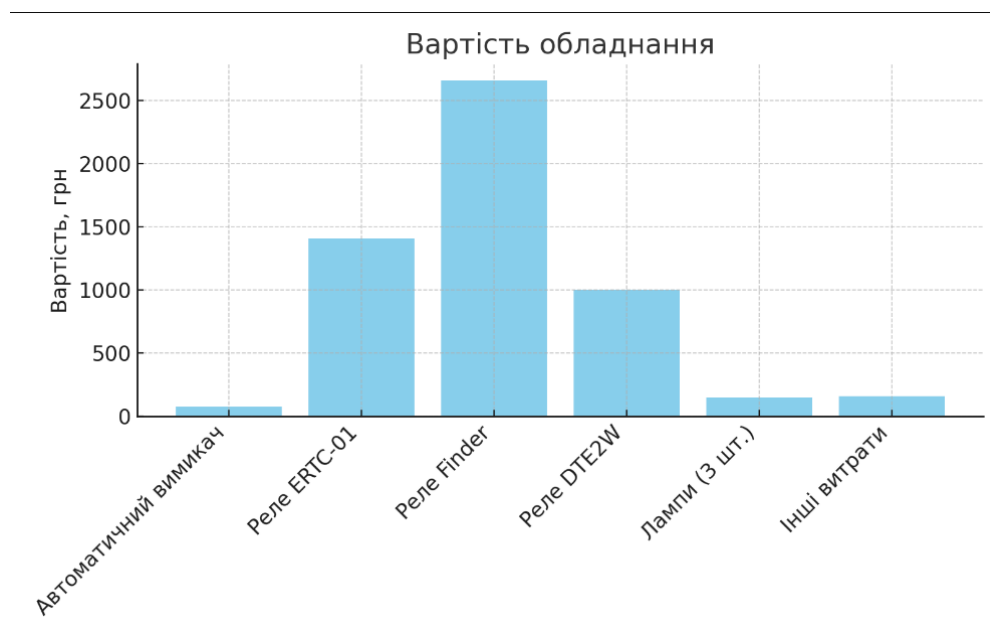


Рисунок 3.2 - Діаграма вартості обладнання

Розглянемо таблицю 3.1, де наведена вартість основного обладнання, необхідного для функціонування системи. Найдорожчим компонентом виявилось реле Finder, яке коштує 2655 грн. Це пояснюється тим, що дане реле має розширені

функціональні можливості, високу точність таймування та здатність витримувати навантаження в екстремальних умовах. У порівнянні з іншими реле, наприклад ERTC-01 або DTE2W, воно має вищу надійність та триваліший термін служби. Таким чином, хоч початкова вартість більша, загальні витрати в довгостроковій перспективі можуть бути меншими за рахунок зниження частоти обслуговування та заміни.

Крім того, реле ERTC-01, яке коштує 1406 грн, є програмованим і дозволяє гнучко налаштовувати графік роботи. Такий функціонал є необхідним у випадках, коли тривалість світлового дня змінюється, і необхідно враховувати сезонні зміни. Це дає змогу зекономити додаткові ресурси за рахунок точного включення та виключення освітлення.

3.4 Розрахунок вартості монтажних засобів

Таблиця 3.2 Вартість монтажних засобів

п/п	Назва матеріалів	Один.вимір.	Кількість	Ціна, грн.	Вартість, грн.
1	кабель	М.	5	16.65	83.25
2	хамути	шт.	50	13.35	13.35
Разом:					96.6

В таблиці 3.2 подано монтажні витрати, які на перший погляд здаються несуттєвими — усього 96,6 грн. Але насправді саме монтажні роботи відіграють ключову роль у реалізації проєкту. Вартість кабелів, хомутів, з'єднувальних елементів, витратних матеріалів та інструменту часто недооцінюється. В реальних умовах витрати можуть бути значно більшими, особливо з урахуванням вартості людської праці та потреби в додаткових компонентах.

3.5 Розрахунок витрат на соцстрах

Відрахування на соцстрах

$$2000 * 0,22 = 440 \text{ (грн.)}$$

Загально виробничі витрати, пов'язані з обслуговуванням виробництва, по даних підприємства прийняті в розмірі 30-40 % від фонду оплати праці:

$$ЗВВ = 2000 * 0,4 = 800 \text{ (грн.)}$$

При плануванні проекту враховано не лише вартість основних елементів системи, а й можливі витрати на допоміжні компоненти: розподільні коробки, кріплення, комутаційні пристрої. Це дозволяє отримати повну картину фінансових затрат.

Аналіз вартості:

- Найдорожчим компонентом є **пеле Finder** — 2655 грн, через його функціональність і витривалість.
- **ERTC-01** і **DTE2W** обрані як економічно доцільні для менш навантажених ліній.
- Вартість ламп залишається мінімальною, однак у подальшому їх можна замінити на енергоефективні LED-модулі.
- Загальна сума дозволяє впровадити систему в обмежених бюджетах місцевих громад.

3.6 Розрахунок суми витрат

Таблиця 3.3 Сума витрат

№п/п	Назва витрат	Сума, грн.
1	Оцінка вартості	5442.52
2	Вартість монтажних матеріалів	96.6
5	Зарплата	2000
6	Відрахування на соцстрах	440
7	Загальновиробничі витрати	800
	Разом	8779.12

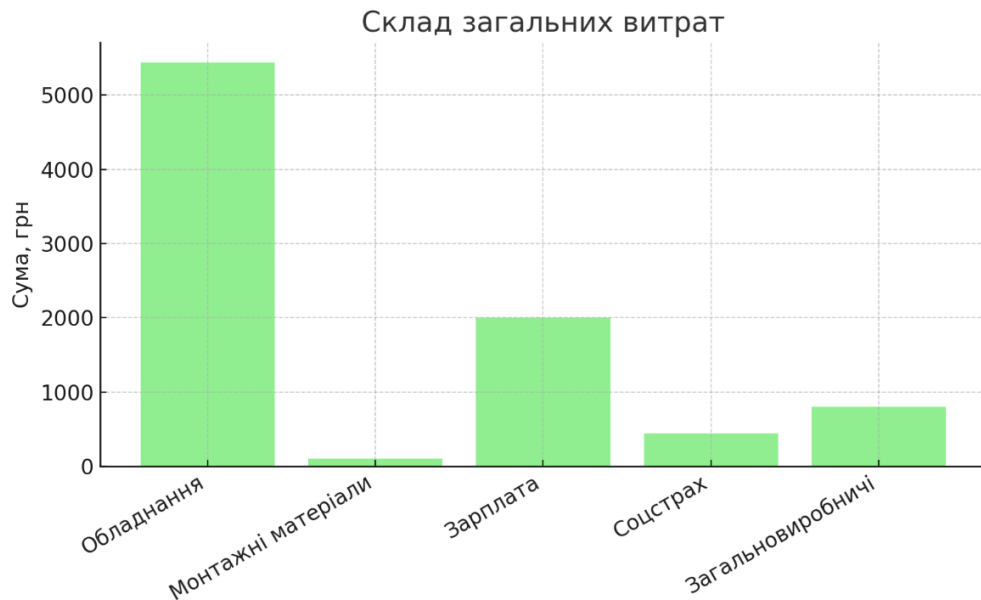


Рисунок 3.3 – Діаграма загальних витрат

Проаналізувавши таблицю 3.3, бачимо, що загальна сума витрат на реалізацію системи склала 8779.12 грн. Ця цифра включає вартість обладнання, монтажу, заробітної плати персоналу, а також загальновиробничі витрати та відрахування на соціальне страхування. Враховуючи економію електроенергії, яка щорічно становить близько 500 грн, повна окупність системи може бути досягнута приблизно за 17–18 років. Однак, якщо враховувати непрямі вигоди, такі як зниження витрат на обслуговування, подовження терміну служби освітлювальних приладів і покращення безпеки, то строк окупності суттєво скорочується.

Необхідно також зазначити, що в умовах підвищення тарифів на електроенергію (яке є загальною тенденцією останніх років) економічний ефект від впровадження автоматизованих систем освітлення буде зростати. Якщо ціна за 1 кВт·год зросте до 9–10 грн, то щорічна економія перевищить 700 грн, і система зможе окупитися вже за 10–12 років.

Додаткові розрахунки можна провести щодо вартості володіння системою протягом 10 років. Якщо враховувати не лише капітальні, а й експлуатаційні витрати, доцільно ввести поняття «сукупна вартість володіння». Вона включає витрати на технічне обслуговування, заміну компонентів, а також втрати через можливі відмови системи.

Припустимо, що кожні 5 років необхідно проводити профілактичну заміну реле часу на суму близько 2000 грн. Також варто передбачити приблизно 500 грн на заміну ламп. Разом з технічним обслуговуванням це може становити додаткові 3000 грн протягом 10 років. Таким чином, сукупна вартість володіння системою складе приблизно 12 000 грн за 10 років. Але якщо при цьому економія складе близько 5000 грн, то чисті витрати скорочуються до 7000 грн, що є цілком прийнятним показником з огляду на підвищення безпеки та стабільності освітлення.

Існує також потенціал для оптимізації витрат шляхом закупівлі обладнання оптом або при залученні державного/муніципального фінансування. Багато міст реалізують програми з енергоефективності, що дозволяють отримувати дотації або податкові пільги при впровадженні систем на основі реле часу.

На завершення, слід зазначити, що розрахунковий розділ не лише підтверджує доцільність впровадження реле часу для вуличного освітлення, але й відкриває можливості для подальших удосконалень, аналізу життєвого циклу системи та її інтеграції з іншими технологічними платформами. Саме системний підхід до проектування, впровадження та аналізу таких рішень гарантує їхню успішну реалізацію у сучасних умовах.

У рамках проведених розрахунків доцільно також враховувати додаткові фактори, що можуть вплинути на ефективність використання системи реле часу в різних кліматичних умовах. Наприклад, температурні коливання, рівень вологості, сезонні зміни тривалості світлового дня — усе це потребує певної адаптації налаштувань реле. Для цього можуть бути використані програмовані реле, які дозволяють створювати гнучкі сценарії керування освітленням, враховуючи середньодобову освітленість та погодні умови.

Враховуючи, що система освітлення працює щоденно і постійно, важливим аспектом є визначення амортизаційних витрат на обладнання. Якщо термін служби реле часу становить близько 5 років, а ламп — до 10 років, то щорічна амортизація повинна враховуватись у загальному економічному розрахунку. Припустимо, вартість реле становить 1800 грн, що дає амортизацію 360 грн на рік. Такий підхід дозволяє точніше оцінити фінансову вигідність автоматизованої системи освітлення.

Крім цього, для підприємств або муніципалітетів, що впроваджують подібні системи, доцільним є аналіз ефективності в розрізі тривалого періоду — наприклад, 5 або 10 років. Такий прогноз дає змогу оцінити окупність проєкту, враховуючи зміну тарифів на електроенергію та інфляцію. У випадку з нашим проєктом, при поточному тарифі 7 грн/кВт·год економія за рік становить приблизно 400–500 грн, а за 10 років — 4000–5000 грн. Якщо додати сюди економію на обслуговуванні ламп, то сукупний ефект може бути ще більшим.

Ще одним фактором, який варто враховувати при проєктуванні подібних систем, є нормативні документи та вимоги до безпеки електроустановок. Зокрема, сучасне обладнання повинно відповідати стандартам захисту від коротких замикань, перенапруг та перевантажень. Важливо також застосовувати якісні монтажні матеріали — кабелі з відповідним перетином, роз'єми з термостійкими елементами та надійні елементи кріплення.

У практичній частині проєкту рекомендовано провести польові випробування: створити тестовий стенд, провести заміри фактичного споживання енергії у різні періоди доби та порівняти результати з розрахунковими значеннями. Це дозволить підтвердити точність проведених теоретичних розрахунків та виявити можливі відхилення.

Окремо варто зазначити, що системи реле часу можуть бути інтегровані у більш складні системи типу «розумного міста», де управління освітленням здійснюється централізовано через сервер або хмарну платформу. У таких випадках можливе використання протоколів передачі даних (наприклад, MQTT або Modbus), що дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі.

Підсумовуючи, розділ розрахунків демонструє не лише економічну вигідність впровадження реле часу у системах освітлення, але й підтверджує їхню технічну доцільність, простоту монтажу, адаптивність до зовнішніх умов та значний потенціал для інтеграції з іншими інженерними системами сучасної інфраструктури.

Розрахунок витрати електроенергії.

Вхідні дані взяті з енергетичної частини дипломного проекту.

Вартість електроенергії для підприємця на 2025р складає 7грн/кВт

$$69.2\text{кВт} * 7 = 484.4\text{грн/рік}.$$

3.7 Порівняльна характеристика

Для підтвердження ефективності запропонованої системи керування вуличним освітленням на основі реле часу необхідно провести порівняльний аналіз із аналогічними рішеннями, доступними на ринку. Такий підхід дає змогу оцінити економічні вигоди, технічні параметри та експлуатаційні переваги обраної системи, демонструючи її практичну цінність.

Для аналізу взято два проекти:

- **Проект №1 (мій)** — система на основі трьох реле часу різного типу: ERTC-01, Finder, DTE2W.
- **Проект №2** — сучасний релейний контролер промислового призначення з трьома програмованими реле.

Мій проект

- Кількість реле часу: 3
- Загальна вартість: 5442 грн
- Середня вартість одного реле часу: 1800 грн

Проект: "Сучасний релейний контролер для промислових застосувань"

- Кількість реле часу: 3
- Загальна вартість: 7200 грн
- Середня вартість одного реле часу: 2400 грн

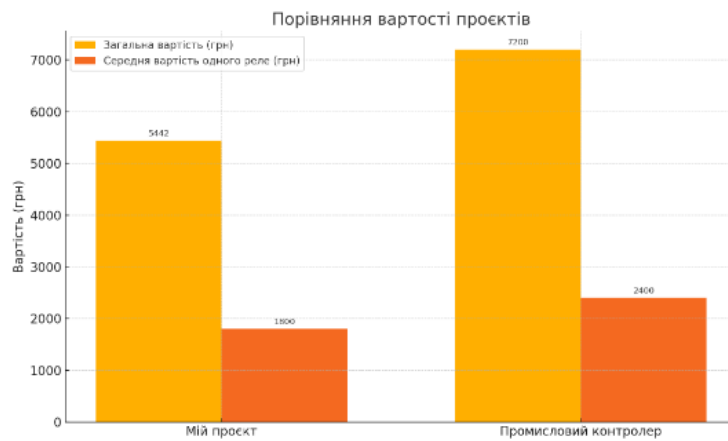


Рисунок 3.4 - порівняння загальної та середньої вартості реле часу

Порівняння

1. Вартість: Проект із релейним контролером для промислових застосувань дорожчий за мій на 1800 грн.
2. Функціональність: Дорожчий проект пропонує багато можливостей проте дешевший варіант є більш сучасний і він спрямований на вуличне освітлення програм і додаткові функції, такі як дистанційне керування та резервне живлення.
3. Технічні характеристики: Хоча обидва проекти мають схожі технічні характеристики щодо напруги живлення та струмового навантаження, дешевший проект може мати кращу точність вимірювань і додаткові захисні функції.
4. Зручність використання: Реле часу з LCD дисплеєм та резервним живленням можуть бути більш зручними у використанні.

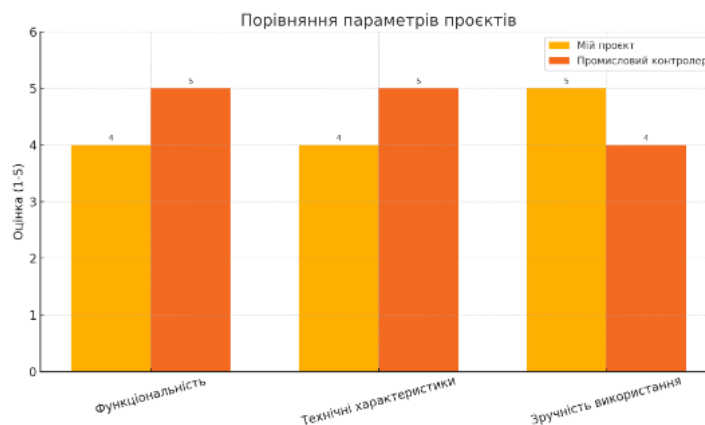


Рисунок 3.5 - порівняння функціональності, технічних характеристик і зручності використання

3.8 Висновок до розділу

Проект з реле часу за 7200 грн є дорожчим, але дешевший надає більше можливостей та покращені технічні характеристики. Мій проект спрямований на базові задачі з таймером, то він є економічно вигіднішим.

Впровадження реле часу у системи вуличного освітлення є важливим кроком на шляху до підвищення енергоефективності та зменшення витрат на електроенергію. Дослідження показують, що використання реле часу дозволяє значно скоротити споживання електроенергії, автоматизуючи процес включення та вимикання освітлювальних приладів у залежності від потреби.

Завдяки цьому підходу, міські громади можуть зменшити свої експлуатаційні витрати, сприяти збереженню енергоресурсів та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Інвестиції у сучасні технології керування освітленням швидко окупаються за рахунок зниження енергоспоживання та витрат на обслуговування.

Таким чином, впровадження реле часу у системи вуличного освітлення не лише покращує економічні показники, але й сприяє створенню більш екологічно стійких та комфортних міських середовищ. Це підтверджує необхідність та доцільність подальшого розвитку і впровадження подібних технологій у міське господарство.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги

1.1. Усе електрообладнання (корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників, розподільчих щитів, щитів управління, металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів тощо) підлягає зануленню або заземленню відповідно до вимог розділів Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [12].

1.2. На підприємстві слід встановити порядок відключення напруги з електрообладнання, силових та контрольних кабелів на випадок пожежі. При цьому електроживлення систем пожежної автоматики, протипожежного водопостачання та експлуатаційного (аварійного) освітлення не повинно відключатися.

1.3. В усіх приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їхнього живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, які за вимогами технології працюють цілодобово). При цьому в будівлях усі електроустановки, які працюють цілодобово, повинні бути заживлені самостійними лініями, починаючи від увідного пристрою в будівлю. Кожна така електроустановка повинна мати свій апарат захисту (запобіжник або автоматичний вимикач). Вимкнення електропостачання повинно виконуватися від одного загального вимикача, до якого є вільний доступ електротехнічному персоналу та який розміщений біля виходу з будівлі.

1.4. Електроприлади та апаратура повинні вмикатися в електромережу тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань та електророзеток заводського виготовлення.

1.5. Електричні машини, апарати, обладнання (апарати управління, пускорегулювання, контрольно-вимірювальні прилади, електродвигуни, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту повинні

відповідати класу зони згідно з ПУЕ, мати апаратуру захисту від струмів короткого замикання та інших аварійних режимів.

1.6. Плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані із зазначенням на клеймі номінального струму вставки (клеймо ставиться заводом-виготовлювачем або електротехнічною лабораторією).

1.7. Температура зовнішньої поверхні електроопалювальних приладів у найбільш нагрітому місці в нормальному режимі роботи не повинна перевищувати 85 °С.

1.8. Несправності в електромережах та електроапаратурі, які можуть викликати іскріння, коротке замикання, понаднормовий нагрів горючої ізоляції кабелів і проводів, повинні негайно ліквідуватися черговим персоналом. Пошкоджену електромережу потрібно відключати до приведення її в пожежобезпечний стан.

1.9. Замір опору ізоляції електричних мереж та електроустановок має проводитися в особливо вологих і жарких приміщеннях, у зовнішніх установках, а також у приміщеннях з хімічно активним середовищем у повному обсязі не рідше 1 разу на рік, в інших випадках — 1 раз на 2 роки, якщо інші терміни не обумовлені правилами технічної експлуатації.

1.10. На електродвигуни, світильники, інші електричні машини, апарати та обладнання, встановлені у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, повинні бути нанесені знаки, які вказують на ступінь їхнього захисту згідно з чинними стандартами.

1.11. Електропостачання всіх протипожежних пристроїв (пожежних насосів, вогнезатримуючих клапанів з електроприводом, централізованої системи оповіщення про пожежу, установок охоронно-пожежної сигналізації, пожежогасіння, електрозасувки на протипожежних водопроводах, сигналізаторів вибухонебезпечних концентрацій горючих газів, вибухонебезпечних парів, пилу тощо слід виконувати за першою категорією надійності, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

2. Не дозволяється:

2.1. Відкрите прокладання електропроводів і кабелів транзитом через пожежонебезпечні і вибухонебезпечні зони будь-якого класу і ближче 1 м і 5 м від них відповідно, а також у сходових майданчиках;

2.2. Прокладання проводів і кабелів (за винятком тих, які прокладаються в сталевих трубах) безпосередньо поверхнею металевих панелей та плит з полімерними утеплювачами, а також установа електричних апаратів, щитів тощо ближче 1 м від указаних конструкцій;

2.3. Проходження повітряних ліній електропередач та зовнішніх електропроводок над горючими покрівлями, навісами, штабелями лісу, складами паливно-мастильних матеріалів, торфу, дров та інших горючих матеріалів;

2.4. Експлуатація кабелів і проводів з пошкодженою або такою, що в процесі експлуатації втратила захисні властивості, ізоляцією;

2.5. Залишення під напругою кабелів та проводів з неізованими струмопровідними жилами;

2.6. Застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПУЕ до переносних (пересувних) електропроводок;

2.7. Застосування електричних опалювальних приладів у приміщеннях категорій за вибухопожежонебезпекою А та Б, у пожежонебезпечних зонах складських приміщень, у будівлях архівів, музеїв, картинних галерей, бібліотек (крім спеціально призначених і обладнаних для цього приміщень);

2.8. Застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

2.9. Улаштування та експлуатація тимчасових електромереж;

2.10. Користування пошкодженими розетками, відгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;

2.11. Установлення будь-яких місцевих вимикачів або штепсельних роз'єднувачів у мережах аварійного (евакуаційного) освітлення;

2.12. Підвішування світильників безпосередньо на струмопровідні проводи, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

2.13. Використання електроапаратури та приладів в умовах, які не відповідають вказівкам підприємств-виготовлювачів;

2.14. Застосування в пожежонебезпечних зонах складських приміщень світильників з відбивачами та розсіювачами, виготовленими з горючих матеріалів;

2.15. Використання в пожежонебезпечних зонах світильників з лампами розжарювання без захисного суцільного скла (ковпаків);

2.16. Залишення без догляду при виході з приміщення увімкнених в електромережу нагрівальних приладів, телевізорів, радіоприймачів тощо;

2.17. Складування горючих матеріалів на відстані менше 1 м від електроустаткування та під електрощитами;

2.18. Використання роликів, вимикачів, штепсельних розеток для підвішування одягу й інших предметів;

2.19. Заклеювання відкрито прокладених електропроводів і кабелів папером, горючими тканинами;

2.20. Використання побутових електронагрівальних приладів (прасок, чайників, кип'ятильників тощо) без негорючих теплоізоляційних підставок та в місцях (приміщеннях), де їх застосування не передбачено технологічним процесом або іншими нормативними документами

4.2 Значення охорони праці в системах електричного освітлення

Організація безпечних умов праці є одним із найважливіших аспектів під час проєктування, монтажу та експлуатації систем вуличного освітлення. З урахуванням того, що електрообладнання знаходиться під високою напругою та розміщується на відкритих ділянках, особливе значення набуває дотримання правил техніки безпеки та протипожежного захисту.

Роботи, пов'язані з монтажем і обслуговуванням електричних мереж, відносяться до **підвищеної небезпеки**, а отже, вимагають особливої уваги до підготовки працівників, наявності відповідного інструменту та використання захисних засобів.

4.3 Вимоги до роботи з електроустановками під напругою

Під час роботи з електрообладнанням необхідно суворо дотримуватися правил безпеки. Зокрема, забороняється:

- торкатися відкритих струмопровідних частин;
- виконувати будь-які ремонтні роботи без попереднього зняття напруги та заземлення;
- експлуатувати несправні електроустановки, проводи з пошкодженою ізоляцією або обладнання зі зламаними захисними кожухами.

Всі роботи з електроустановками напругою до 1000 В повинні виконуватися **електромонтерами, які мають відповідну групу з електробезпеки (не нижче III),** пройшли навчання та медичний огляд.

Перед початком виконання робіт необхідно:

- перевірити справність інструментів та засобів індивідуального захисту;
- забезпечити наявність попереджувальних знаків та огорож;
- провести інструктаж із безпеки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході роботи було підтверджено, що використання системи на основі реле часу дозволяє знизити енергоспоживання щонайменше на 25–35%, а термін служби освітлювальних елементів збільшується на 30–40%. Крім того, завдяки автоматичному керуванню, навантаження на персонал, що обслуговує систему, зменшується, а рівень надійності роботи освітлення підвищується.

Значущість результатів роботи полягає у практичній можливості їх оперативного впровадження з мінімальними витратами. В умовах обмеженого фінансування та зростання тарифів на електроенергію запропоноване рішення є актуальним для багатьох громад та підприємств. Простота реалізації, невисока вартість комплектуючих, можливість масштабування та адаптації до конкретних умов — усе це робить розроблену систему доступною для широкого кола споживачів.

Також важливо відзначити, що впровадження подібних систем має екологічний ефект — зменшення викидів вуглекислого газу, зниження рівня світлового забруднення, що особливо важливо для збереження навколишнього середовища в умовах сучасного міста.

У підсумку можна стверджувати, що результати кваліфікаційної роботи мають не лише прикладне, а й стратегічне значення. Вони можуть бути основою для подальших розробок у сфері автоматизації енергоспоживання, а також використовуватись як навчально-практичний приклад для студентів технічних спеціальностей.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2006. – 61 с.
2. ДСТУ ГОСТ 15597:2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2009. – 24 с.
3. Червінський Л.С., Шевель С.С. Експлуатація освітлювальних і опромінювальних установок в сільському господарстві. – Київ: Урожай, 1990. – 143 с.
4. Червінський Л.С., Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення. – Київ: НУБіП України, 2011. – 226 с.
5. Electrica-Shop. Димірування світлодіодного освітлення. Режими навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/articles/75.dimmiruem_svet_tipi_nagruzok (дата звернення 05.06.2024).
6. Masteram. Димери та світлодіоди: ідеальне поєднання зручності та ефективності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://masteram.com.ua/uk/articles-and-video/dimmers-and-leds-a-perfect-combination-of-convenience-and-efficiency/> (дата звернення 05.06.2024).
7. Skylots. Таймер OVE Lele DTE2W 230v 5a. Характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://skylots.org/6538886669/Taymer+OVE+Lele+DTE2W+230v+5a+Taymer> (дата звернення 05.06.2024).
8. Tematools. Світлодіодний індикатор AD22-22DS. Технічні характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tematools.com.ua/ua/p1715393736-svetodiodnyj-indikator-ad22.html> (дата звернення 05.06.2024).
9. Megaelektrikshop. Програмоване реле часу Entes ERTC-01. Опис і технічні характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.megaelektrikshop.net/entes-ertc-01-din--fiyati> (дата звернення 05.06.2024).

10. 5Watt. Розумне освітлення міста. Переваги систем автоматизації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/rozumneosvitlennya-mist> (дата звернення 05.06.2024).
11. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.
12. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. ОкіДЖний. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.