

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення "Інженерної інфраструктури та комп'ютерних наук"

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

До захисту допущено

завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **І.В. Нездвєцька**  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ **2024 р.**

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної випускової роботи  
освітньо-професійного ступеня "фаховий молодший бакалавр"  
спеціальність 141 "*Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка*"

на тему: "**Проект енергозберігаючої системи автоматичного керування  
освітленням мікрорайону міста**"

Виконав: студент IV курсу, групи Е -42  
спеціальності  
141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Синюк В. Ю.  
к.т.н., доц. Нездвєцька І. В.

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Випускова кваліфікаційна робота «**Проект енергозберігаючої системи автоматичного керування освітленням мікрорайону міста**» складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 55 сторінках формату А4, містить рисунки та таблиці. В роботі розроблено систему автоматичного управління вуличним освітленням на базі світлодіодних ліхтарів за допомогою ПЛК, враховуючи параметри освітленості території, безпеки та ергономічності.

**Актуальність теми.** Розроблена система вуличного освітлення дозволить скоротити витрати електроенергії у порівнянні з традиційним на базі ДНаТ або ДРЛ до 80%. При цьому забезпечується суттєве скорочення затрат праці на обслуговування системи.

**Мета роботи** Метою даної розробки є створення проекту автоматизації обладнання для освітлення мікрорайону типової місцевості міста. Очікувані цілі реалізації цього проекту: підвищення ефективності управління; підвищення рівня безпеки, зниження аварійності; поліпшення умов праці персоналу; скорочення часу пошуку та усунення несправностей; зниження енергетичного навантаження.

**Ключові слова:** вуличне освітлення, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	6
1.1 Особливості енергозберігаючих систем освітлення	6
1.2 Аналіз архітектури систем управління освітленням	12
1.3 Технічне забезпечення освітлення	18
Висновки до розділу 1	26
2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВУЛИЧНИМ ОСВІТЛЕННЯМ	27
2.1 Розробка структурної схеми системи освітлення	27
2.2 Функціональна схема системи	29
Висновки до розділу 2	33
3 ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ	36
3.1 Програмований логічний контролер	34
3.2 Вибір датчиків диму	37
3.3 Вибір датчиків освітленості	38
3.4 Вибір датчиків температури	39
3.5 Вибір блоку тиристорних ключів	39
3.6 Вибір блоку автоматичного захисту	40
3.7 Вибір GSM модема	41
3.8 Обґрунтування вибору світильників та драйверів керування	43
3.9 Вибір програмного забезпечення	44

					<i>ДП 14.104.1031 ПЗ</i>		
<i>Змн.З</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Синюк В.Ю.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нездвєцька і.В.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Лаврищев О.О.</i>					

Висновки до розділу 3	44
4 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ОСВІТЛЕННЯ ДОРІГ І ВУЛИЦЬ	45
4.1 Проектування освітлення доріг: основні напрямки	47
4.2 Стандарти вуличного освітлення та вимоги до освітлення доріг	46
4.3 Обґрунтування параметрів системи освітлення об'єктів (вулиць, дворів)	47
ВИСНОВКИ	50
ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	51

## ВСТУП

Міське зовнішнє штучне освітлення виконує одночасно естетичну, екологічну та економічну функції і є одним з найважливіших елементів міського благоустрою та архітектурно-художнього дизайну. Комфортна освітленість у вечірній та нічний час досягається за рахунок кількісних та якісних характеристик обґрунтовано підбраного штучного освітлення, яке регламентується відповідними нормами. Міське зовнішнє освітлення є елементом громадського середовища і тому впливає на повсякденне життя громади.

Теми скорочення державних витрат на енергоспоживання, пошуку альтернативних джерел енергії та екологічних міркувань вже давно викликають великий інтерес у науковців та громадян по всьому світу. Зростання цін на енергоносії та глобальні екологічні зміни ініціювали прагнення до підвищення енергоефективності, що вивело світлодіодні технології на перший план як альтернативу традиційним джерелам світла для комерційного та муніципального застосування.

					<i>ДП 14.104.1031 ПЗ</i>		
<i>Змн.З</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Синюк В.Ю.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нездвєцька і.В.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Лаврищев О.О.</i>					

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

## 1.1 Особливості енергозберігаючих систем освітлення

Інтелектуальні системи вуличного освітлення - це концепція ефективного розподілу електроенергії в процесі вуличного освітлення. Наразі сектор стрімко розвивається завдяки суспільній увазі до "зелених" технологій, що підтверджується прийняттям важливих нормативних документів на національному та міжнародному рівнях.

Існує два покоління інтелектуальних систем освітлення. Перше покоління - це системи освітлення на основі світлодіодів. Заміна звичайних джерел освітлення на світлодіодні значно подовжує термін їх служби та дозволяє уникнути наслідків забруднення навколишнього середовища при утилізації; світлодіоди також можуть регулювати свою яскравість, що зараз реалізується у другому поколінні, де реалізуються принципи адаптивності та ресурсоефективності. Використовуються в інтелектуальних системах освітлення.

Світлодіодне освітлення вулиць і магістралей - реальність сучасного світу енергозберігаючих технологій. Світлодіодне освітлення використовується в усьому світі для освітлення доріг і вулиць. Світильники встановлюються на різній висоті на освітлювальних стовпах, а також світлодіодні світильники використовуються для освітлення доріг за межами міст. Менш потужні світлодіодні вуличні світильники використовуються для освітлення доріг, дворів і під'їзних шляхів у самих містах (рис. 1.1 і 1.2).

					ДП 14.104.1031 ПЗ		
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Синюк В.Ю.			Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.		Нездвєцька і.В.					
Реценз.					ЖАТФК зр. Е-42		
Н. Контр.							
Затверд.		Лавріщев О.О.					

[Введіть текст]



Рисунок 1.1 – Світлодіодний світильник для вуличного освітлення



Рисунок 1.2 – Вуличне світлодіодне освітлення


[Введіть текст]

Світлодіодні світильники для вуличного та магістрального освітлення зібрані на основі потужних, над'яскравих світлодіодів (HIGH POWER LEDs) і видають світловий потік до 14 000 люмен. При цьому вони споживають у кілька разів менше електроенергії, ніж звичайні світильники вуличного освітлення.



Рисунок 1.3 – Світлодіодне освітлення паркової зони світильниками на сонячних батареях

Основною метою використання світлодіодних світильників для вуличного освітлення є економія електроенергії, а також економія на обслуговуванні вуличного освітлення. Термін служби світлодіодних ламп і світлодіодних світильників, що використовуються для вуличного освітлення, становить 50 000 – 60 000 годин. Металогалогенні та газорозрядні лампи, що використовуються у звичайному вуличному та магістральному освітленні, мають термін служби 10 000-11 000 годин. Для заміни звичайних ламп, що відпрацювали свій ресурс, необхідне спеціальне обладнання та фахівці. Це означає, що потрібна підйомна вишка та бригада електриків. Заміна ламп коштує недешево: світлодіодні світильники економічно вигідніші в обслуговуванні, ніж звичайні світильники.



[Введіть текст]

Світлодіодні світильники для вуличного освітлення не мають затримки увімкнення і майже миттєво випромінюють заявлений світловий потік. Цим вони суттєво відрізняються від світильників з металогалогенними лампами, світловий потік яких змінюється з часом. Ця характеристика називається "розгоряння" протягом декількох хвилин.

У багатьох країнах світу сьогодні гостро стоїть питання енергозбереження. Навіть у країнах, які в останні десятиліття не були енергетично бідними, зараз спостерігається сильний дисбаланс між вартістю кіловат-години та розміром тарифів. Це не нова ситуація для України. Витрати зростають у всіх сферах життя, включаючи вуличне освітлення, муніципальні об'єкти та весь житлово-комунальний сектор. Сьогодні стратегії розумного освітлення є частиною міжнародної концепції більшості міст [1].

Принцип розумного освітлення базується на використанні адаптивних енергозберігаючих пристроїв. Для цього використовуються спеціальні світильники, оснащені датчиками і підключені до мережі автоматичного управління. Освітлення може повністю вимикатися або мінімізуватися в моменти, коли воно не потрібне, наприклад, коли вуличного освітлення достатньо або коли в безпосередній близькості від ліхтаря немає потреби у світлі. Зрозуміло, що освітлення буде ввімкнено, якщо є стимул. Залежно від конфігурації системи, автоматизація може бути необов'язковою або деякі непотрібні елементи можуть бути проігноровані, щоб уникнути марної трати енергії.

Прикладами вдосконалень є погіршення видимості при зниженні температури навколишнього середовища у вигляді опадів або туману, наприклад, під час ожеледиці, хуртовини, дощу або снігопаду. Звичайні вуличні ліхтарі не можуть впоратися з особливостями погодних умов і завжди працюють в одному і тому ж режимі.

[Введіть текст]

Завдяки використанню обладнання нового покоління, інтелектуальні системи унікальним чином регулюють інтенсивність світла таким чином, щоб вуличний ліхтар адекватно освітлював весь простір під ліхтарем з урахуванням усіх факторів, зменшуючи ймовірність появи сліпих зон через погане освітлення.

Такі заходи можуть здаватися надто незначними в повсякденному сприйнятті людей, але їх ефективність вже доведена в деяких країнах, які почали використовувати перші подібні продукти таких систем. Спеціальна комісія продовжує відстежувати випадки, коли нещасним випадкам вдалося запобігти завдяки гарному освітленню. Спеціальна комісія також заохочує розробку заходів для конкретних сценаріїв експлуатації та можливих погодних умов. Вуличні ліхтарі з системами освітлення починають освітлювати ділянки по-різному, використовуючи різні датчики. Ці датчики розрізняють ожеледицю зі сніговим покривом і без нього та відповідно регулюють баланс світильників.

Звичайно, більшість заходів спрямовані на створення ситуації, коли ймовірність неналежного вуличного освітлення дорівнює нулю, але, на жаль, не всі фактори можна подолати. Тому там, де виникають аварійні ситуації, слід проводити максимальний екологічний моніторинг. Якщо всі освітлювальні прилади підключити до єдиної мережі з системою управління вуличним освітленням, кожна локацію в місті можна буде аналізувати за допомогою датчиків, щоб встановити максимальну освітленість на прилеглий території. Це забезпечить достатню економію електроенергії та дозволить уникнути погіршення умов поганой видимості. У деяких країнах освітлення налаштовується на особливий режим блимання при наближенні до аварійно-небезпечних ділянок, щоб попередити водіїв під час руху [2].

Більш просунуті функції систем освітлення можуть включати світлодіодні лампи, а також світлодіодні інформаційні панелі.

					<i>ДП 14.104.1031 ПЗ</i>	9
--	--	--	--	--	--------------------------	---

[Введіть текст]

відображати інформацію про дорожні умови в реальному часі. Такі світлодіодні інформаційні панелі можуть динамічно реагувати і рекомендувати зниження швидкості на ділянках дороги або забороняти паркування і звільняти проїжджу частину. В результаті підвищується комфорт і безпека на дорозі.

Апаратне забезпечення сучасних систем вуличного освітлення повинно майже на 100% базуватися на світлодіодних технологіях, напівпровідникових освітлювальних приладах і логічних контролерах. Всі ці продукти поділяються на незалежні секції, спеціальні світлодіодні світильники (в тому числі з дистанційним індивідуальним керуванням) і кластери пристроїв, пов'язаних з вулицями, кварталами і садами. Дійсно, забезпечується гнучкість керування кожним пристроєм окремо за потреби. Цей аспект не тільки важливий для правильного функціонування системи, але й має вирішальне значення для діагностики та швидкого реагування на несправності системи, а також для визначення необхідності заміни ламп і світильників.

З іншого боку, у випадку інтелектуальних концепцій все обладнання контролюється системою, яка може надсилати і автоматично отримувати сигнали про несправності, якщо вони виникають. Сама система може контролювати технічний стан обладнання, підтримувати систему сигналізації стану і вносити всю інформацію в базу даних системи. Будь-які аварійні ситуації, пов'язані з електропостачанням (або відключенням електроенергії), реєструються, і можна прогнозувати майбутні ситуації. Як наслідок, економиться час та паливо ремонтних бригад [2].

У той час як старе підвісне вуличне освітлення працює однаково за будь-яких зовнішніх умов, смарт-технології мають можливість розширити стандартну функціональність і унікально реагувати на зміну дня і ночі, а також на зміну освітленості.

[Введіть текст]

Розумна технологія здатна розширювати стандартні функції та унікально реагувати на зміну дня і ночі, тривалості світлового дня та умов зовнішнього освітлення. Це дозволяє економити електроенергію, коли освітлення не потрібне або коли потрібна максимальна яскравість.

У той час як обслуговування старих систем освітлення та пов'язаного з ними обладнання повністю організовано за допомогою паперової документації, що фіксує всі події, інтелектуальні системи можуть самостійно відстежувати ситуацію і прокладати маршрути ремонтних бригад. Старі методи вимірювання не дозволяють коректно оцінити енергоспоживання. Наприклад, у Німеччині та Норвегії вже майже 15 років використовується система виставлення рахунків, прив'язана до споживачів, а не до постачальників. За цим методом виставляється рахунок не за кількість енергії, а за фактично спожиту і перетворену на світло.

Усі вуличні світильники мають високий ступінь захисту, але світлодіодні світильники з IP65 мають вищу стійкість до зовнішніх кліматичних умов. За однакових умов вони служать довше, не тільки завдяки десяткам тисяч годин ресурсу, але й завдяки аналізу навколишнього середовища та зменшенню неефективного використання світловипромінювальних елементів, коли освітлення зменшується відповідно до ситуації [2].

## **1.2 Аналіз архітектури системи керування освітленням**

Ядром системи керування зазвичай є програмований логічний контролер. Цей контролер повинен мати вбудований годинник реального часу, який можна синхронізувати та конфігурувати, що дозволяє керувати контакторами в лінії освітлення відповідно до заданого розкладу. Програма

[Введіть текст]

промислові магістральні, фасадні, ландшафтні та господарські світильники, а також світильники для загального цокольного та туристичного освітлення [5].

Світильники встановлюються на відкритому повітрі без захисту від погодних умов. Застосовуються для освітлення доріг, вулиць, автостоянок, магістралей, паркінгів розважальних і торгових центрів, промислових і складських зон, автостоянок, СТО та АЗС. Всі вони відповідають класам захисту IP65 та IP68 і можуть використовуватися в будь-якому регіоні України та в будь-яку пору року. Більшість пропонуваніх світлодіодних світильників – вітчизняного виробництва, виготовлені з сучасних матеріалів та високоякісних діодів. Приклади світлодіодних світильників показані на рис. 1.8 та 1.9.



Рисунок 1.8 – Світлодіодне вуличне освітлення

Таблиця 1 – Порівняння вуличного освітлення зі світлодіодними світильниками з аналогічними характеристиками до ламп ДРЛ250

Параметр	ДРЛ250	LED 60 Вт
Реальна споживана потужність, Вт	250	60
Освітленість з висотою встановлення 9-10 м, люкс	24	24
Середньодобовий час роботи протягом року, годин	10,54	10,54
Споживання в добу, кВт*год.	3,162	0,632
Споживання в місяць, кВт*год.	94,86	18,97

[Введіть текст]

Щомісячна економія, кВт*год.	0	75,89
Тариф грн/кВт*год.	3,64	3,64
Щомісячна економія, грн	0	276,24
Щорічна економія, грн	0	3314,88
Роздрібна вартість світильника типу ЖКУ, РКУ з лампою ДРЛ, грн	1253	3740,00
Термін окупності, років		0,67



Рисунок 1.9 – Світлодіодні світильники для житлових і громадських приміщень

Однією з найперспективніших сфер застосування світлодіодного освітлення є використання світлодіодних світильників для житлових і громадських приміщень у місцях загального користування житлових комплексів. У цих місцях загального користування використовуються старі лампи розжарювання. Середньостатистичний багатоповерховий будинок має близько 500 точок освітлення, які, якщо вони обладнані 60-ватними лампами і працюють 10 годин на добу, 30 днів на місяць, споживають 9 000 кВт-год на місяць. При тарифі 2,64 грн/кВт-год, щомісячний рахунок за електроенергію становитиме 23760 грн. Річна вартість становитиме, відповідно, 285120 грн на рік, що вже є чималою сумою, але якщо її розділити на 250 квартир, ще більше щомісяця, то це буде лише 95,04 грн на місяць, що нівелюється загальними витратами на комунальні послуги, про які мало хто замислюється. Цей розрахунок не включає витрати на заміну перегорілих ламп. Хоча вона

[Введіть текст]

відносно невелика порівняно із загальними витратами, але все ж таки впливає на загальну вартість. Сюди також входить заробітна плата багатьох людей, які займаються обслуговуванням таких джерел світла.

Світлодіодні світильники для житлових і громадських будівель спочатку були дорожчими, і це було стримуючим фактором для багатьох. Однак за останні кілька років ціновий розрив скоротився відповідно до рівня технологічного розвитку світлодіодних світильників і зараз вже не такий високий, як був кілька років тому. Світлодіодна технологія стрімко розвивається і, як наслідок, ціни стають дешевшими. Сьогодні якісні світильники для під'їздів коштують від 280 грн. Розрахунок економічної ефективності 60-ватної лампи розжарювання показав, що її можна замінити 5-ватним світлодіодним світильником. Якщо світильник обладнати датчиком освітленості, датчиком шуму та датчиком руху, він буде вимикатися в темряві або працювати в режимі очікування з енергоспоживанням від 1 до 2 Вт. Таким чином, споживання електроенергії становить 750 кВт-год на місяць і 9000 кВт-год на рік, при загальних річних витратах лише 23760 грн. Лампи не потребують заміни. Гарантійний термін на світлодіодні лампи майже всіх виробників становить не менше двох років, а розрахунковий термін служби - 50 000 годин.

Багато противників LED-технологій стверджують, що енергозберігаючі люмінесцентні лампи споживають значно менше електроенергії, ніж лампи розжарювання, і що їх використання дозволить значно скоротити витрати в житлових і громадських будівлях. Однак, по-перше, енергозберігаючі люмінесцентні лампи не набагато дорожчі за звичайні лампи розжарювання, що робить вартість заміни лампи, яка розбилася, дорожчою. По-друге, їх не можна використовувати разом із датчиками світла та руху, оскільки вони не люблять, коли їх часто вмикають і вимикають, вони містять токсичні речовини і тому потребують спеціальних заходів з утилізації після використання.

[Введіть текст]

Багато приватних компаній і муніципалітетів, які зараз встановлюють вуличне освітлення, планують використовувати бездротовий зв'язок для автоматизації вуличного освітлення. Однак недоліком цього плану є те, що більшість світильників, які використовуються в таких системах, розміщені в металевих корпусах і знаходяться на великих відстанях один від одного. Деякі світильники частково розташовані в тунелях або за металевими чи залізобетонними конструкціями, що спричиняє значні радіоперешкоди та ускладнює експлуатацію.

Наразі рівень сигналу та пропускна здатність як дротових, так і бездротових мереж знижуються через збільшення кількості пристроїв, обсягів переданих даних, потреб користувачів та появу нових джерел завад. Однак використання бездротового обладнання часто дозволяє подолати всі ці проблеми.

Часто перешкодою також можуть бути певні матеріали поблизу, такі як металеві або залізобетонні стіни, повітряні лінії електропередач, працюючі електродвигуни, рухомий метал, ізоляція та інша міська інфраструктура. Такі перешкоди послаблюють, відбивають, а іноді і блокують сигнали, що передаються від міської системи освітлення. Тому, якщо датчик встановлюється на стіні, наявність на стіні великих сталевих конструкційних рам може зменшити стабільну дальність передачі сигналу датчика на 50%. Інші радіомережі, що працюють у тому ж діапазоні частот, часто створюють перешкоди радіообладнанню, наприклад, бездротовим телефонам, ширококутовим передавачам і бездротовим домофонам.



[Введіть текст]

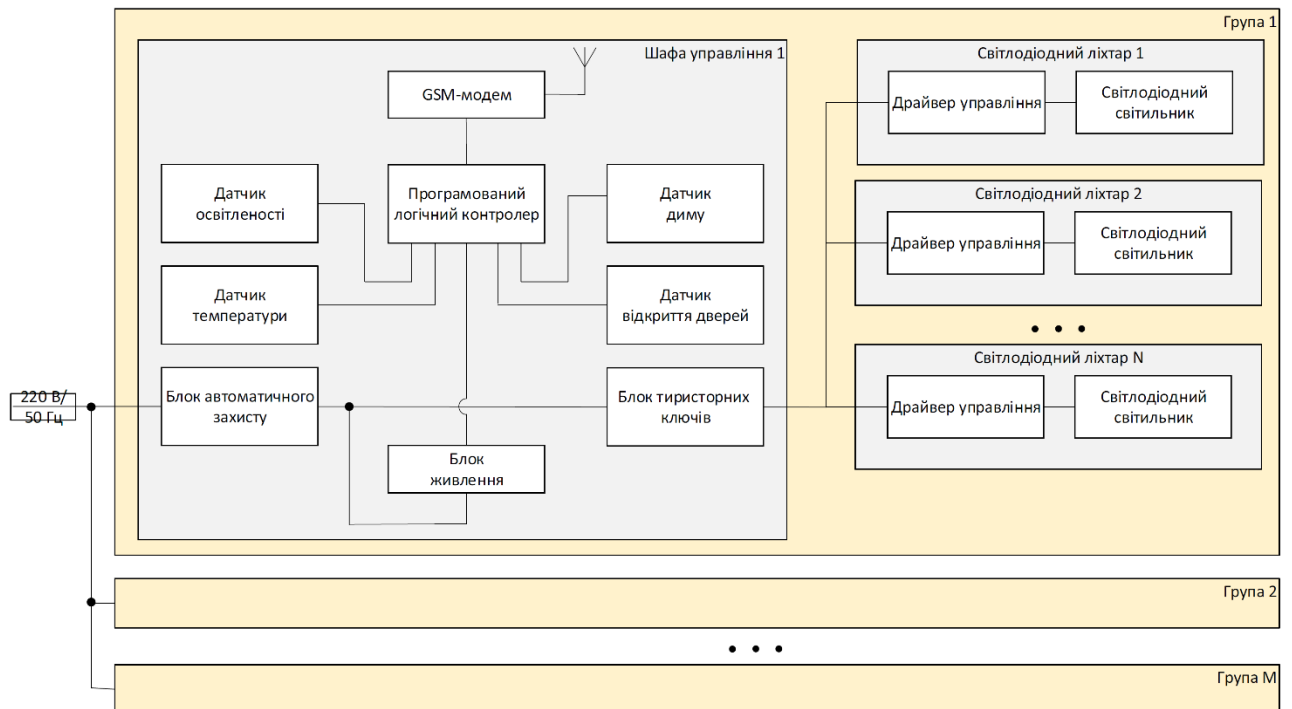


Рисунок 2.2 – Функціональна система освітлення мікрорайону міста

Вирішення цих та інших нетривіальних проблем можливо за допомогою запрошення фахівці по бездротовому зв'язку, які виконують обстеження умов експлуатації, визначають точки доступу, місця установки допоміжних антен та інших компонентів, необхідних для роботи даної системи.

Складена концепція бездротового зв'язку і управління системою освітлення є привабливою для багатьох сфер використання, проте вона сама по собі не виступає стимулом для поширеного використання і широкого поширення цієї технології серед фахівців, що встановлюють вимоги для інженерних рішень. Для стимулювання поширення бездротових пристроїв можливо використовувати економічні переваги і можливість тонкої настройки, що можливі для системи освітлення міста для освітлення вулиць і доріг не тільки відповідно до технічних норм, а й з урахуванням загальноміських потреб.

Оскільки розроблювана система має високий рівень ефективності та функціональності бездротових систем управління вуличним освітленням

[Введіть текст]

(УВО), то застосуванням центрального сервера зменшити споживання енергії на 40% і зможе зменшити експлуатаційні витрати на 30%. При цьому слід враховувати, що несправності визначаються та розпізнаються миттєво, що скорочує час простою світильників на 75%.

Багато фахівців оцінюють впровадження та грамотну експлуатацію бездротових систем УВО як гарну можливість економії електроенергії міста, завдяки якій можна економити до 40 % від загального енергоспоживання при освітленні міста. При довжині доріг України рівній близько 4800 км сумарна потужність вуличних освітлювальних установок становить 40 МВт [7].

## Висновки до розділу 2

На сьогоднішній день ринок інтелектуальних систем управління освітленням швидко зростає завдяки ряду переваг, пропонує користувачам:

- значної економії електроенергії;
- створення комфортної для людини світлового середовища;
- продовження терміну служби освітлювального обладнання, що дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування систем освітлення.

Реалізація систем інтелектуального освітлення здійснюється за рахунок застосування спеціалізованих апаратно-програмних засобів:

- сучасних ПЛК з набором інтерфейсів, що підтримують протоколи управління системами освітлення – DALI, DMX і іншими;
- інтелектуальних світлодіодних драйверів;
- різних датчиків, в тому числі радарних датчиків присутності;
- електронних пристроїв захисту систем освітлення від підрбок і хакерських атак.

Однак розробники, які впроваджують системи інтелектуального освітлення, нерідко стикаються з певними труднощами:

[Введіть текст]

- високою вартістю розробки і впровадження нових технічних рішень;
- ризиком затягування термінів виходу продукції на ринок;
- диверсифікацією потреб ринку і підвищенням рівня конкуренції, що утрудняють охоплення всього різноманіття світлодіодних систем освітлення.

## З ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

### 3.1 Програмований логічний контролер

Пропонується введення в склад функціональної схеми з двох блоків:

- блок панелі управління, що складається з контролера SIEMENS LOGO!, датчика диму SD230N, датчика освітленості Gira, датчика температури TEU PT 1000/Produal, блоку тиристорних вимикачів SKPC 200-440 та блоку автоматичного захисту PH 113;
- світильник, що складається з драйвера керування потужністю 100 Вт 3000 мА та світлодіодного вуличного світильника VARGO;
- обидва блоки з'єднані між собою програмним забезпеченням програмованого логічного контролера SIEMENS LOGO!, яке дозволяє програмувати вибрані контролери в шафі SVO.

Контролер SIEMENS LOGO! був обраний в якості контролера для шафи вуличного освітлення (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 — Контролер SIEMENS LOGO!

					ДП 14.1.04.1.031 ПЗ		
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Синюк В.Ю.				Лит.	Арк
Перевір.		Нездвєцька і.В.					Аркуші
Реценз.					ЖАТФК зр. Е-42		
Н. Контр.							
Затверд.		Лаврищев О.О.					

[Введіть текст]

Таблиця 3.1 – Характеристика контролеру SIEMENS LOGO!

Параметр	Значення
Кількість входів	4
Канали зв'язку	Ethernet
Живлення	Джерело постійного струму 24 В
Програмні характеристики	Об'єм програми до 400 програмних блоків

Контролер SIEMENS LOGO! запрограмований на аналіз результатів, отриманих датчиками освітленості, температури, диму та відкриття дверей, і передачу даних до системи керування вуличним освітленням через GPS (ela.kpi.ua) [8].

### 3.2 Вибір датчиків диму

Для побудови шафи вуличного освітлення було обрано датчики диму SD230N, вигляд датчика SD230N зображено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Датчик SD230N


[Введіть текст]

Датчик SD230N використовується для виявлення диму у шафі за умови пожежі. Він буде передавати на контролер сигнал “Пожежа”, далі він буде аналізований та будуть прийняті міри [9].

Таблиця 3.2 – Характеристика SD230N

Параметр	Значення
Тип датчика	Дротовий
Поріг спрацьовування	+50 ±2 °С
Живлення	Живлення від мережі змінного струму 220 В Резервне живлення від батареї 9 В
Діапазон робочих температур	Від 0 до +50 °С

### 3.3 Вибір датчиків освітленості

Для забезпечення контролю температури та освітленості вулиці у будь яку годину доби було обрано датчик Gira, комбінований, для зовнішнього встановлення. Датчик Gira зображено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Датчик Gira

[Введіть текст]

Таблиця 3.3 – Характеристика датчика Gira

Параметр	Значення
Тип підключення	Проводовий
Діапазон виміру	0...255 лк
Напруга живлення, В	DC, 10 В
Діапазон робочих температур	Від -30 до +70°C

Датчики Gira використовуються для аналізу вуличного освітлення з метою регулювання потужності освітлення вуличних ліхтарів [10].

### 3.4 Вибір датчика температури

Датчик температури TEU PT 1000/Pro dual використовується для моніторингу температури навколишнього середовища [11]. Датчик TEU PT 1000/Pro dual показаний на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Датчик TEU PT 1000/Pro dual

Таблиця 3.4 – Характеристика TEU PT 1000/Pro dual

Параметр	Значення
Тип підключення	Проводовий
Точність	$\pm 0,3$ °C при 0 °C
Діапазон робочих температур	Від -50 до +50 °C

[Введіть текст]

### 3.5 Вибір блоку тиристорних ключів

Для забезпечення комутації вуличних ліхтарів, що комутуються шафою управління освітленням, потрібні потужні ключі. Нами запропоновано використання тиристорних ключів як відносно бюджетного, а головне, безконтактного комутаційного пристрою. Відомо, що застосування контактних комутаційних пристроїв (електромагнітних реле, контакторів та інш.) характеризується швидким зношенням контактів, експлуатація яких неприпустима в умовах високої вологості. Тиристорні ключі позбавлені проблем з експлуатацією в подібних кліматичних умовах. Блок тиристорних ключів відображено на рис. 3.5.

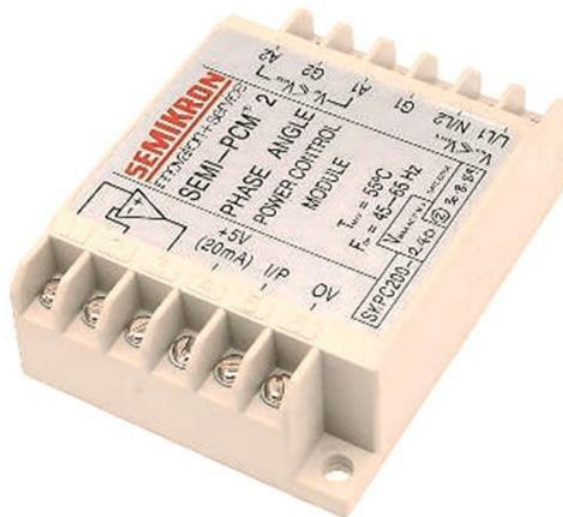


Рисунок 3.5 – Блок тиристорних ключів SKPC 200-440

Таблиця 3.5 – Характеристика тиристорного ключа SKPC 200-440

Параметр	Значення
Робоча частота, Гц	45...65
Максимальний струм, А	1,9
Діапазон робочих температур, °С	Від -40 до +125



[Введіть текст]

Тиристорні ключі можуть бути використані для встановлення необхідної швидкості зміни прикладеної напруги кола навантаження та створення початкових умов, необхідних при вмиканні навантажень, що живляться від вуличних світильників [12].

### 3.6 Вибір апаратів автоматичного захисту

Для захисту електрообладнання від підвищення та зниження напруги в однофазній електричній мережі було обрано реле напруги РН 113.

Реле РН 113 зображено на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Реле РН 113

Таблиця 3.6 – Характеристика реле РН 113

Параметр	Значення
$U_{\max}/U_{\min}$	160...280 В
Кількість фаз	1
Номінальний струм, А	32

У разі стрибка напруги реле автоматично перериває ланцюг, щоб захистити шафу та обладнання в ній. Максимально і мінімально допустимі

[Введіть текст]

рівні напруги встановлюються за допомогою ручки на передній панелі реле RN 113. Після того, як напруга в мережі досягне нормального значення, реле RN 113 автоматично замикає коло через встановлений регулятором час (від 5 до 900 с) [13].

### 3.7 Вибір GSM-модему

Для передачі даних від шафи управління до системи управління освітленням було обрано GSM/GPRS модуль зв'язку Siemens LOGO!8 CMR200 (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Siemens LOGO! GSM/GPRS

Таблиця 3.6 – Характеристика Siemens LOGO! GSM/GPRS

Параметр	Значення
Входи	2
Виходи	2
Вхідна напруга	12 В

[Введіть текст]

Комунікаційний модуль CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0 від Siemens дозволяє контролювати логічні модулі LOGO! серії 0BA8 за допомогою SMS-команд з мобільного телефону і отримувати дані про тривоги і стан. Модуль зв'язку CMR2020 - 6GK7142-7BX00-0AX0 може спілкуватися як учасник відповідної мобільної мережі. Модуль зв'язку CMR2020 підключається до базового модуля LOGO! через вбудований інтерфейс Ethernet. Крім програмування, він може керувати пристроєм і зберігати список мобільних номерів з правами доступу для отримання тривог і даних. Крім того синхронізація часу з підключеним модулем може бути встановлена на основі інформації про час від оператора мобільного зв'язку або сигналів GPS. CMR2020 може використовуватися як автономний пристрій, а також для виконання простих функцій управління [14].

### 3.8 Обґрунтування вибору світильників та драйверів керування

3.8.1 Вибір драйверів керування для світлодіодів. Світлодіодний драйвер необхідний для стабілізації струму, що протікає через світлодіоди ліхтаря; для світлодіодного ліхтаря був обраний світлодіодний драйвер потужністю 100 Вт зі струмом 3000 мА (рис. 3.7).




[Введіть текст]

Це запобігає засліпленню водіїв і пішоходів.

- проектна документація на вуличне освітлення в житлових районах. Оскільки ці райони характеризуються жвавою транспортною мережею і численними пішохідними зонами, при розробці проектів освітлення важливо враховувати візуальну привабливість, а також забезпечення безпечного руху пішоходів і транспортних засобів. Таким чином покращується естетика;

- світловий дизайн пішохідних зон. Статистика показує, що ці зони характеризуються підвищеною небезпекою. Особливо це стосується ситуацій, коли видимість погана. Встановлення вуличного освітлення може кардинально змінити ситуацію і підвищити безпеку для всіх учасників дорожнього руху.

#### **4.2 Стандарти вуличного освітлення та вимоги до освітлення доріг**

При проектуванні вуличного освітлення для різних міських районів і доріг слід дотримуватися наступних вимог:

1. комфортне освітлення з мінімальним споживанням енергії;
2. надійність і довговічність установки; і
3. просте, зручне та безпечне обслуговування та управління обладнанням
4. відповідність основним стандартам і нормам вуличного та дорожнього освітлення.

Якщо з першими трьома пунктами все більш-менш зрозуміло, то четвертий вимагає більш глибокого дослідження. Іншими словами, що стосується стандартів освітлення доріг, то цей показник залежить від категорії дороги і може варіюватися в таких межах:

- для київських автомагістралей з високою інтенсивністю руху (1000-5000 автомобілів на годину), що відносяться до категорії А, допустима сила світла становить 20 люкс;

[Введіть текст]

- для районних доріг категорії В з низькою концентрацією транспортних засобів цей показник варіюється від 15 люкс (500-1000 автомобілів на годину) до 10 люкс (менше 500 автомобілів на годину);

- для сільських залежних доріг (категорія В) достатньо середньої горизонтальної освітленості 4-6 люкс;

- для міських доріг загального користування стандарт освітленості становить 15-20 люкс. Інтенсивність освітлення повинна бути однаковою на розв'язках і перехрестях.

Норми освітлення пішохідних зон визначаються іншими факторами. Як правило, основні вимоги до пішохідного освітлення включають тип і розмір населеного пункту та призначення дороги. Наприклад, якщо пішохідна зона прилягає до головної вулиці або близько до автомагістралі, освітлення в цьому випадку розраховується на 10 люкс. Допустима освітленість для доріг, віддалених від автомагістралей, становить 4 лк. Крім того, для приватних доріг - 2 лк;

- зупинки громадського транспорту та спортивні майданчики потрібно освітлювати більш інтенсивно (10 люкс). Найяскравіше освітлення в пішохідних тунелях - 50-100 люкс.

Норми освітлення для сільських доріг вимагають освітленості не менше 80%. Це означає, що в районах з невеликою кількістю мешканців або користувачів освітлення може бути відсутнім взагалі. Однак головні вулиці села, другорядні дороги та сільські дороги повинні бути освітлені. Норми освітленості тут становлять 4 і 2 люкс відповідно.

### **4.3 Обґрунтування параметрів системи освітлення об'єктів (вулиць, дворів)**

4.3.1 Освітлення прибудинкової території. Підрахунок необхідної кількості світильників проводиться за формулою:

							ДП 14.104.1031 ПЗ	47
--	--	--	--	--	--	--	-------------------	----





## ВИСНОВКИ

Розвиток бездротових технологій і протоколів зв'язку дозволив створити енергозберігаючі системи управління освітленням у містах. Удосконалення таких систем можливе завдяки використанню технології GSM з підтримкою існуючих та нових стандартів.

В результаті проведеної роботи були зроблені наступні висновки:

1. Енергозберігаючі системи можуть бути використані для обробки інформації про час, місцезнаходження, кількість користувачів та погодні умови з метою економії на освітленні міських кварталів.

2. Перевагами енергозберігаючих систем міського освітлення у порівнянні зі звичайним міським освітленням є гнучкість використання та економія коштів.

3. Аналіз навколишнього середовища дозволяє ефективно використовувати електроенергію в міських кварталах.

4. Топології енергозберігаючих систем: "один до одного", "один до багатьох" та "багато до одного".

5. Вуличне освітлення можна конфігурувати з різними протоколами передачі даних для аналізу та використання.

					<i>ДП 14.104.1.031 ПЗ</i>		
<i>Змн.З</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Синюк В.Ю.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нездвєцька і.В.</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>ЖАТФК зр. Е-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Лавріщев О.О.</i>					



## ПЕРЕЛІК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gira 057200. Світлорегулюючий сенсор для реєстрації і аналізу освітленості. URL: <https://knx24.com/catalog/goods/22432/offers/37021/>. (Дата звернення: 27.04.2024).
2. GSM/GPRS communication module Siemens LOGO! 8 CMR2020. <https://www.automation24.biz/gsm-gprs-communication-module-siemens-logo-8-cmr2020-6gk7142-7bx00-0ax0>. (Дата звернення: 27.04.2024).
3. Logo! Software. URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-software.html>. (Дата звернення: 27.04.2024).
4. SKPC 200-440 thyristor trigger module. URL: <https://ua.rsdelivers.com/product/semikron/skpc200-440/skpc-200-440-thyristor-trigger-module/2963981>. (Дата звернення: 27.04.2024).
5. Автоматизовані системи управління вуличним освітленням. URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/zkh/asuno/>. (Дата звернення: 27.03.2024).
6. Гужов С., Поліщук А., Туркін А. Мережі вуличного освітлення з напівпровідниковими керуючими пристроями та джерелами світла: управління та розрахунок режимів. URL: <https://led-e.ua/bez-rubriki/seti-ulichnogo-osveshheniya-s-poluprovodnikovymi-upravlyayushhimi-ustrojstvami-i-istochnikami-sveta-upravlenie-i-raschet-rezhimov/>. (Дата звернення: 27.03.2024).
7. Датчик диму sd230n. URL: <http://siemens71.ua/new/?fn=10030726>. (Дата звернення: 22.04.2024).

					ДП 14.104.1031 ПЗ					
Змн.З	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Літ.	Арк	Аркушів
Розроб.		Синюк В.Ю.								
Перевір.		Нездвєцька і.В.								
Реценз.								ЖАТФК зр. Е-42		
Н. Контр.										
Затверд.		Лаврищев О.О.								

[Введіть текст]

8. Датчик температури наружного воздуха TEU PT 1000 / Produal. URL: <https://prom.ua/p878813699-datchik-temperature-naruzhnogo.html?>. (Дата звернення: 27.04.2024).
9. Драйвер для світлодіодів. URL: [https://bt.rozetka.com.ua/49464718/p49464718/?gclid=cj0kcqiawf39brccarisalxwetxfk6nx2g4byhq1h9pp\\_ck08ofhusu\\_sbrpau3q7j6tjs7n1yb5veqaalawealw\\_wcb](https://bt.rozetka.com.ua/49464718/p49464718/?gclid=cj0kcqiawf39brccarisalxwetxfk6nx2g4byhq1h9pp_ck08ofhusu_sbrpau3q7j6tjs7n1yb5veqaalawealw_wcb). (Дата звернення: 27.04.2024).
10. Електричне освітлення та опромінення [Текст] : посібник / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук ; За ред. Л. С. Червінського. К. : ТОВ "Аграр Медіа Груп", 2011. 214 с.
11. Керування вуличним освітленням — принципи і устаткування. <https://elektrik-a.ua/osveshhenie/obshhaya-chast/upravlenie-ulichnym-osveshheniem-384>. (Дата звернення: 27.03.2024).
12. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М., Лисиченко М. Л., Кунденко М. П., Федюшко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. 332 с.
13. Логический модуль siemens Logo! URL: <https://samsnab.com.ua/ru/avtomatika/simatic-siemens/siemens-logo/logo-basic/473-6ed1052-1cc08-0ba0>. (Дата звернення: 20.04.2024).
14. Реле напруги РН-113. URL: <http://www.elektroportal.com/product/show/rele-naprjazhenija-rn-113>. (Дата звернення: 27.04.2024).
15. «Розумне» освітлення міст. URL: <https://5watt.ua/uk/blog/statti/rozumne-osvitlennya-mist>. (Дата звернення: 27.03.2024).
16. Салтиков В. О. Освітлення міст: Навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2009. 221 с.
17. Світлодіодне LED освітлення. URL: <http://www.ecosvit.net/ua/svitlodiodne-osvitlennya-led>. (Дата звернення: 7.04.2024).

