

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової
кафедри
_____ В.П. Захарченко
« ____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

Тема: «Підвищення енергетичної ефективності систем внутрішнього освітлення»

Виконавець студент групи ЕС-213М Садовський Олег Миколайович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник к.т.н., доцент Мазур Тетяна Аркадіївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ С.М. Занько
(підпис) (ПІБ)

Консультант розділу «Охорона
навколишнього середовища»: _____ С.М. Маджд
(підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер: _____ Т.А. Мазур
(підпис) (ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аерокосмічний

Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П. Захарченко

«05» жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Садовського Олега Миколайовича

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи (проекту) «Підвищення енергетичної ефективності систем внутрішнього освітлення» затверджена наказом ректора від «30» вересня 2020 р. №1835/ст.
2. Термін виконання роботи (проекту): з 05.10.2020р. по 23.12.2020р.
3. Вихідні дані до роботи (проекту): застосувати наукові та інженерно-технічні підходи, щодо реалізації задачі забезпечення (підвищення) енергоефективності системи внутрішнього освітлення будівлі. Врахувати забезпечення відповідних умов нормативно-технічної документації щодо забезпечення якості та умов освітлення, енергоефективності електроспоживачів.
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз існуючих енергоефективних технічних рішень в системах внутрішнього освітлення; Синтез автоматизованої системи управління внутрішнім освітленням; Розробка алгоритмів енергоефективного управління системою внутрішнього освітлення з урахуванням зовнішніх факторів.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: Ефективність різних типів ламп. Затрати на електроенергію різних типів ламп. Принцип управління освітленням в місцях тривалого перебування. Структурна схема АСУО. Структурна схема управління системою освітлення зі світильниками без функції димміювання. Структурна схема бездротової системи управління освітленням.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Підпис керівника
1.	Аналіз та обґрунтування вибору інформаційних джерел	12.09 – 17.09.20	
2.	Збір та аналіз даних інформаційного характеру. Обґрунтування вибору рішення щодо тематики дослідження	18.09 – 30.09.20	
3.	Ознайомлення з специфікою роботи системи внутрішнього освітлення. Обробка відповідного технічного матеріалу.	01.10 – 14.10.20	
4.	Робота над розділом №1	15.10 – 30.10.20	
5.	Робота над розділом №2	01.11 – 14.11.20	
6.	Робота над розділом №3.	14.11 – 25.11.20	
7.	Розгляд питання охорони праці	Після отримання завдання	
8.	Розгляд питання охорони навколишнього середовища	Після отримання завдання	
9.	Робота над оформленням обов'язкового ілюстрованого матеріалу, оформлення пояснювальної записки	15.11 – 20.12.20	
10.	Перевірка роботи на добросовісність. Підготовка до захисту	Після передзахисту	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Занько С.М.		
Охорона навколишнього середовища	Маджд С.М.		

8. Дата видачі завдання: «___» вересня 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

_____ Мазур Т.А.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

_____ Садовський О.М.
(підпис випускника) (П.І.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Підвищення енергетичної ефективності систем внутрішнього освітлення»: 107с., 24 рис., 8 табл., 45 використаних джерел.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження: реалізація наукових та технічних засобів для підвищення енергетичної ефективності системи внутрішнього освітлення.

Предмет дослідження: обрано систему внутрішнього освітлення будівлі.

Мета проекту: є підвищення енергоефективності електротехнічних системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження системи автоматизованого управління освітленням та алгоритмів енергоефективного управління.

Методи дослідження: метод порівняльного аналізу існуючих систем внутрішнього освітлення за показниками енергетичної ефективності; метод інструментального дослідження, методи аналізу результатів енергоаудиту будівель і споруд, техніко-економічного та регресійного аналізу.

Матеріали досліджень можуть бути використані на практиці при модернізації існуючих систем внутрішнього освітлення, а також у навчальному процесі вищих навчальних закладів при проведенні наукових досліджень.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ОУ – освітлювальна установка.
- МЕА – міжнародне енергетичне агенство.
- ЕПРА – електронна пускорегулююча апаратура.
- ККД – коефіцієнт корисної дії.
- ЛР – лампа розжарювання.
- КЛЛ – компактна люмінесцентна лампа.
- БКЛЛ – безелектродна компактна люмінесцентна лампа.
- ДБН – Державні будівельні норми.
- ГЛР – галогенна лампа розжарювання.
- ГЛ – газорозрядна лампа.
- ГЛНТ – газорозрядна лампа низького тиску.
- ГЛВТ – газорозрядна лампа високого тиску.
- ЛЛ – люмінесцентна лампа.
- ДРЛ – дугова ртутна люмінесцентна лампа.
- УФВ – ультрафіолетове випромінювання.
- ДРИ – металогалогенна лампа.
- ДНаТ – дугова натрієва трубчаста високого тиску.
- ДКсТ – дугова ксенонова трубчаста високого тиску.
- ЛТС – лампа тліючого світіння.
- ІЛ – індукційна лампа.
- СД – світлодіод.
- СУО – система управління освітленням.
- DALI – Digital Addressable Lighting Interface.

ЦДП – центральний диспетчерський пункт.

ПЖ – пункт живлення.

ПУ– пункт управління.

АСУ– автоматична система управління.

ВСТУП

Сьогодні енергозбереження у всіх сферах життєдіяльності є одним із пріоритетних завдань, що обумовлено дефіцитом основних енергоресурсів, зростанням вартості їх видобутку, а також глобальними екологічними проблемами.

За оцінками фахівців, у сфері житлово-комунального господарства, в адміністративних і офісних будівлях велику частку споживачів становлять системи освітлення (від 50 до 90% всієї споживаної електроенергії)[1]. Освітлювальні установки (ОУ) є одними з найбільш поширених технічних пристроїв, які присутні практично у всіх сферах життєдіяльності людини, тому заходи з енергозбереження в цьому напрямку настільки популярні. В останньому десятилітті ХХ-го століття освітлювальні установки ряду країн споживали таку частину виробленої електроенергії: ФРН - 9%, Франція - 11%, Велика Британія - 12%, Італія - 13%, Україна - 13%, Японія - 18%, США - 20%.[2] Отже, ОУ, як споживачі електроенергії, представляють важливий об'єкт і поле для економії енергетичних ресурсів.

В системи економії електроенергії на підприємствах і в організаціях зазвичай входять: контроль за режимом горіння освітлювальних приладів, і установка в схемах електропостачання пристроїв захисного відключення, і використання реле часу, датчиків присутності і руху і комплексна заміна застарілого електроустаткування на більш досконале[3].

На сьогоднішній день, ринок пропонує цілий спектр енергозберігаючих технологій, які працюють в системах освітлення і спрямованих на зниження витрат по його організації.

Аналіз наукових публікацій і технічних рішень в даній області показав [5], що в даний час використовується кілька підходів до підвищення енергоефективності. У всьому світі, зокрема, в країнах, які входять в Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), до основних енергозберігаючих заходів в області освітлення можна віднести:

- заміну джерел світла новими енергоефективними лампами при забезпеченні встановлених норм освітленості;

- максимальне використання природнього освітлення в денний час і автоматичне керування штучним освітленням залежно від рівня природнього освітлення.

- використання сучасної освітлювальної арматури з раціональним світлорозподілом;

- використання електронної пускорегулюючої апаратури (ЕПРА); Сучасні електронні пускорегулюючі апарати дозволяють запустити лампи миттєво після того, як будуть розігріті її електроди. Крім того, під час роботи невелика напруга підтримує ЕПРА, що дозволяє значно зменшити кількість споживаної енергії, ніж під час горіння ламп без даного апарату. Також вирішується проблема мерехтіння та «фальстарту».

- застосування автоматичних вимикачів для систем чергового освітлення в зонах тимчасового перебування персоналу. Встановлення датчиків руху в цих зонах які будуть регулювати інтенсивність освітлення в залежності від наявності в приміщення людей;

- фарбування поверхонь виробничих приміщень і устаткування у світлі тони для підвищення коефіцієнта використання природнього й штучного освітлення , що дає ефект економії до 2,5%.

Так само варто звернути увагу на наступні заходи щодо енергозбереження для освітлювальних установок:

1. Використання напівпровідникових, світлодіодних джерел світла (CHIP-N-BOARD, LED). Через низьке енергоспоживання і мінімальне виділення тепла, довгий термін служби, екологічність, відсутність мерехтіння, безшумність та якусну передачу кольору світлодіодні лампи та світильники все частіше використовують в освітленні.

2. Використання комбінованих освітлювальних приладів, які використовують для живлення сонячну енергію.

3. Поділ груп освітлення на дрібні зони, орієнтуючись на окремі підрозділи/служби, а не виконуючи підключення всього приміщення. Це допоможе контролювати споживання. Дроблення зон підключення може забезпечити зниження енергоспоживання до 20%

4. Використання компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) для внутрішнього освітлення. Використання КЛЛ замість ЛР при тому ж світловому потоці дозволяє суттєво знизити споживану потужність. КЛЛ випускаються з таким же цоколем, як у ламп розжарювання, що дозволяє легко замінити ними лампи розжарювання.

5. Широке використання систем автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів (системи керування зовнішнім і внутрішнім освітленням). Це дозволяє істотно зменшити витрати електроенергії на освітлення. Такі системи здійснюють включення або відключення освітлювальних приладів залежно від рівня природньої освітленості приміщень (наприклад, по сигналах фотореле), при досягненні певного часу доби (наприклад, по сигналах таймерів) або при надходженні сигналів від датчиків присутності.

Для підвищення показників енергоефективності найчастіше заміняють застарілі освітлювальні установки новими, з меншою потужністю споживання. Додатковий енергозберігаючий ефект дають системи управління освітленням. Системи управління дозволяють не тільки вмикати і вимикати світло, коли це потрібно, але і, що важливо, знижувати потужність і світловий потік від освітлювальних установок для підтримки рівня освітленості, необхідного за нормативами [5].

Отже, орієнтуючись на все вищесказане, можна зробити висновок про актуальність проблематики даної дипломної роботи, що присвячена підвищенню енергетичної ефективності системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження автоматизованої системи управління освітленням.

Метою дипломної роботи є підвищення енергоефективності електротехнічних системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження системи автоматизованого управління освітленням та алгоритмів енергоефективного управління.

Предметом дослідження обрано систему внутрішнього освітлення будівлі.

Об'єкт дослідження: реалізація наукових та технічних засобів для підвищення енергетичної ефективності системи внутрішнього освітлення.

Методи дослідження: метод порівняльного аналізу існуючих систем внутрішнього освітлення за показниками енергетичної ефективності; метод інструментального дослідження, методи аналізу результатів енергоаудиту будівель і споруд, техніко-економічного та регресійного аналізу.

Завдання:

1. Аналіз існуючих технічних рішень щодо підвищення енергетичної ефективності системи внутрішнього освітлення та обґрунтування показників їх енергоефективності.

2. Синтез системи управління внутрішнім освітленням адміністративної будівлі.

3. Розробка алгоритмів енергоефективного управління системою внутрішнього освітлення з урахуванням зовнішніх факторів.

Наукова новизна результатів

Матеріали досліджень можуть бути використані на практиці при модернізації існуючих систем внутрішнього освітлення, а також у навчальному процесі вищих навчальних закладів при проведенні наукових досліджень.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1. Порівняння освітлювальних установок з різними джерелами світла за показниками енергоефективності

Від надійності функціонування систем внутрішнього освітлення залежить безпека і комфорт людини під час роботи і відпочинку. Одночасно освітлення, як внутрішнє, так і зовнішнє, є істотним споживачем електроенергії. У багатьох будинках різного призначення: промислових, житлових, адміністративних, освітлення становить більшу частину від загальної споживаної електроенергії. Енергозбереження в освітлювальних установках істотно впливає на витрату електроенергії, а проблеми її якості і раціональні методи експлуатації є надзвичайно актуальними.

Під системою внутрішнього освітлення будемо розуміти сукупність освітлювальної мережі та освітлювальної установки.

Під енергоефективним функціонуванням системи внутрішнього освітлення будемо розуміти найменше споживання електроенергії при забезпеченні нормативного рівня освітленості.

В сучасних електричних джерелах світла електрична енергія перетворюється на світлове випромінювання трьома шляхами: шляхом нагрівання тіла електричним струмом, електричним розрядом в газах та парах металів і пропусканням електричного струму через напівпровідники.

Перші джерела отримали назву теплових, другі – розрядних, треті – світлодіодних.

Для характеристики джерел світла використовують наступні показники:

1) енергетичні:

– енергетичний ККД лампи

$$\eta_{\text{ен.л}} = \frac{\Phi_{\text{е.л}}}{P_{\text{л}}},$$

де $\Phi_{\text{е.л}}$ – повний потік випромінювання лампи, Вт; $P_{\text{л}}$ – потужність лампи, Вт;

– ефективний ККД лампи

$$\eta_{\text{еф.л}} = \frac{\Phi_{\text{еф.л}}}{P_{\text{л}}};$$

– ефективний ККД потоку випромінювання лампи

$$\eta_{\text{еф.п}} = \frac{\Phi_{\text{еф.л}}}{\Phi_{\text{е.л}}}$$

Усі перелічені вище показники джерела випромінювання взаємопов'язані:

$$\eta_{\text{еф.л}} = \eta_{\text{еф.п}} \cdot \eta_{\text{ен.л}};$$

– світловіддача лампи (лм/Вт)

$$H = \frac{\Phi}{P_{\text{л}}};$$

2) світлотехнічні:

– спектральний склад випромінювання лампи $\Phi(\lambda)$;

– світловий (ефективний) потік випромінювання лампи Φ , лм;

– пульсація світлового потоку – зміна світлового потоку в часі при живленні лампи змінним струмом;

– колірна температура $T_{\text{кт}}$ – температура чорного тіла, при якій її випромінювання має таку ж кольоровість, як і випромінювання, що розглядається;

– передача кольору – характеризує вплив спектрального складу випромінювання джерела на зорове сприйняття кольорових об'єктів в порівнянні з сприйняттям при освітленні опорним джерелом;

3) електричні:

– номінальна (активна) потужність лампи $P_{\text{л}}$, Вт;

– номінальна напруга лампи $U_{\text{ном}}$, В;

– коефіцієнт потужності лампи $\cos \varphi$;

– реактивна потужність лампи $Q_{\text{л}}$, вар;

– спосіб запалювання лампи;

4) експлуатаційні:

– корисний термін служби лампи – середня тривалість роботи до моменту зміни одного з її параметрів до величини, що більша за граничні, встановлені стандартом;

– повний термін служби лампи – час роботи лампи до виходу її з ладу;

– залежність основних параметрів лампи від відхилень напруги;

– старіння лампи – погіршення світлотехнічних показників лампи в процесі її експлуатації;

– періодичність чищення ламп;

– періодичність заміни ламп.

Отже при виборі джерела штучного світла (для потреб внутрішнього освітлення) при визначенні доцільності їх використання до параметрів можна віднести показники, що визначають кількість світла, такі як світловий потік, світлова віддача, колірна температура, передача кольору [7].

Під енергоефективністю будемо розуміти комплекс рішень, які характеризують залежність витрачених коштів (енергоресурсів) до отриманого корисного ефекту. Використання меншої кількості енергії при отриманні того ж рівня енергетичного забезпечення - завдання енергоефективних рішень [6].

З точки зору енергоефективності, одним з найбільш важливих параметрів джерела світла будемо вважати світлову віддачу, що представляє собою відношення світлового потоку джерела світла до його електричної потужності.

1.2. Порівняльний аналіз джерел світла, що використовуються в системах внутрішнього освітлення

Основними нормативними документами, що визначають вимоги до систем штучного освітлення: ДБН В. 2.5–28–2018, згідно з яким для штучного освітлення нормується абсолютне значення освітленості в залежності від розряду, підрозряду

зорових робіт (їх чотири а, б, в, г), контрасту об'єкту розрізнення з фоном і характеристики фону та

Згідно з [ДБН В. 2.5–28–2018] для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати, як правило, розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і строком служби. Використання ламп розжарювання для загального освітлення допускається тільки у випадках неможливості або техніко-економічної недоцільності використання розрядних ламп. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не дозволяється. Для місцевого освітлення, крім розрядних джерел світла, рекомендується використовувати лампи розжарювання, в тому числі галогенні.

Основними вимогами, що ставляться до сучасного освітлення є наступні: забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо із робочого місця, енергоефективність, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, мінімізація шкоди навколишньому середовищу.

На сьогоднішній день в електротехнічних системах внутрішнього освітлення найбільш широко використовуються наступні типи джерел світла (рис.1.1)

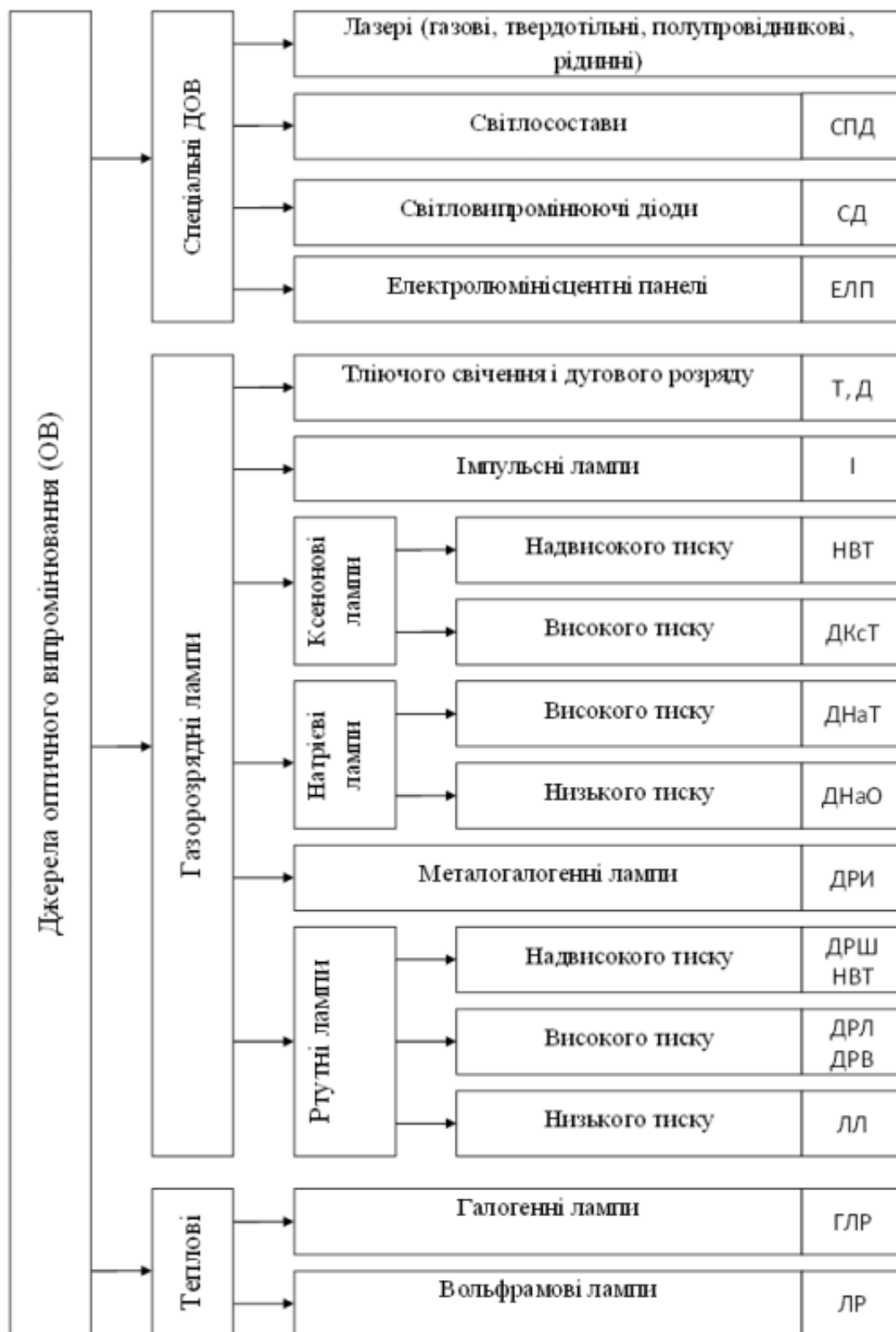


Рис. 1.1. Класифікація джерел світла

Розглянемо докладніше основні типи освітлювальних пристроїв, їх переваги та недоліки та проведемо аналіз ефективності їх використання.

Для оцінки роботи джерел світла, що використовуються в системах внутрішнього освітлення будемо застосовувати характеристики, що зазначено вище [8]. Дані характеристики для основних груп джерел світла зведено до табл.1.1.

Аналізуючи дані табл.1.1 з боку підвищення енергоефективності системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження автоматизованих систем управління, однією з важливих характеристик є можливість регулювання потужності ламп, а отже і світлового потоку. Тому для подальшого розгляду обираємо наступні типи ламп: КЛЛ, ДНаТ, ІЛ, СД.

Розглянемо детальніше та порівняємо основні характеристики зазначених ламп для застосування в автоматизованій системі.

Таблиця 1.1

Порівняння джерел світла, що використовуються в системах внутрішнього освітлення

Технічні характеристики	Тип лампи												
	ЛР	ГЛР	ГЛ	ЛЛ	ДРЛ	КЛЛ	БКЛЛ	ДРИ (МГЛ)	ДНаТ	ДКсТ	ЛТС	ЛЛ	СД
Строк служби, тис.год	1	2-4	10-15	12-15	10-12	6-12	15	3-10	6-15	2	1	50	50
Світлова віддача (ефективність), Лм/Вт	10 -20	22 - 30	60-100	47 – 104	50-70	48 – 75	48	74 - 100	80 - 125	120 - 150	0,2-1	80-90	120-140
Виділення тепла при горінні	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	велике	низьке		низьке
Можливість регулювання потужності, що споживається	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+
Залежність від напруги живлення	висока	висока	висока	висока	висока	низька	низька	низька	висока	низька	низька	низька	низька
Пульсація випромінювання	15-18	20	18	20	64-73	10	12	20-30	10	130	10	10	10
Індекс передачі кольору, Ra	>95	>90	>90	40-59	40-59	60-90	60-90	>90	<40	60	0	40-59	60-95
Спеціальна утилізація	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
ККД світильника	0,1	0,65-0,8	0,65-0,8	0,5-0,8	0,85	0,5-0,8	0,6-0,8	0,85	0,85	0,85	0,65	0,9	0,95
Середня варт.	14	20	300	89	120	60	70	300	100	190	30	55	31

Залежність світлової віддачі від потужності

Потужність, Вт	Лампи розжарювання, Лм/Вт	Люмінесцентні лампи, Лм/Вт	Світлодіодні лампи Лм/Вт
5	10	60	105
10	13	77	120
15	15	92	129
25	17	105	141
50	20	124	156
80	23	137	167

Виходячи з даних табл.1.2 побудуємо порівняльний графік залежності для лампи розжарювання та світлодіодної лампи (рис. 1.2)

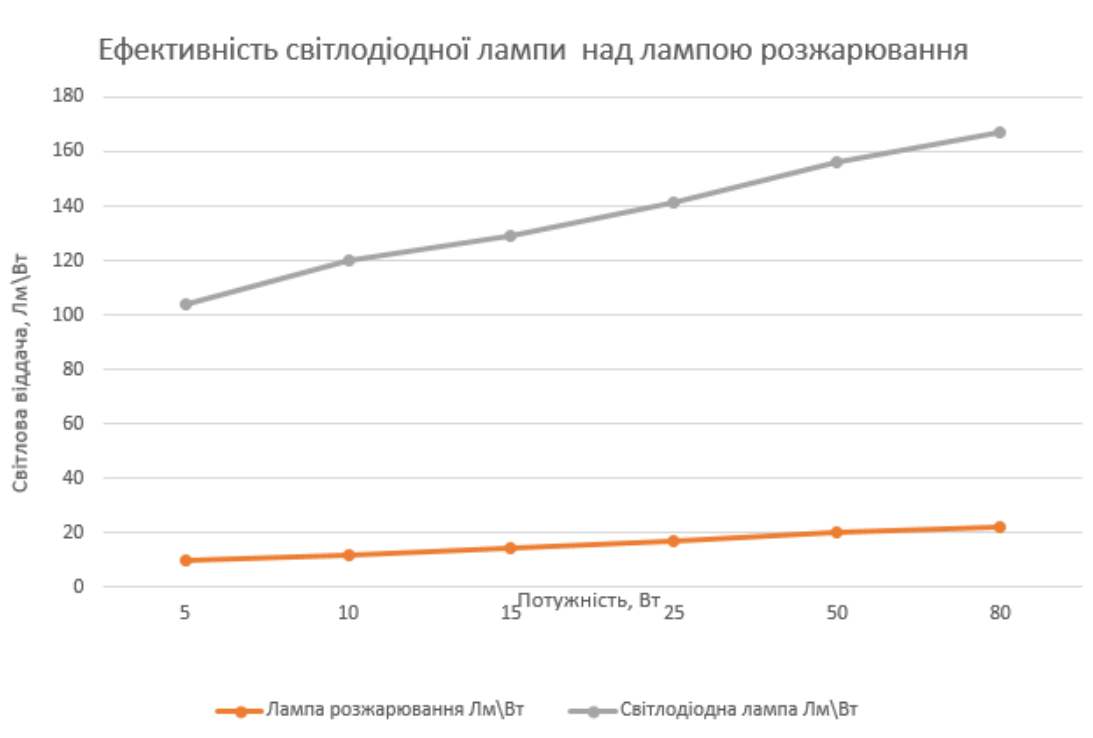


Рис.1.2. Ефективність світлодіодної лампи над лампою розжарювання.

Побудуємо порівняльний графік (рис.1.3) для трьох типів ламп (табл.1.2) за показниками світловіддачі.

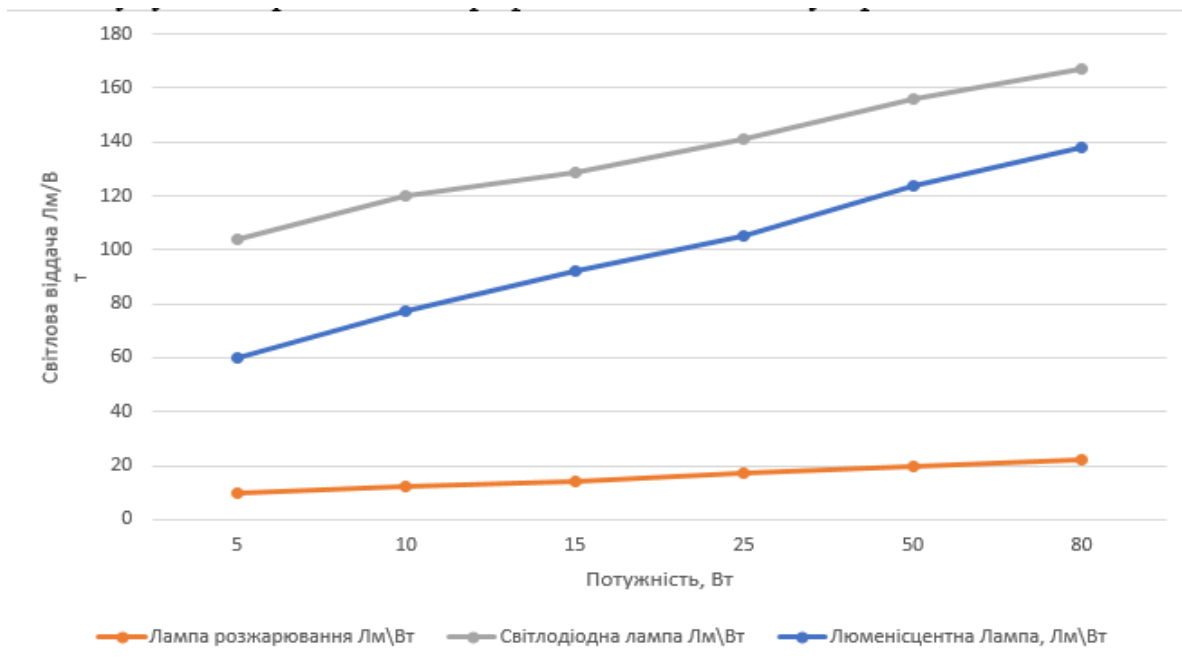


Рис.1.3. Ефективність різних типів ламп

Далі виконаємо порівняння витрат на електроенергію для зазначених ламп (рис.1.4). Для цього необхідно провести розрахунок деяких додаткових даних. Для отримання цих даних створимо таблицю за світловим потоком ламп (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Світловий потік різних типів ламп

Потужність, Вт.	Лампи розжарювання, Лм.	Люмінесцентні лампи, Лм.	Світлодіодні лампи, Лм.
5	50	300	523
10	131	770	1201
15	224	1380	1935
25	433	2625	3525
50	1024	6200	7800
80	1810	11040	13324

За даними табл. 1.3 побудуємо графік залежності світлового потоку від потужності.

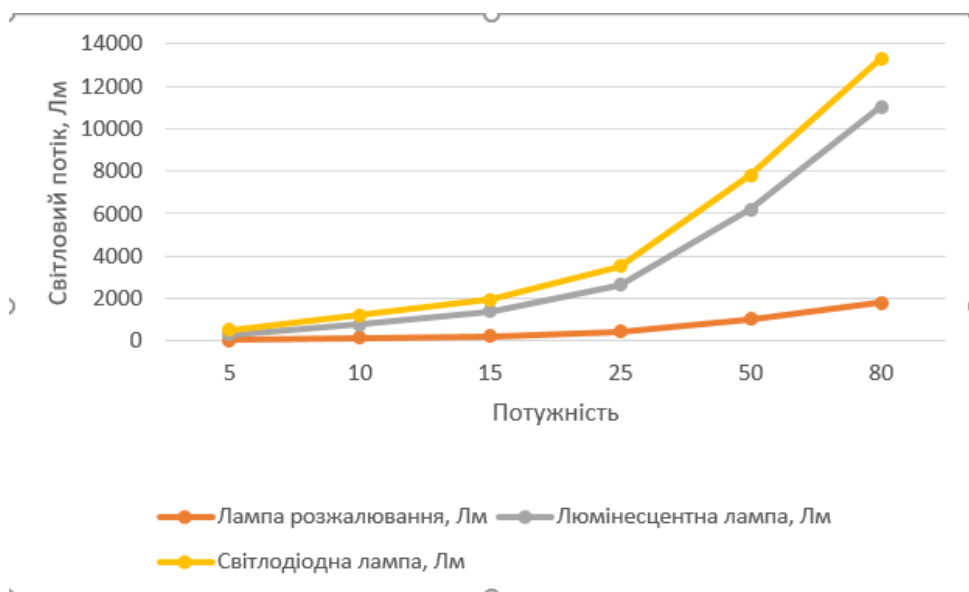


Рис.1.4.Залежність світлового потоку від потужності

За графіком (рис.1.4) для визначення рівних умов для розрахунку була прийнята лінія 1000 Лм, результати аналізу графіка наведені в табл.1.4.

Таблиця 1.4

Розрахункові дані

Найменування	Лампи розжарювання	Люмінесцентні лампи	Світлодіодні лампи
Потужність, Вт	75	15	10
Вартість, грн	14	89	31
Строк служби, год	1000	8000	30000

Приклад розрахунку: приймемо тариф на електроенергію в Україні 1.68 грн за 1 кВт*год.

Розрахунок проводиться за умови що лампа працює 8 годин на день, розрахунок витрат проводиться за рік. Скільки лампа працює в рік:

$$250 \cdot 8 = 2000 \text{ годин на рік працює лампа.}$$

Далі зробимо розрахунок витрат лампи за одну годину:

- Лампа розжарення $0,075 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.68 = 0,126 \text{ грн};$
- Лампа люмінесцентна $0,015 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.68 = 0,025 \text{ грн};$
- Лампа світлодіодна $0,010 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.68 = 0,016 \text{ грн}.$

Витрати на електроенергію однієї лампи в рік:

- лампа розжарення $0,126 \text{ грн} \cdot 2000 \text{ год} = 252 \text{ грн} (+14 \text{ грн на заміну лампи});$

- лампа люмінесцентна $0,025 \text{ грн} \cdot 2000 \text{ год} = 50 \text{ грн}$;
- лампа світлодіодна $0,016 \text{ грн} \cdot 2000 \text{ год} = 20 \text{ грн}$.

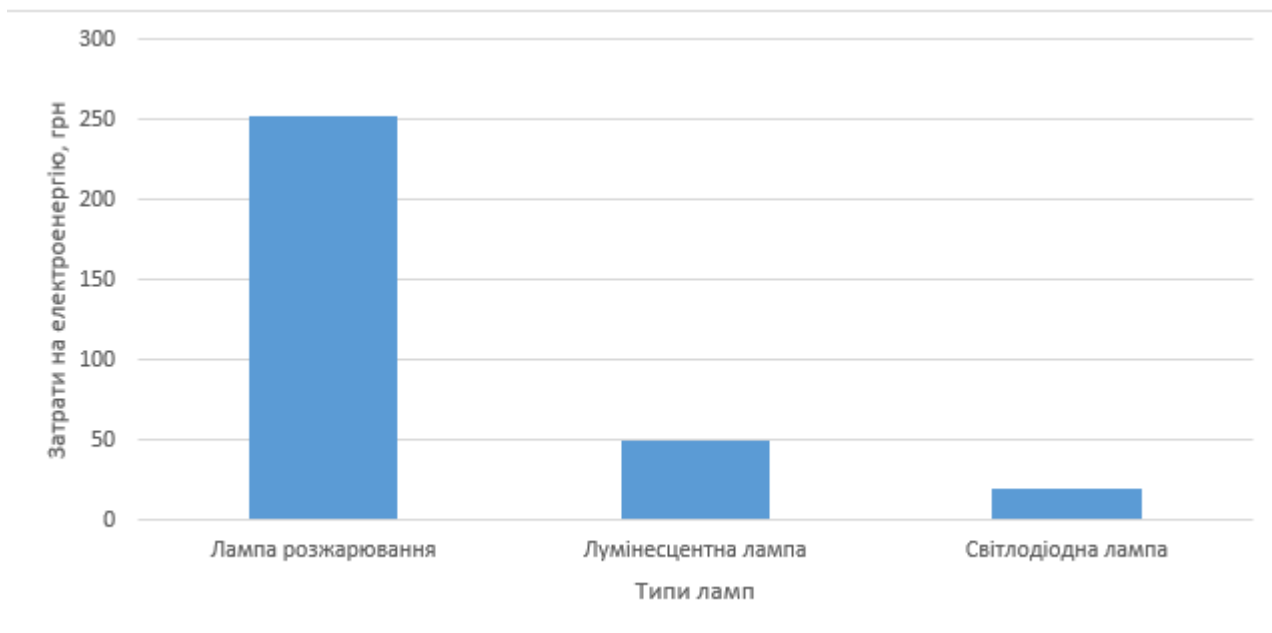


Рис.1.5. Затрати на електроенергію різних типів ламп.

Виходячи з проведеного аналізу джерел світла, можна зробити висновок про те, що при розробці методик підвищення енергоефективності ЕС УО слід орієнтуватися на світлодіодні джерела світла, так як вони дозволяють підвищити енергоефективність ЕС УО не тільки за рахунок більш високої світлової віддачі, а й за рахунок зниження втрат в освітлювальних мережах і більш широких можливостей по регулюванню потужності і світлового потоку.

1.3. Енергозберігаючі рішення в системах освітлення

Витрата електроенергії на цілі освітлення може бути помітно знижена досягненням оптимальної роботи освітлювальної установки в кожен момент часу.

Якщо скористатися даними досліджень, що були проведені «ВНДСІ» [9], то згідно цих досліджень можна виділити наступні шляхи підвищення енергоефективності систем освітлення:

- розширенням виробництва ефективних джерел світла і області їх застосування можливо отримати економію електроенергії мінімум 14%;
- збільшенням світлової віддачі джерел світла - 6%;

- підвищенням стабільності характеристик джерел світла - 3%;
- підвищенням ККД освітлювальних приладів - 6%;
- поліпшенням експлуатаційних властивостей освітлювальних приладів - 3,5%;
- зниженням енергоспоживання освітлювальних приладів, зокрема завдяки використанню електронної пускорегулювальної арматури (ЕПРА) - 1,5-2%.

Вдосконаленням способів освітлення теж можна досягти економії електроенергії:

- розширенням сфери застосування системи загального локалізованого освітлення - 6,5%;
- при застосуванні систем регулювання загального освітлення в залежності від рівня природного освітлення - 4,5-7,5%;
- розширенням застосування системи комбінованого освітлення - 4%.

Розглянемо деякі з запропонованих рішень більш детально.

1.3.1 Впровадження напівпровідникових, світлодіодних джерел світла та люмінесцентних ламп. Для найкращого та найефективнішого використання ресурсів необхідно використовувати той тип лампи, який забезпечує максимальний світловий потік на один ватт встановленого електричного навантаження та має характеристики, узгоджені з іншими потребами освітлювальної установки та приміщення де цей пристрій планується використовуватись. Світлова віддача кожного типу лампи може бути визначена на основі доступних даних про лампу і схему її включення (табл.1.1). При проектуванні нової установки має порівнюватись світлові віддачі придатних ламп і мають використовуватись ті з них, які мають найвищу ефективність.

На сьогодні, одним з найкращих рішень при виборі системи освітлення та відповідної лампи є компактні люмінесцентні лампи. Завдяки використанню новітніх технічних рішень компактні люмінесцентні лампи були зменшені до розмірів звичайної лампи розжарювання. Завдяки чому з'явилась можливість використовувати люмінесцентні лампи в системі освітлення у побуті. Загалом

люмінесцентні лампи мають наступні переваги: на 80% менше споживання електроенергії при однаковому світловому потоці; - в 9-13 разів більший термін експлуатації; - миттєве (0,6 с), без мерехтіння, запалення; - невеликий розмір та вага; - відмінна кольоропередача.

Перехід на нові ефективні типи ламп дозволяє скоротити споживання електроенергії та знизити експлуатаційні витрати. Але найкращим рішенням всеж залишаються напівпровідникові світловипромінюючі діоди.

Невелика потужність споживання, висока надійність, сумісність з інтегральними схемами пристроїв керування, висока стійкість до механічних і кліматичних впливів, поява зовнішньо чисто зелених і синіх СВД, а також СВД зі світловіддачею більше 75 люмен/ват (світловіддача стандартних ламп розжарювання – 15 люмен/ват), здійснило революцію в галузі світлотехнічних та інформаційних технологій, незважаючи на їх відносно високу вартість. На сьогодні в Україні уже випускаються світлодіоди на потужність уже понад 25 Вт. Монтувати їх можна в уже існуючу встановлену світлоарматуру.

Флуоресцентні лампи і газорозрядні лампи потребують наявності пускових пристроїв (стартерів) і засобів обмеження струму лампи після запуску (дроселів). Зазвичай для підвищення коефіцієнта потужності і зменшення струму, що споживається з мережі при заданій потужності, передбачається також підключення конденсатора.

Звичайні дроселі є пристрої індукційного типу для обмеження струму ламп і стабілізації напруги, яка на них подається. Ці пристрої характеризуються високим рівнем втрат. Нові пристрої дозволяють знизити втрати в залізі і міді і одночасно забезпечують роботу ламп на номінальному рівні активної потужності. Для прикладу у таблиці наводяться дані за активною потужністю (мережа 220 В) на основі звичайної подвійної лампи (26 мм) з різними типами баластів (таблиця 1.5).

Втрати в різних типах баластів

Джерело світла (подвійне)	Звичайний баласт,Вт	Баласт з низьким рівнем втрат,Вт	Високочастотний баласт,Вт
2×18 Вт	54	48	40
2×36 Вт	90	82	72
2×58 Вт	140	132	100

Для покращення ефективності кола перемикача та дроселів можуть використовуватись дроселі з малими втратами, що мають підвищену долю міді. Такі дроселі мають велику вагу та великі габарити, а також велику ціну в порівнянні із стандартними дроселями. Інша категорія стартерів представляє собою чисто електронні і частково електронно-баластні навантаження.

1.3.2 Установка електронних пускорегулюючих пристроїв. На сьогодні в експлуатації знаходиться величезна кількість люмінесцентних ламп з електромагнітними дроселями, які не забезпечують оптимальних режимів роботи ламп і мають низькі експлуатаційні характеристики. На заміну дроселям прийшла електронна пускорегулююча апаратура (ПРА), яка суттєво покращує техніко-економічні показники цього типу світильників.

Сучасні електронні баласты забезпечують:

- миттєве (без мигання і шуму) запалювання ламп;
- стабільність освітлення незалежно від коливань напруги;
- високу якість споживаємої електроенергії
- близький до одиниці коефіцієнт потужності завдяки споживанню синусоїдального струму з нульовим фазовим зсувом.

Сучасна електронна пускорегулювальна апаратура є досить дорогими пристроями, однак початкові затрати, компенсуються за рахунок їх високої економічності. Досягається економія електроенергії в розмірі 20-25% при збільшенні освітленості на 10-12%, зменшуються затрати на обслуговування

світильників із-за виключення з їх складу стартерів, конденсаторів, підвищується на 50% термін служби ламп завдяки ощадному режиму роботи і пуску.

Основою електронних ПРА є напівпровідникові імпульсні схеми, які дозволяють забезпечити живлення люмінесцентних ламп напругою підвищеної частоти, за рахунок чого суттєво підвищується якість освітлення люмінесцентних ламп при зменшеному споживанні енергії порівняно зі світильниками, які використовують традиційні електромагнітні баласты. Розроблені пристрої є перетворювачами струму частоти мережі живлення в струм підвищеної частоти і містить необхідні вузли для підтримання оптимального режиму запалювання і роботи лампи, а також контролю працездатності ламп і засобів захисту від аномальних режимів. Сучасний етап характеризується інтенсивною розробкою і впровадженням мікропроцесорних і спеціалізованих контролерів для керування системами освітлення. На сьогодні електронні баласты виробляються в масово в країнах де інтенсивно впроваджуються енергозберігаючі технології та здобувають практики масового використання в продукції фірм виробників OSRAM, PHILIPS, GENERAL ELECTRIC, SYLVANIA, TRADONIC.

1.3.3. Використання світлової віддачі ламп. Для використання світлової віддачі ламп необхідно враховувати:

- ефективність світильника (освітлювальної арматури);
- проект схеми освітлення
- природне освітлення;
- правильне використання вимикання та регулювання.

Основні функції світильників заключаються у тому, щоб підтримувати і захищати лампи, забезпечувати електричні підключення до джерела живлення, а також регулювання та направлення світла, що випускається лампою.

Використовуючи в освітлювальних пристроях високоефективні рефлектори можливо досягти значного покращення ефективності світлової віддачі . Ці рефлектори використовують поверхню покриту сріблом, що має виключно високе дзеркальне відображення та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку

лампи. Високоєфективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку, досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити вдвоє кількість ламп.

Не малу роль в якості освітлення також грає вплив дизайну та облицювання приміщення. Поверхні покращені в світлий тон відбиває світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно красити, мити, або заново оклеювати з тим щоб забезпечувати економічне використання освітлення. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості.

1.3.4. Системи автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів. Пристрої управління освітленням повинні забезпечувати зручність експлуатації, мінімальні витрати часу на включення (відключення) освітлювальної установки, максимальне використання природного світла з урахуванням режимів роботи технологічного обладнання виробничого об'єкта [10].

Стосовно систем внутрішнього освітлення під управлінням розуміється зміна складу, кількості, споживаної потужності і світлотехнічних характеристик світлових приладів з метою адаптації їх до застосування в умовах функціонування, що змінюються. Управління освітленням реалізується шляхом включення і виключення джерел електричного освітлення, а також регулюванням рівня освітленості об'єкта, що освітлюється.

За способом управління і регулювання системи освітлення ми виділяємо такі різновиди:

- ручне включення і регулювання;
- включення за допомогою інфрачервоних датчиків руху;
- система освітлення з застосуванням датчиків звуку (ультразвуковий);
- включення і регулювання за допомогою датчиків освітленості;
- комбіновані системи управління освітленням;

Домогтися найбільш повного і точного обліку наявності денного світла, так само як і обліку присутності людей в приміщенні, можна, застосовуючи засоби автоматичного управління освітленням (СУО). Управління освітлювальної навантаженням здійснюється при цьому двома основними способами: відключенням всіх або частини світильників (дискретне управління) і плавним зміною потужності світильників (однаковим для всіх або індивідуальним)[11].

Регулятори освітлення. Метою регуляторів освітлення є забезпечення ефективного освітлення в потрібному місці і протягом необхідного часу. За допомогою ручних регуляторів можна отримати керування індивідуальними світильниками або ж освітленням для окремих рядів систем освітлення. Автоматичні регулятори бувають: фотоелектричні, безконтактні, регулятори з таймером.

Фотоелектричні регулятори. Фотоелектричні регулятори дозволяють забезпечити відключення штучного освітлення в сонячні дні, або коли природного освітлення достатньо для створення необхідних умов освітлення. Фотоелектричний датчик налаштовується на спрацювання лише при зміні зовнішньої освітленості, щоб забезпечити необхідні умови освітленості робочого місця. Включення регулятора в робочий режим відбувається в момент стемніння за допомогою фотодіода, а безпосереднє включення або виключення освітлення здійснюється після сигналів, які надходять від датчика руху в той момент коли в поле його дії потрапляє об'єкт, що рухається.

Особливістю схеми підключення датчика освітленості (рис.1.6) є урахування навантажувальної здатності реле датчика. За необхідності (недостатнє навантаження) використовують додаткове реле з потрібним струмом комутації.

У більш складних системах фотодатчик через диммер плавно змінює інтенсивність штучного освітлення і підтримує загальну освітленість приміщення на заданому рівні. Щоб така система управління працювала коректно, проводиться калібрування датчика освітленості.

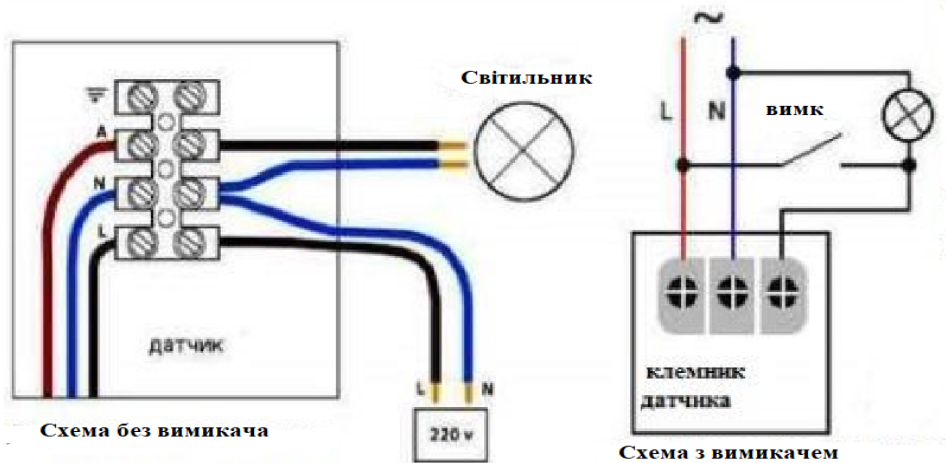


Рис.1.6.Схеми підключення датчика освітленості

Безконтактні регулятори. Це локальні регулятори, що реагують на присутність (ефект близькості) в приміщенні людей. Присутність визначається за допомогою датчиків, як правило інфрачервоних (ІЧ) або високочастотних датчиків. Освітлення вмикається при фіксації руху в приміщенні або ж коливанні хвиль (включають та знову його відключають) коли руху не зафіксовано. Підключення датчика до мережі (рис.1.7) та взаємодія з системою освітлення можливе за трьома варіантами:

- 1) пряме підключення до ламп (пристрій буде спрацьовувати так, як це задумано виробником).
- 2) у ланцюг підключення додають вимикач з боку входу (дозволяє примусово відключати світло, а разом з ним і датчик, що дає можливість ручного керування).

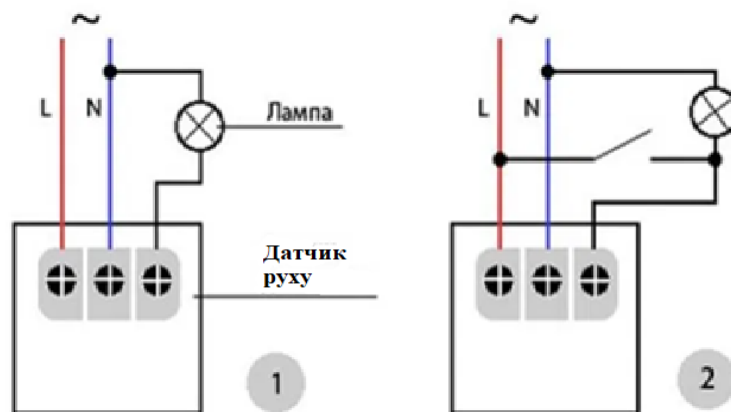


Рис.1.7.Схеми підключення датчика руху

Регулятори з таймером. Регулятори з таймером можуть використовуватися в приміщеннях, де робота відбувається за чітко визначеним графіком. Наприклад, освітлення за фіксованої зміни буде автоматично вимикатись з невеликим запізненням після закінчення роботи в цьому приміщенні. Проте в цьому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення. Залежно від модифікації таймера, в ньому можна запрограмувати події від доби до одного року. Різновидом таких таймерів є астрономічні реле. Як правило, ці реле теж використовують для управління зовнішнім освітленням — як вхідні величини в нього вводяться географічні координати місцевості, а пристрій вже на підставі цих відомостей сам розраховує, коли потрібно ввімкнути або вимкнути освітлення. Зовнішній вигляд типового таймера наведений на рис.1.8.



Рис.1.8.Зовнішній вигляд таймера

Автоматичне управління рядами світильників. Автоматичне управління рядами світильників доцільно використовувати для освітлення приміщень з великою площею. Завдяки ньому можна вимкати деякі з рядів світильників, якщо природнього освітлення достатньо. Також, завдяки цьому, можна локалізувати зони освітлення, що в свою чергу дозволить економніше споживати електроенергію.

1.3.5. Підтримання ефективності системи освітлення. Для забезпечення ефективності системи освітлення необхідна: регулярна чистка світильників, заміна пошкоджених та застарілих ламп, полегшення доступу природного освітлення шляхом регулярного чищення вікон, підтримання чистоти (прозорості) повітря.

Практичне використання освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складає:

- через забруднення світильників – 16%;
- забруднення стін та стелі – 19,5%;
- старіння ламп – 13%;
- неправильної зборки ламп і рефлектора – 4%;
- понаднормативної втрати напруги в мережі – 8%.

Слід відмітити, що використання ламп з раціональною освітлювальною арматурою скорочує витрати електроенергії в 1,5 рази в порівнянні з відкритими лампами.

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід зменшує споживання реактивної потужності електроустановками, а тим самим зменшення втрат в енергосистемі на передачу реактивної потужності.

При значній економії електроенергії люмінесцентні лампи мають свої особливості. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає біля 0,5 тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючих пристроїв – статичних конденсаторів.

Підтримання номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі. Коливання напруги призводить до перевитрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не повина бути більше 105% і нижче 85% номінальної напруги. Зниження напруги на 1% викликає зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 3-4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних ламп на 2,2%.

Для уникнення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних установок використовуються окремі трансформатори для навантаження освітлення і компенсуючи пристрої. Використовуються також пристрої автоматичного регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

Висновки до розділу1

В першому розділі дипломної роботи було проведено аналіз існуючих енергоефективних технічних рішень в системах внутрішнього освітлення, за результатами якого можна зробити висновок , що в системі освітлення доцільніше використовувати світлодіодні світильники завдяки їх чудовим показникам світлового потоку , світловіддачі, великого терміну служби та доступної ціни.

Також було розглянуто різні енергозберігаючі рішення в системах освітлення до яких можна віднести: впровадження напівпровідникових, світлодіодних джерел світла та люмінесцентних ламп, установка електронних пускорегулюючих пристроїв, більш ефективне використання світлової віддачі ламп, впровадження систем автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів та підтримання ефективності системи освітлення.

Використовуючи ці рішення можна досягти значної економії електроенергії та , відповідно, фінансових ресурсів.

РОЗДІЛ 2

СИНТЕЗ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВНУТРІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ

2.1. Аналіз існуючих автоматизованих систем управління внутрішнім освітленням.

Одним із основних шляхів підвищення економічності та енергоефективності систем освітлення являється можливість, в залежності від зовнішніх факторів, широкого використання систем автоматизованого і автоматичного управління освітленням.

Під автоматизованими освітлювальними установками будемо розуміти освітлювальні установки, оснащені системами автоматичного управління освітленням [42].

Автоматизованими системами управління освітленням (АСУО) будемо називати всі системи, що мають прилади ручного керування, пріоритетні по відношенню до автоматичного завданням режиму роботи освітлювальної установки (ОУ) [43].

Управління освітлювальними мережами – являється складним технічним завданням, від результату його рішення, багато в чому, залежать умови, при яких будуть використовуватись ОУ, а також створення усіх необхідних передумов для раціональних витрат на електроенергію.

Аби істотно понизити витрати електроенергії, що припадають на систему освітлення, доцільно використовувати раціональну систему управління внутрішнім освітленням. Ця система дозволяє і здійснює включення або відключення освітлювальних приладів або регулювання їх світлового потоку (споживаної потужності) за наступних умов:

- в залежності від рівня природного освітлення приміщення (наприклад, по сигналах фотореле);
- в залежності від зміни часу, дня тижня (наприклад, за сигналами таймерів);
- в залежності від сигналів, що надходять від датчиків присутності;

– від натиснення кнопки управління людиною.

2.1.1. Класифікація систем управління внутрішнім освітленням.

Класифікувати існуючі системи управління внутрішнім освітленням можна за наступними критеріями [27]:

1. За способом управління:

- дискретне управління (являє собою відключення певної частини світильників або ж всіх світильників)

- плавна зміна потужності світильників (являє собою зниження потужності якогось індивідуального або всіх світильників).

2. Залежно від місця розташування пунктів управління :

- дистанційне – коли управління освітленням зосереджене в одному або декількох місцях;

- місцеве – коли комутаційними апаратами, що встановлені в кожному з освітлюваних приміщень або на кожній освітлювальній ділянці , включення і виключення ОУ здійснюється (автоматами, рубильниками або вимикачами).

В свою чергу, дистанційне керування поділяється на дві системи управління. На великих за площею об'єктах, ОУ живиться від РП різних підстанцій окремими лініями електропередачі. Для здійснення дистанційного та централізованого керування ,в цьому випадку, для кожної з освітлювальних ліній встановлюються ящики або блоки управління, що дозволяють зосередити їх дистанційне управління в одному або декількох пунктах управління (ЦДП). Комутаційні апарати централізованого дистанційного управління так як і при системі місцевого управління, можуть включатися і відключатися вручну або за допомогою автоматів.

Якщо всі ОУ , об'єкта що освітлюється , живляться від розподільного щита окремими лініями, то є можливість керувати ними централізовано з пунктів живлення (ПЖ) безпосередньо за допомогою комутаційних апаратів, що встановлюються на цих лініях. Така схема живлення, зазвичай, зустрічається тільки на невеликих за площею освітлення промислових об'єктах і в різних учбових, лікувальних , адміністративних та інших аналогічних будівлях.

3. За об'єктом управління поділяються на :

- СУО світильника (групи світильників) – являє собою найпростішу систему, яка є складовою частиною світильника і дозволяє керувати тільки одним або групою прилеглих світильників.

- СУО приміщення – являє собою самостійну систему, що дозволяє керувати декількома або однією групами світильників, що розташовані в одному приміщенні або в декількох.

- СУО будівлі – являє собою комп'ютеризовану , централізовану систему управління, що може охоплювати не лише освітлення а й інші системи цілої будівлі або групи будівель.

4. За рівнем автоматизації поділяються на:

- ручні;
- автоматичні;
- автоматизовані;

5. За рівнем управління поділяються на :

- Локальні системи управління освітленням - дані системи , як правило, виконуються в невеликих корпусах, що можуть закріплюватися на колбі однієї з ламп або на світильнику. Всі датчики , як правило, є одним електронним приладом що, в свою чергу , вбудований в корпус самої системи;

- Централізовані системи управління освітленням – будуються дані системи на основі мікропроцесорів, що дають можливість майже одночасно та з великою кількістю варіантів керувати значним (до декількох сотень) числом світильників. Застосовуватися такі системи можуть не тільки для керування освітленням будівлі або приміщення, а й для взаємодії з іншими системами будівель. Централізовані системи можуть також видавати сигнали керування на світильники за сигналами , що надходять від локальних датчиків. Однак перетворення цих сигналів буде відбуватися лише в єдиному (центральному) вузлі, що дозволяє додати додаткових можливостей ручного керування освітленням будівлі;

•Комплексні системи управління освітленням – являють собою багаторівневі системи, завдячуючи яким можна з легкістю керувати системою освітлення в цілій будівлі або навіть в комплексі будівель. З урахуванням ціни світлотехнічного обладнання, впровадження і проектування комплексних систем управління освітленням в будівлях, вимагає значних грошових затрат, але строк окупності сягає декількох років, оскільки комплексна система управління дозволяє не тільки заощаджувати електроенергію, споживання якої буде істотно менше в порівнянні з аналогічними об'єктами, які не обладнані такою системою, але і дозволить знизити експлуатаційні витрати.

б. За принципом регулювання поділяються на :

•Цифрові. При цифровому регулюванні сигнали являють собою певну послідовність імпульсів напруги, що закодовані в цифровому форматі. Цей принцип регулювання дозволяє не лише керувати зміною рівнів освітлення, програмуванням систем освітлення, а також надає можливість адресного управління освітлювальними приладами. Пускові апарати, при цьому, будуть запам'ятовувати необхідні рівні потужності джерел світла і з кожним наступним запуском будуть вмикати лампи відповідно з цими збереженими рівнями.

•Аналогові. Під час аналогового принципу , всі введені вручну команди управління або сигнали, що надсилають датчики, передаються на входи регулювання пускових апаратів у формі постійної напруги 1-10 Вольт, викликаючи тим самим зміну світлового потоку і рівня освітленості світильників ;

Можливі варіанти організації систем управління мережами внутрішнього освітлення наведено у вигляді рис.2.1.

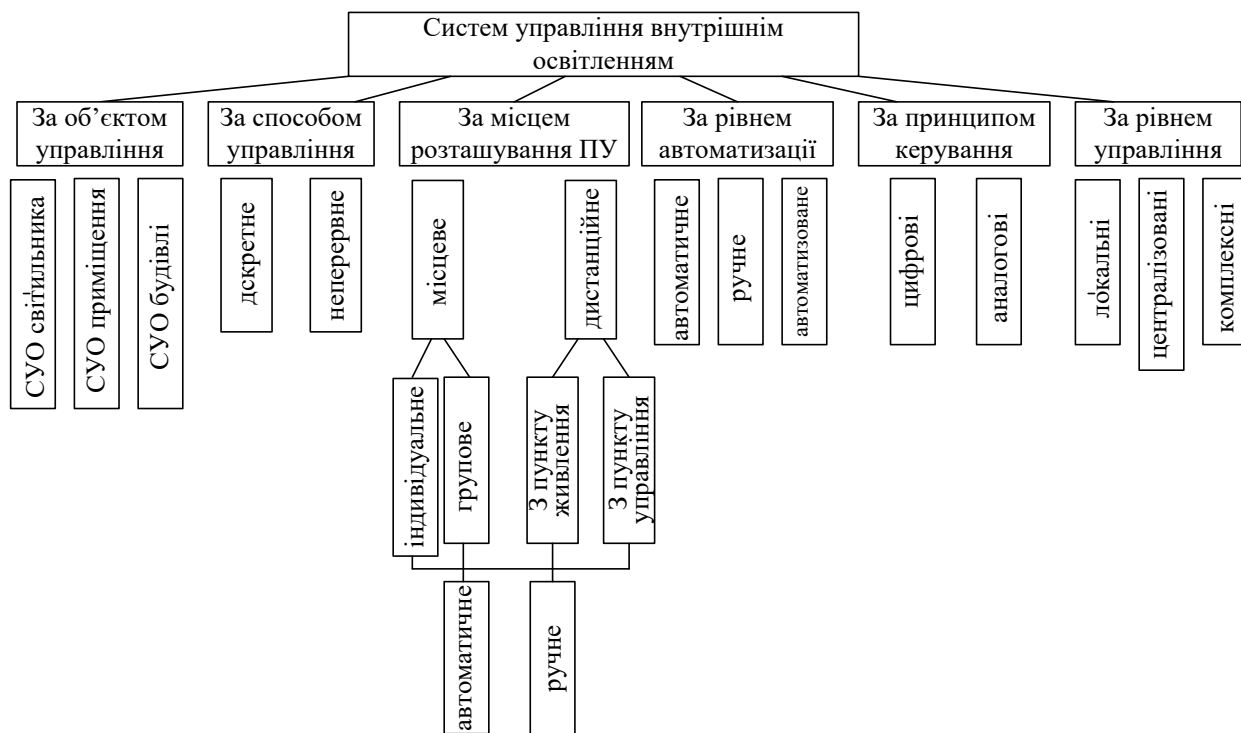


Рис.2.1. Управління системами освітлення

На сьогоднішній день найчастіше використовують наступні типи систем управління освітленням:

1. Регулювання освітлення за допомогою датчиків освітлення. Здійснюється це регулювання за допомогою інформації, що надходить з датчиків освітлення встановлених в приміщенні, що вимірюють рівень його освітленості .

Перевагами цього типу управління є :

- ефективне використання освітлювальних установок;
- датчики стежать за зміною освітленості і після проходження природним освітленням заданого порогу;
- плавне регулювання світлового потоку.

До недоліків можна віднести:

- продовження роботи освітлювальних установок при відсутності людей в приміщенні.

2. Регулювання освітлення за допомогою датчиків руху. Включення освітлювальних установок, при цій системі управління, відбувається тільки після того як датчик зафіксує рух людей у приміщенні.

До переваг можна віднести:

- економію електроенергії за рахунок відключення освітлення в момент відсутності людей в приміщенні;
- функціональність;
- простоту і зручність експлуатації.

До недоліків відносять:

- достатньо велика вартість даної системи;
- складність монтажу;
- можливість помилкових спрацювань.

3. Інтелектуальні системи управління. В даних системах управління адаптивне управління програмно реалізується за допомогою методів штучного інтелекту.

2.1.2. Структура автоматизованої системи управління освітленням. Отже розглянувши можливі варіанти побудови АСУО, можна зробити висновок, що основними перевагами при використанні цих систем є:

- димірювання освітлення, що дозволяє плавно змінювати рівень світлового потоку освітлювальних пристроїв, і відповідно, заощаджувати електроенергію;
- централізоване управління освітлювальними установками (можливе дистанційне та бездротове управління);
- облік часу доби і дня року.

Принципово всі СУО побудовані за однаковою блок-схемою (рис. 2.2) і містять регулятори світлового потоку, регульовані джерела світла і датчики сумарної освітленості, присутності і реального часу, іноді - програматори, в яких заздалегідь встановлюється програма зміни освітленості на певний період (робочий день, тиждень, рік). [44]

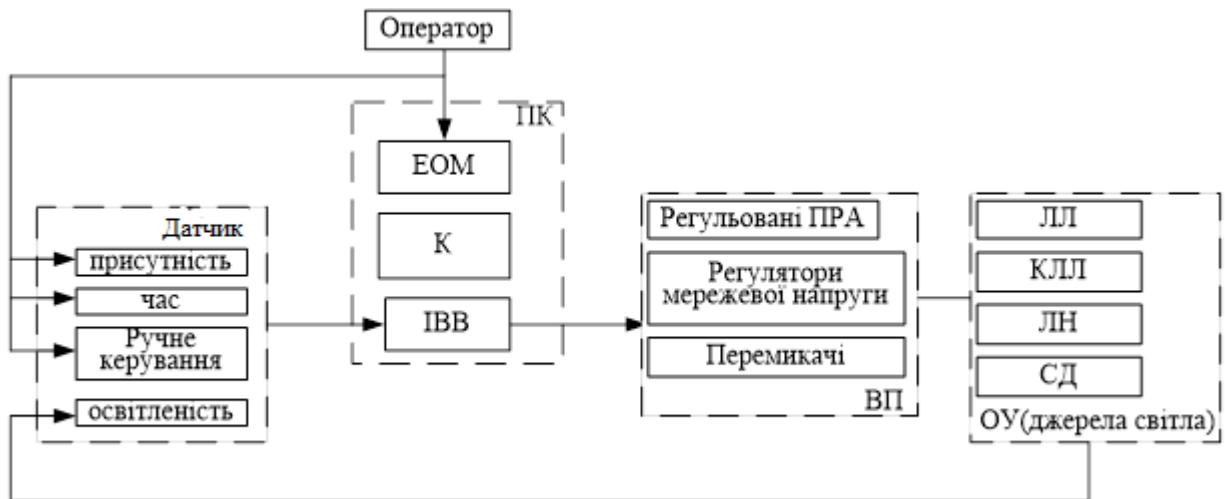


Рис.2.2. Структурна схема АСУО: ПК – пристрій керування, ВП – виконавчі пристрої, ОУ – об’єкт управління, К – контролер локальної системи управління, ІВВ – інтерфейс вводу/виведення.

Інформаційні сигнали (щодо присутності людей у приміщенні, дані щодо освітленості, сигнали ручного керування) подаються відповідними давачами і надходять в контролер. У відповідності з закладеним алгоритмом, контролер відпрацьовує керуючий сигнал (регулювання, включення, відключення), який надходить на виконавчі блоки, що визначають режим роботи освітлювального приладу.

Методами безпосереднього керування освітлювальною установкою є дискретне включення або відключення всіх або частини світильників за командами керуючих сигналів, а також поетапне або плавне зниження потужності освітлення в залежності від цих же сигналів.

З огляду на те, що сучасні регульовані ЕПРА мають ненульовий нижній поріг регулювання, в сучасних автоматизованих системах управління освітленням застосовується комбінація плавного регулювання аж до нижнього порогу з повним відключенням ламп в світильниках при його досягненні.

2.1.3. Інтерфейси вводу/виведення АСУО.

Основним протоколом, який використовується на сьогодні для керування освітленням, є протокол 0–10 В. Управління освітленням відбувається або за

окремими проводами з керуючою напругою, що йде до кожного пристрою, або за допомогою різноманітних цифрових і мультиплексованих аналогових зв'язків. Зв'язок між датчиками і контролером найчастіше аналоговий, такий же зв'язок і між виконавчими пристроями і контролером.

Говорячи про наявні на сьогодні системи управління освітленням, можна відзначити широке розповсюдження в основному компонентів облаштувань управління, перемикачів, а не готових технічних рішень. Часто згадані компоненти не забезпечують необхідної функціональності у складі систем. В першу чергу це стосується управління яскравістю освітлювальних приладів. Аналогові системи, які використовували окрему лінію зв'язку на кожен канал димера, є громіздкими, дорогими і не мають єдиного стандарту. Для них були потрібні спеціальні адаптери, а також підсилювачі та інвертори напруги, для того, щоб підключати димери одного виробника до керуючих консолей іншого. Сюди ж слід віднести і ускладнення монтажу електропроводки, труднощі установки устаткування для управління денним освітленням. Ці обставини призводять до збоїв в роботі освітлювальних систем, скаргам споживачів.

Засоби управління з аналоговими інтерфейсами, такі як 1-10V не забезпечують гнучкість і здатність адресного управління індивідуальними джерелами світла, що обмежує функціональні можливості системи освітлення.

Основна перевага цифрових систем в порівнянні з аналоговими – це комунікація, зв'язок між окремими пристроями, об'єднаними в систему.

У цифрових системах для зв'язку не потрібно окремі дроти. Переважна більшість цифрових пристроїв можуть використати для передачі інформації силові кабелі. Цифрові системи управління освітленням можна легко інтегрувати в інші системи автоматизації і управління.

Аналітичний огляд дозволяє визначити базові засоби управління освітленням, які наведені на рис. 2.3 [45]. Ці засоби виділено у три групи:

- Засоби для автоматизації освітлення приміщень: Lonworks, KNX, BACnet;

- Засоби для управління яскравістю та багатоканальними освітлювальними пристроями: DALI, DMX, 0-10V, PWM;
- Стандартні мережеві засоби: Bluetooth, iOS/Android, Wi-Fi/Ethernet.

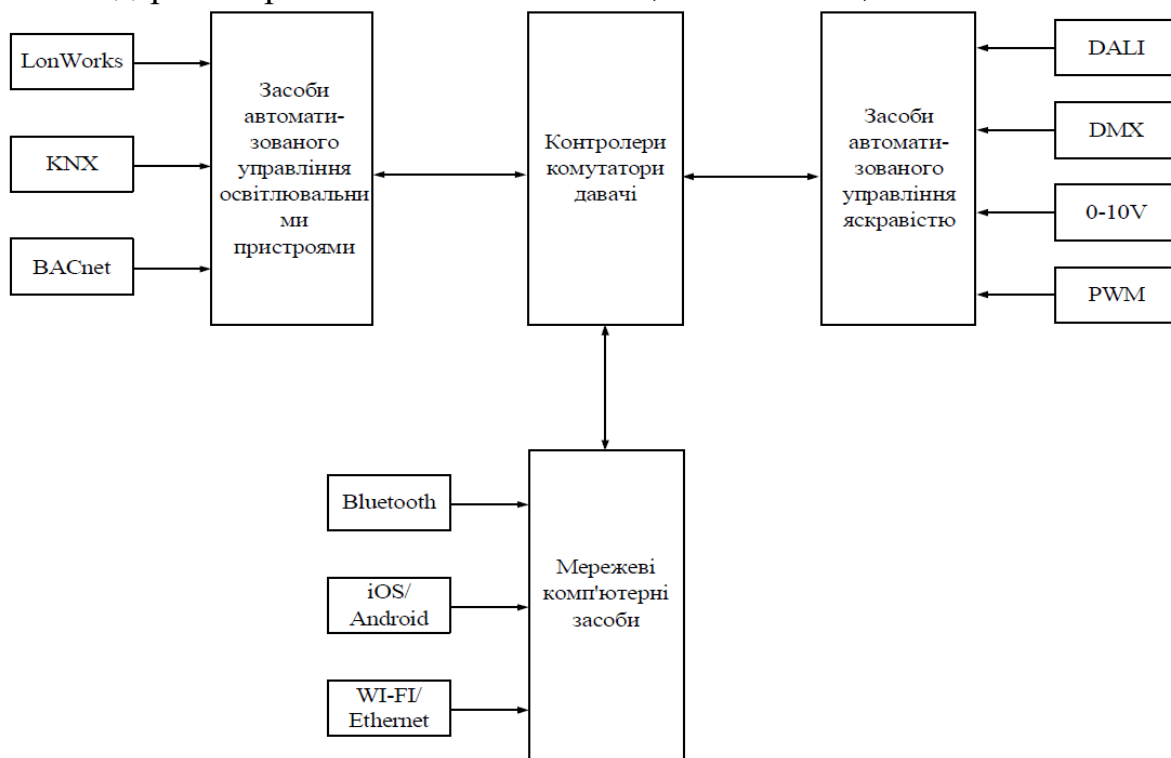


Рис.2.3. Базові інтерфейси (технології) управління освітленням

Серед засобів, які наведених на рис. 2.3, можна виділити протоколи, які забезпечують взаємодію на функціональному, комунікаційному та конструктивному рівнях між контролерами і кінцевими пристроями, виробленими різними виробниками. Тобто ці протоколи є універсальними і дають можливість стандартизувати взаємодію світлового обладнання між собою, незалежно від виду пристрою і фірми виробника.

2.1.4. Регулятори світлового потоку освітлювальних установок промислових і адміністративно-побутових приміщень.

За останні роки створені і серійно випускаються регулятори світлового потоку для різних джерел освітлення.[34]

1.Безконтактний регулятор освітлення СВЕТ-30. Регулятор освітлення(рис.2.3.) призначений для управління світловим потоком світильників.

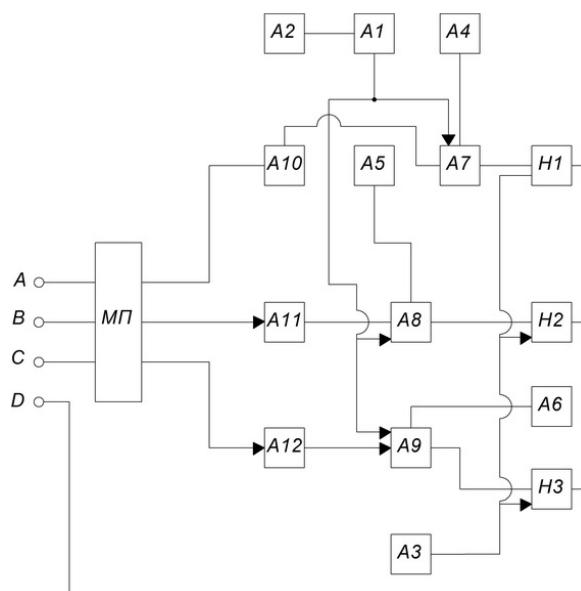


Рис.2.4. Безконтактний регулятор освітлення СВЕТ-30

Регулятор виконаний у вигляді окремих блоків, які дозволяють здійснювати незалежне регулювання в кожній фазі. Регулювання проводиться за допомогою силових безконтактних напівпровідникових апаратів, в якості котрих застосовані симістори.

Включення симістора проводиться імпульсом, що управляє, синхронізованим з частотою живлячої напруги. Напруга трифазної мережі, за допомогою групи магнітних пускачів МП, подається на блоки регулювання А7-А9 через перешкодоподавляючі фільтри А10-А12. До виходу блоків регулювання підключене освітлювальне навантаження Н1-Н3, де використовуються лампи розжарювання або люмінесцентні лампи.

Управління регулятором по всіх фазах здійснюється від ручки управління або напівавтоматично, безпосередньо від блоку управління А1 або на відстані від пульта дистанційного управління А2. Для автоматичного управління рівнем суміщеного освітлення використовуються фотореле А4-А6, підключені до відповідних блоків регулювання.

Блок перетворення частоти А3 застосовується тільки при роботі з люмінесцентними лампами для забезпечення режиму перезапалення і стабілізації розряду.

Управління всіма блоками, що входять в регулятор, а також комутація силових ланцюгів здійснюється або безпосередньо з блоку управління А1, або дистанційно з виносного пульта управління А2.

2.Регулятори світлового потоку люмінесцентних ламп. Розроблені і серійно виготовляються пускорегулюючі пристрої, що дозволяють регулювати світловий потік люмінесцентних ламп.(рис. 2.4)

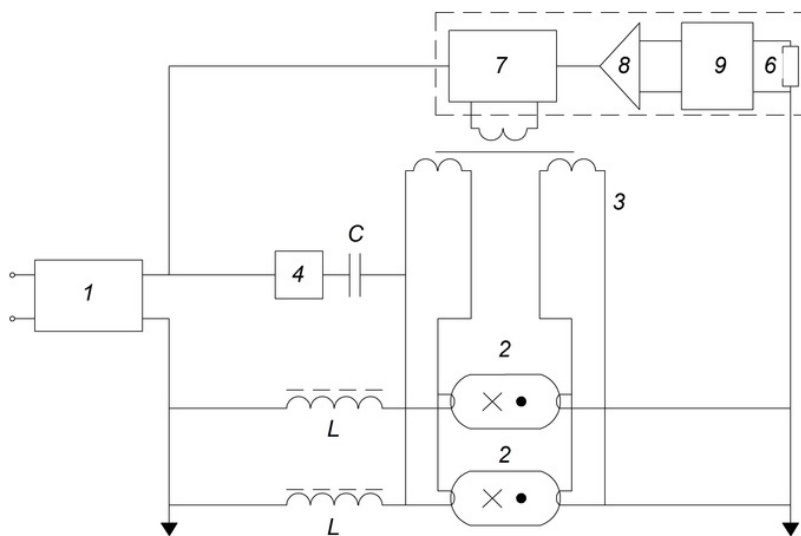


Рис.2.5. Регулятор світлового потоку люмінесцентних ламп.

Принцип роботи якого полягає в наступному. При подачі напруги на лампи 2 вони запалюються на максимальну яскравість. Завдяки регулюванню тиристорним регулятором 1 кут управління напруги живлення змінюється і на лампи поступає знижена напруга. В результаті змінюються протікаючий через лампи струм і світловий потік. Додаткове високочастотне іонізуюче джерело 4 підтримує провідний стан ламп в широкому діапазоні регулювання світлового потоку і дозволяє одержати високу кратність його зміни. Послідовно з люмінесцентними лампами включений блок автоматичного регулювання підігріву електродів ламп 5.

3.Регулятори світлового потоку TVo. Фірма Schnesder Electric [35] серійно виготовляє регулятори світлового потоку TVo, світлорегулятори з дистанційним управлінням та обладнання для управління. Світлорегулятори використовуються для управління ламп розжарювання та люмінесцентних ламп. Для ламп розжарювання рекомендуються світлорегулятори з дистанційним управлінням типу

TVc700, TV700, які регулюють потужність ламп до 700 Вт, а для люмінесцентних ламп – світлорегулятори з дистанційним управлінням TVo1000, TVBo з регулюванням потужності ламп до 1500 ВА.

Світлорегулятори даних типів дозволяють управляти світловими потоками освітлювальних приладів, дистанційне включення та відключення їх від електричної мережі та виконують захист освітлювальних приладів і освітлювальних мереж. Крім того, світлорегулятори дозволяють виконувати багатозонне диференційне управління освітленням приміщень з використанням різних джерел світла з централізованим відключенням світла в неробочий час доби. Принципова схема освітлювальної мережі приведена на рис.



Рис. 2.6. Принципова схема освітлювальної мережі з світлорегуляторами

Schneider Electric

Елементи, що використовуються в схемі:

- C60 Vigi – диференціальний автоматичний вимикач;
- IHP – програмувальне реле часу;
- TVo1000 – світлорегулятор для ламп розжарювання;
- TVBo – світлорегулятор для люмінесцентних ламп;
- NTVo – світлорегулятор.

4 Логічні модулі LOGO!. Для регулювання освітлення фірма Siemens[37] розробила логічні модулі LOGO!. Це компактні, функціонально закінчені, універсальні вироби, призначені для побудови простих пристроїв автоматів з логічною обробкою інформації.

Алгоритм функціонування пристрою задається програмою, складеною з набору вбудованих функцій. Програмування контролерів Siemens – модулів LOGO! може виконуватися з клавіатури з відображенням інформації на вбудованому дисплеї. Суть програмування контролера Siemens зводиться до програмного з'єднання необхідних функцій і завдання параметрів налаштування (включення/виключення, значень лічильників і т.д.).

Використання LOGO! для регулювання освітлення здійснюється легко, оскільки в LOGO! закладено набір програмних елементів (вбудованих функцій), призначених виключно для вирішення такого роду завдань.це такі функції як:

- функція імпульсного реле (при появі імпульсу на вході імпульсне реле перемикає імпульс);
- функція сходовий автомат (при появі імпульсу на вході реле включається і залишається включеним протягом 6 хвилин);
- багатофункціональний перемикач (вихід включається на утримання кнопки в натиснутому стані протягом заданого часу).

Використовувати логічний модуль LOGO! виключно для відносно простих рішень дуже не раціонально, тому використовувати його необхідно для багатофункціональних схем автоматичного управління цілих ланцюгів світильників в одному або в декількох приміщеннях.

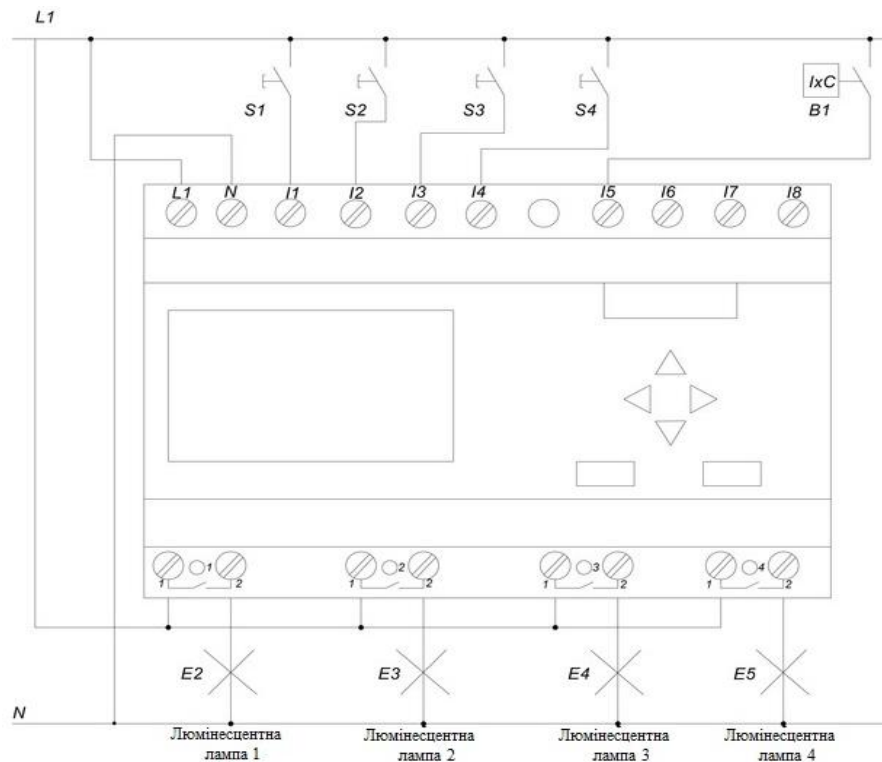


Рис.2.7.Схема управління люмінесцентними світильниками за допомогою логічного модуля LOGO!

2.2. Основні вимоги до системи управління внутрішнім освітленням.

Приміщення організацій, офісів, вузів і шкіл будуються за типовими проектами, мають схожі характеристики за розміром приміщення, кольором стін і стель, розмірами вікон. Висвітлюються широко поширеним типом нерегульованих освітлювальних установок (ОУ), утворених групами світильників з люмінесцентними лампами. Наприклад, аудиторії вузів і класи мають 2-3 віконних отвори і 2-3 ряди стельових світильників (рис. 2.8). Для їх освітлення використовується природне, штучне і суміщене освітлення. У таких приміщеннях громадського призначення з великим щоденним потоком людей існує проблема організації контролю освітлення.

Автоматизована система управління системою внутрішнього освітлення адміністративно-побутових приміщень повинна автоматично з витримкою часу вимикати світло в функції присутності/відсутності людей у приміщенні, а також регулювати освітленість залежно від природного освітлення в приміщення.

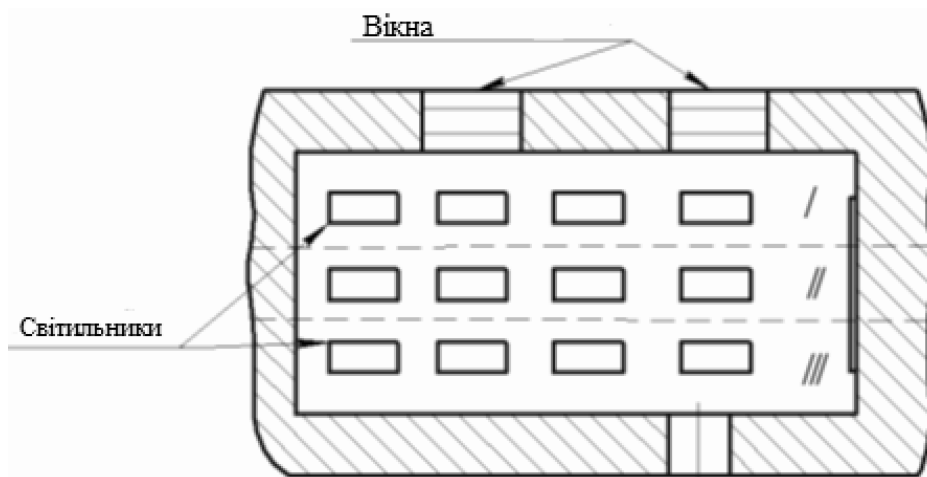


Рис.2.8. План розміщення світильників для типової аудиторії

Для економії електроенергії, необхідної для освітлення приміщень організацій, потрібна розробка ефективної системи управління при мінімальній участі людини в процесі її роботи. Система повинна забезпечувати максимальну енергоефективність при дотриманні встановлених норм рівня освітленості[38].

В автоматичних системах управління освітленням в автоматичних частинах автоматизованих систем контрольованими і регульованими параметрами є – горизонтальна освітленість, час, наявність людей у приміщенні. Для їх контролю використовують фотоголовки, підвішені на стелі або встановлені в інтелектуальних світильниках, що відслідковують горизонтальну робочу поверхню, програмовані мікроконтролери або електронні реле часу і детектори присутності, більшість з яких реагують на рух теплового предмету, що випромінює інфрачервоні промені і знаходиться в їх полі зору. Їх радіус дії становить приблизно десять метрів. Для більших відстаней можна рекомендувати мікрохвильові датчики, принцип дії яких ґрунтується на ефекті Доплера, який проявляється в промені, відбитому від рухомого предмету. Використовують також датчики, які реагують на шум [34]. При проектуванні штучного освітлення необхідно з'ясувати наступне: обрати систему освітлення, тип джерела світла, тип світильників, визначити розташування світлових приладів, виконати розрахунки штучного освітлення та визначити потужності світильників та ламп.

Основними вимогами, що ставляться до сучасного освітлення є наступні: забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо із робочого місця, енергоефективність, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, мінімізація шкоди навколишньому середовищу.

У виборі штучних джерел освітлення до уваги приймаються показники, головними з яких є світловий потік, передача кольорів, розподіл яскравості. Кожен цих показників має чіткі цифрові значення, так, в ДБН В. 2.5–28–2018 нормується показник осліпленості P , коефіцієнт пульсації K_p , %, індекс кольоропередачі R_a .

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи: світлового потоку (коефіцієнта використання), точковий та питомої потужності.

Порівняємо цих три варіанта на прикладі навчальної аудиторії університету.

При підборі світлотехнічного обладнання необхідно керуватися вимогами затвердженими Постановою КМУ № 992 від 15.10.2012р. «Про затвердження вимог до світлодіодних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення.» [39]

Світильники повинні відповідати наступним вимогам:

Таблиця 2.1.

Вимоги до світильників

Значення світлової ефективності	не менше як 85 лм/Вт
Коефіцієнт потужності, не менше	0,9
Коефіцієнт корисної дії допоміжних електронних пристроїв	на 5,10,25 Вт відповідно не менше 70,75,80 %
Гарантійний термін на світильник	не менше 5 років
Рівень спаду світлового потоку на 30%	не більше ніж за 25000 годин
Мінімально допустимі значення індексу кольоропередачі	70.

2.3. Синтез автоматизованої системи управління внутрішнім освітленням

У адміністративно-побутових будівлях, які, як правило, мають великі вікна, найоптимальнішим рішенням буде установка світлодіодних світильників, що мають функцію регулювання світлового потоку, а значить і споживаної ними потужності за протоколом 1-10В.

Для створення автоматизованої системи управління такою системою освітлення скористаємося датчиками освітленості K2110/K2111, що підтримують постійний рівень освітленості в робочій зоні. Ці датчики призначені для підтримки заданого рівня освітленості в приміщенні шляхом регулювання потужності штучного освітлення в залежності від рівня природного світла, що проникає в приміщення через вікна. Датчики працюють тільки з електронними димміюваними ЕПРА стандарту 1-10В люмінесцентних ламп або світлодіодних світильників. Датчики автоматично регулюють потужність штучного освітлення в залежності від рівня природнього сонячного світла, що проникає в будівлю через вікна. [40]

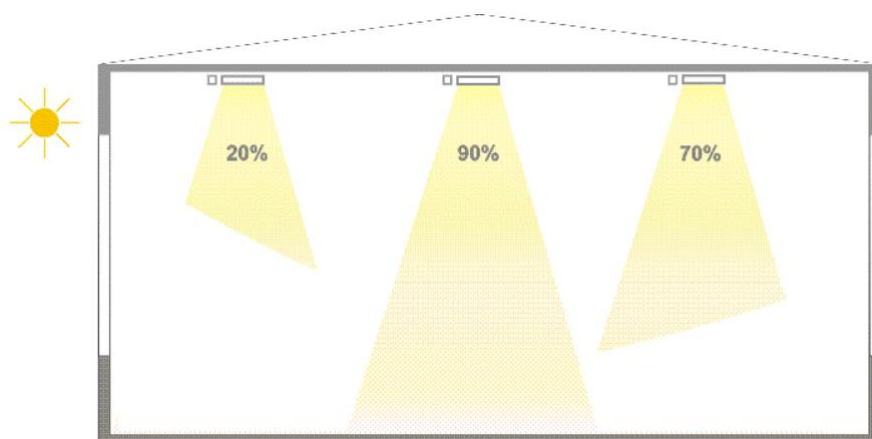


Рис.2.9. Принцип управління освітленням в виробничих будівлях в місцях тривалого перебування персоналу.

Регулювання відбувається шляхом зміни вихідної напруги, що управляє в межах 1-10В. Якщо рівня природнього світла достатньо для забезпечення заданої освітленості в робочій зоні приміщення (як правило на рівні робочого столу) і штучне освітлення не потрібне - керуюча напруга датчика плавно знижується до рівня 1В. В цьому випадку керовані датчиком світильники працюють в режимі 2-5% від номінального світлового потоку, споживаючи при цьому в середньому в 6 разів

менше електроенергії (люмінесцентні світильники) або в 12 разів менше (світлодіодні світильники). Наприклад, пара світильників K22-158У2 в режимі 100% потужності споживає 108 Вт, в режимі мінімальної потужності - 16,4Вт, тобто всього 8,2Вт на один світильник. Світлодіодний світильник- відповідно 28Вт і 2,3 Вт.

Якщо природного світла недостатньо, то датчик K2110 "додасть" необхідну кількість штучного світла, щоб забезпечити заданий рівень освітленості в робочій зоні. Вихідна напруга датчика в режимі регулювання змінюється в межах від 1В (режим мінімальної потужності) до 10В (режим максимальної потужності).

До одного датчику освітленості можна підключити від 50 до 100 шт. світильників по входу управління 1-10В. Ця кількість залежить від конструкції входу 1-10В ЕПРА або LED-драйвера, а точніше, від їх енергоспоживання. Наприклад, стандартних ЕПРА люмінесцентних ламп можна підключити близько 50 шт, а LED-драйверів MeanWell - 85 шт.



Рис.2.10.Схема управління диммируемими балластами (ЕПРА) за допомогою датчика освітленості K2110.

Місце встановлення датчика - стеля, при цьому чутливий елемент повинен бути спрямований вниз. Датчик має резистор для налаштування, за допомогою якого можна задавати рівень освітленості в приміщенні. Цю освітленість датчик підтримує, збільшуючи або зменшуючи частку штучного світла в приміщенні. Підключивши вольтметр паралельно виходу 1-10В датчика можна в режимі

реального часу спостерігати напрямок зміни і величину керуючого сигналу в діапазоні від 1 до 10В.

Модифікації датчиків освітленості:

- K2110 - керує тільки світловим потоком (потужністю) без відключення навантаження, живлення відбувається - від підключених до нього баластів, тобто зовнішнього джерела живлення не потрібно.

- K2111 – дозволяє керувати світловим потоком і автоматично відключати навантаження (світильники) від мережі 220В вбудованим реле 250В 10А при рівні керуючої напруги 1В, тобто коли задану освітленість можна підтримувати виключно за рахунок природного світла. Напруга живлення датчиків: 24V AC / DC (модифікація K2111-24) або 12V DC (модифікація K2111-12).

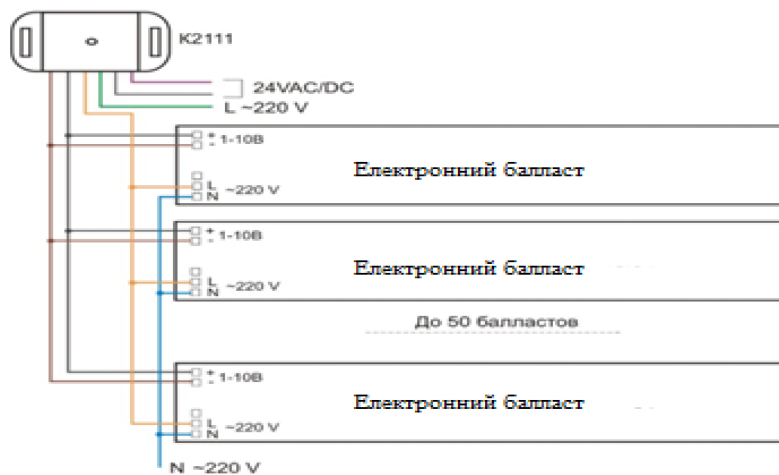


Рис.2.11.Схема управління диммируемими баластами (ЕПРА) за допомогою датчика освітленості K2111-24 з автоматичним відключенням від мережі при достатньому рівні природного сонячного світла.

Для приміщень з нерегульованими світильниками (світлодіодні, натрієві, металлогалогенові та ін.) автоматизація системи освітлення може бути здійснена за допомогою спеціального контролера K2000П з зональним відключенням груп світильників в залежності від інтенсивності сонячного світла.

Принцип роботи контролера K2000П з фотодатчиком K2100 полягає в наступному: контролер, за допомогою фотодатчика вимірює рівень природного

освітлення і автоматично зонально вмикає або вимикає лінії штучного освітлення в залежності від їх віддаленості до вікон. Контролер містить 5 незалежних каналів управління. Канали 1,2 та 3 можуть також вимикатися в задані інтервали часу, наприклад в час перерви. Канали 4 та 5 працюють тільки за рівнем освітленості.

Контролер К2000П має п'ять вбудованих електронних реле 250В 2А, які використовуються для керування контакторами, які в свою чергу комутують силові ланцюги системи освітлення. Є можливість роботи системи в автоматичному та ручному режимах(автоматика/все вімкнуті /все вимкнуті). Час затримки регулювання знаходиться в межах 1-99 хвилин. Може використовувати будь-які типи ламп. Структурна схема системи управління освітленням з зональним вимкненням в залежності від природнього освітлення наведена на рисунку.

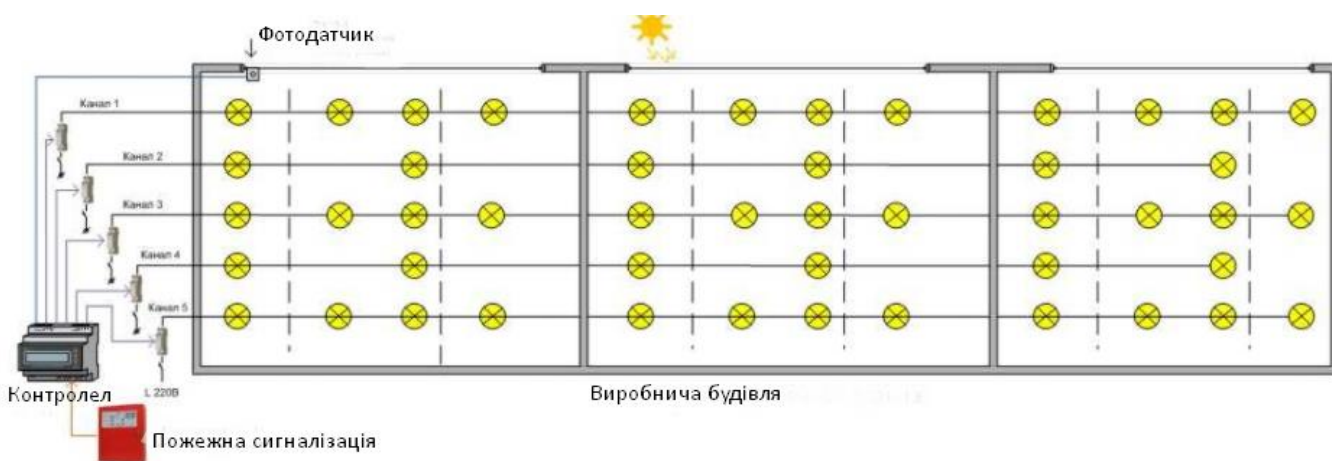


Рис.2.12.Управління освітленням в виробничому приміщенні зі світильниками без функції димміювання за допомогою контролера К2000П.

Принцип роботи системи. Інформація з датчиків надходить на мікроконтролер. Для розширення кількості опитуваних входів на контролері використовувалися модулі розширення. Для передачі даних використовувався стандарт фізичного рівня RS-485 з модифікованим протоколом, сформованим на базі Modbus RTU. Основним принципом управління запропонованої системи було ранжування виробничої території на зони, визначення для кожної зони уставки освітленості з урахуванням розташування робочих місць, а також виду трудової

діяльності. При цьому, система повинна була регулювати яскравість штучного освітлення з урахуванням динаміки зміни світлового потоку природного освітлення в приміщенні протягом усього робочого дня. (рис присоединения датчиков к контроллеру).

Якщо в приміщенні складно прокласти кабелі системи управління освітленням (діюча будівля з відсутністю кабельних каналів або вільного місця в кабельних комунікаціях), виконати автоматизацію системи освітлення можна за допомогою бездротової системи.

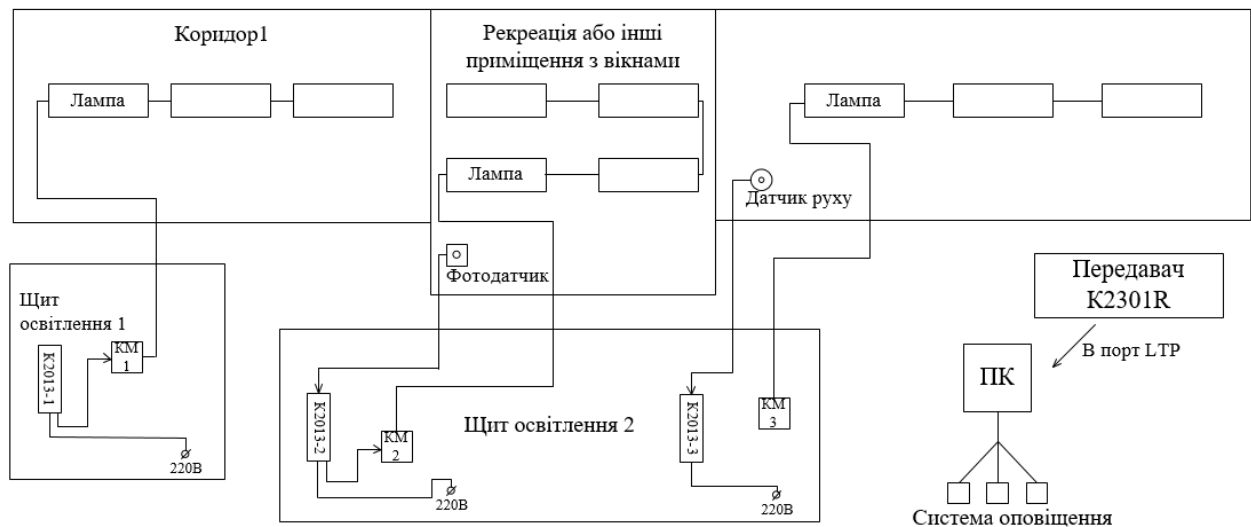


Рис.2.13. Бездротова система управління освітленням.

В даній системі використовується високоефективний радіоканал на частоті 868 мГц. Оскільки радіоканал зберігає працездатність в умовах, коли рівень корисного сигналу може виявитися в десятки разів нижче рівня шумів, передавачі та приймачі можна встановлювати в підвалах будівель, в шафах освітлення з металевими дверцятами і т.д. Дана система може активно використовуватися, наприклад, у ВНЗ або школах.

Принцип дії полягає в наступному: передавач K2301R, що підключається до персонального комп'ютера через LPT-порт, на якому встановлена програма подачі дзвінків, і управляє приймачами K2013, встановленими в шафах освітлення. Через кілька хвилин після подачі дзвінка на заняття, робоче освітлення коридорів відключається щоб не використовувати електроенергію на освітлення порожніх

приміщень. Після закінчення занять подається дзвінок на перерву і освітлення знову включається .

Система також містить в собі датчик освітленості для блокування включення освітлення в коридорах і рекреаціях з вікнами в світлий час доби і датчики руху для примусового включення освітлення, якщо хтось йде по коридору під час заняття.

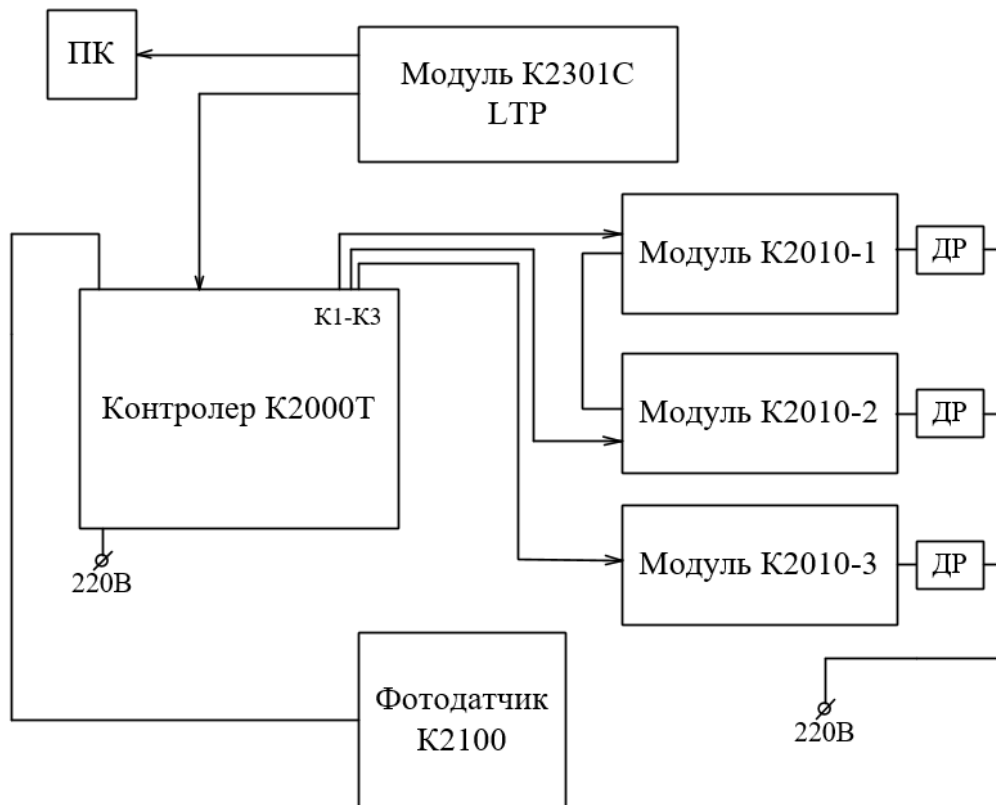


Рис.2.14. Типова схема управління освітленням.

Якщо в системі управління використовуються датчики руху, що підключаються до поверховим модулів K2010, то їх спрацьовування при проходженні людини коридором під час уроків призводить до автоматичного плавного збільшення світлового потоку групи світильників в контрольованій датчиком зоні. Потужність світильників регулюється плавно в діапазоні 2-100% від номінального значення. Типова схема при використанні такого варіанта наведена на рисунку .

2.4. Розрахунок освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Для налаштування системи управління освітленням проведемо типовий розрахунок освітлення для загальнопромислового приміщення. Проводити розрахунок будемо використовуючи метод коефіцієнта використання світлового потоку. Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі[41].

Для прикладу розрахунку візьмемо типове приміщення з розмірами $A=21\text{м}$, $B=14\text{м}$, $h=4,5\text{ м}$. Нормована освітленість для даного типа приміщення, згідно з санітарними нормами повина бути не нижче $E = 50\text{ лк}$, коефіцієнт запасу $k = 1,2$, висота робочої поверхні $H_p = 1,2\text{ м}$, коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення, $\rho_{\text{п}} = 50\%$, $\rho_{\text{с}} = 30\%$, $\rho_{\text{р}} = 10\%$.

В приміщенні, для прикладу, передбачається встановити світильники типу НСП / РСП (рис. 7.3) з підвіскою на трос ($h_{\text{с}} = 1.1\text{ м}$), світильники мають КСС типу Д, загальний ККД - 72%, ККД в нижню півсферу - 72% [46].

Почнемо розрахунок з визначення розрахункової висоти, згідно з вихідними даними за допомогою формули (1):

$$h = H - H_p - h_{\text{с}} \quad (1);$$

$$h = 4,5 - 1,2 - 1,1 = 2,2\text{ м}.$$

Для прийнятих до установки світильників, з КСС типу Д, $\lambda_0 = 1,4 - 1,6$ (табл. 3.1).

Виходячи з оптимальних співвідношень, визначаємо відстань між світильниками за допомогою формули (2):

$$L_0 = \lambda_0 \cdot h \quad (2);$$

$$L_0 = 1,6 \cdot 2,2 \approx 3,52\text{ м}.$$

Таблиця 2.2.

Оптимальні відносні відстані між світильниками.

Тип кривої сили світла	Значення λ_0	
Глибока	1,0	1,1
Косинусна	1,4	1,6
Рівномірна	1,7	1,9
Напівширока	2,5	2,5

В розрахунках приймається округлене значення відстані, $L_0 = 3,5$ м. Виходячи з розмірів приміщення, проводиться розрахунок розміщення світильників:

1) розрахунок кількості рядів за формулою:

$$N_B = B/L_0 \quad (3);$$

$$N_B = 14 / 3,5 = 4 \text{ ряда.}$$

2) розрахунок кількості світильників в ряду:

$$N_A = A/L_0 \quad (4);$$

$$N_A = 21 / 3,5 = 6 \text{ світильників.}$$

3) загальна кількість світильників:

$$N = N_B \cdot N_A \quad (5);$$

$$N = 4 \cdot 6 = 24 \text{ світильника.}$$

4) відстань від крайніх рядів до стін:

$$14 - 10,5 = 3,5 / 2 = 1,75 \text{ м ;}$$

5) відстань від крайніх світильників в ряду до стін :

$$21 - 17,5 = 3,5 / 2 = 1,75 \text{ м.}$$

в рекомендовані значення $0,3 - 0,5 L_0$ укладаємося.

З метою визначення коефіцієнта використання світлового потоку знаходиться індекс приміщення: $i = 3,82$.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається згідно з додатками 3 і 4 [14] для світильників з 100% ККД: в нижню півсферу, $\eta_1 = 0,84$; в верхню півсферу, $\eta_2 = 0$;

Коефіцієнт використання світлового потоку прийнятих світильників, з урахуванням їх реального ККД в нижню півсферу:

$$\eta = 0,84 \cdot 0,72 \approx 0,6.$$

Визначається світловий потік одного світильника за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot Z \cdot S}{N \cdot \eta} \quad (6);$$

$$\Phi = \frac{50 \cdot 1.2 \cdot 1.15 \cdot 294}{24 \cdot 0.6} \approx 1409 \text{ лм.}$$

Виходячи з розрахунку, підбирається джерело світла з необхідним світловим потоком. При використанні газорозрядних джерел світла для світильників типу РСП, найближча по світловому потоку лампа типу ДРЛ 50 потужністю 50 Вт, зі світловим потоком $\Phi = 1900$ лм, $Ra = 42$. У цьому випадку рівень освітленості буде вище нормованої, так як перевищення потоку прийнятого джерела перевищує розрахунковий світловий потік на 34%, що вище рекомендованих значень (-10%, +20%).

В цьому випадку треба перевірити рівень освітленості з прийнятими джерелами світла і з'ясувати можливість зменшення кількості світильників за формулою :

$$E = \frac{\Phi \cdot N \cdot \eta}{Z \cdot k \cdot S} \quad (7);$$

$$E = \frac{1900 \cdot 24 \cdot 0.6}{1.2 \cdot 1.15 \cdot 294} = 67.4 \text{ лк.}$$

Можна зменшити кількість світильників в кожному ряду на один (всього на 4 світильника) і перерахувати освітленість:

$$E = \frac{1900 \cdot 20 \cdot 0.6}{1.2 \cdot 1.15 \cdot 294} = 56 \text{ лк.}$$

Перевищення нормованих значень не більше 12%, що в межах допустимого.

При використанні компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) буде потрібна установка світильників типу НСП50. Близький до розрахункового світловий потік мають інтегровані КЛЛ (форма як ЛН, цоколь теж) типу SL Electronic і Master PL - Electronic (PHILIPS), $P = 23$ Вт, $\Phi = 1500$ лм, $Ra = 82$.

Перевищення світлового потоку над розрахунковим значенням не перевищує 6,5%, що цілком допустимо. При цьому, кількість світильників залишиться колишньою (24 шт.)

При використанні світлодіодних джерел світла також будуть потрібні світильники типу НСП50. Близьким за світловим потоком джерело такого типу є СДЛ-Е27-88Д, Р = 13 Вт, Ф = 1100 лм (форма як ЛН).

В даному випадку освітленість буде нижче нормованої, так як світловий потік нижче розрахункового на 21,9%, що є недопустимим. Тому, при установці СДЛ буде потрібно збільшити кількість світильників, що призведе до збільшення первісних витрат.

Необхідна кількість світильників з джерелами СДЛ розраховується за формулою :

$$N = \frac{E \cdot Z \cdot k \cdot S}{\Phi \cdot \eta} \quad (8);$$

$$N = \frac{50 \cdot 1.2 \cdot 1.15 \cdot 294}{1100 \cdot 0.6} = 31 \text{ шт.}$$

Перевищення на 7 світильників, враховуючи, що рядів 4, буде потрібно 8 світильників додатково (на кожен ряд по 2 світильника).

Якщо за умовами експлуатації буде потрібно застосування теплових джерел випромінювання, для світильників НСП50 будуть потрібні лампи типу БК 230-240-100-1, Р = 100 Вт, Ф = 1485 лм. Перевищення не більше 5,4%, що допустимо. Однак, за встановленою потужністю це самий неекономічне джерело, Р_{уст} = Потужність 2400 Вт.

Встановлена потужність при використанні КЛЛ буде становити :

$$P_{\text{вст}} = (24 \times 23) \times 1.1 = 607 \text{ Вт.}$$

Встановлена потужність при використанні СДЛ буде:

$$P_{\text{вст}} = 32 \times 13 = 416 \text{ Вт.}$$

Як видно, найменшу встановлену потужність мають світлодіодні джерела світла, але вони ж мають і найбільші початкові витрати.

Розглянемо приведені витрати для освітлювальних установок з різними джерелами освітлення.

Таблиця 2.3.

Приведені витрати для освітлювальних установок з різними джерелами світла.

Тип ОУ з ДС	Використання електроенергії кВт·год, 1 рік/10 років	Вартість електроенергії, грн., 1 год/10 років	Амортизаційні витрати, грн.		Витрати на монтаж та чистку, грн., 1 рік/10 років	Приведені Витрати, грн., 1 рік/10 років
			Лампа 1 рік/10 років	Світильник 1 рік/10 років		
ОУ з КЛЛ	131/1310	220/2200	50,6/506	100/1000	490/4900	860,6/8606
ОУ з ЛЛ Т8	157/1570	264/2637	40,3/403	100,6/1006	560/3360	964/7406
ОУ с ЛЛ Т5	92/920	155/1545	30/300	100,6/1006	560/3360	846/6211
ОУ з СД ХБ	88/880	148/1478	20/200	80/800	560/2800	808/5278
ОУ з СД ХБ з кер.	20/200	34/340	20/200	80/800	560/2800	694/4140

Таблиця 3.3.

Економія електроенергії у відсотках з використанням ефективної системи освітлення.

Об'єкт економії	Тільки заміна КЛЛ на СД	Тільки застосування системи управління освітленням			Загальна економія	
		Датчики освітлення	Датчики руху	Датчики освітлення та руху		
Коридори	30	0** (50***)	80** (75***)	84** (85***)	85** (86***)	
Ліфтові холи	30	50***	72***	82***	83***	
Вестибюль та ліфтовий хол 1 поверха	30	50***	55***	75***	80***	
Сходи	Верхні поверхи	30	50***	70***	85***	82***
	Нижні поверхи	30	50***	46***	70***	75***
Придомова зона	20*	50***	36***	64***	70***	
Техн. приміщення	30	0**	0**	0**	30**	

*Заміна ДНаТ на СД

**При відсутності природнього освітлення.

***При наявності природнього освітлення.

В результаті реалізації системи освітлення на основі світлодіодів досягається істотна економія електроенергії (табл. 3.3.). Вона складається з економії, обумовленої використанням енергоефективних джерел світла та застосуванням системи управління освітленням. Ці розрахунки також підтверджують, що заміна КЛЛ на світлодіодні світильники з системою управління освітленням дає значну економію електроенергії.

Висновки до розділу 2

В другому розділі дипломної роботи розглянуто автоматизовані системи управління внутрішнім освітленням. Було проведено аналіз існуючих автоматизованих систем управління внутрішнім освітленням їх класифікація та основні функції систем автоматизованого управління внутрішнім освітленням до яких відносять: точну підтримку штучної освітленості в приміщенні на заданому рівні, облік часу доби та днів тижня, облік присутності людей в приміщенні , обладнаним даними системами, облік природнього освітлення в приміщенні та дистанційне керування освітлювальною установкою.

Також було розглянуто інтерфейси, що використовуються в системах управління освітленням та їх особливості. Було розглянуто також найпопулярніші регулятори світлового потоку освітлювальних установок побутових приміщень та основні вимоги до системи управління внутрішнім освітленням.

Також був проведений синтез автоматизованої системи управління внутрішнім освітленням, розглянуті основні схеми автоматичного управління освітленням та за допомогою метода коефіцієнта використання світлового потоку було проведено розрахунок освітлення приміщення.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ

Одному і тому ж розподілу освітленості в приміщенні можуть відповідати різні поєднання світлових потоків кожного світильника а, отже, різні рівні потужності ОУ. Найпростіше управління дозволяє знайти лише одне з цих поєднань, в той час як мінімальне енергоспоживання ОУ має на увазі пошук оптимального рівня потужності всіх світильників. Таким чином, при створенні нових СУО бажано закладати в алгоритм їх роботи оптимальні залежності потужності ОУ від контрольованих характеристик світлового середовища.

При синтезі автоматизованої системи управління (як зазначалося вище), в залежності від типу приміщень підбираються число датчиків руху, присутності і освітленості, також інше необхідне обладнання і матеріали (контролери, інтерфейси, блоки живлення).

Для цих варіантів вибирається алгоритм управління в залежності від способу управління (рис.3.1.):

- включення / вимикання ОУ при певних умовах;
- поетапне регулювання по рівню освітленості;
- димміювання світлового потоку за рівнем освітленості.

Рис.3.1. Алгоритм управління в залежності від способу управління

Для більшості адміністративних будівель існує два основних типи приміщень: офісні приміщення, місця загального користування. У свою чергу дані типи приміщень можна розділити на підгрупи [43].

1. Для офісних приміщень:

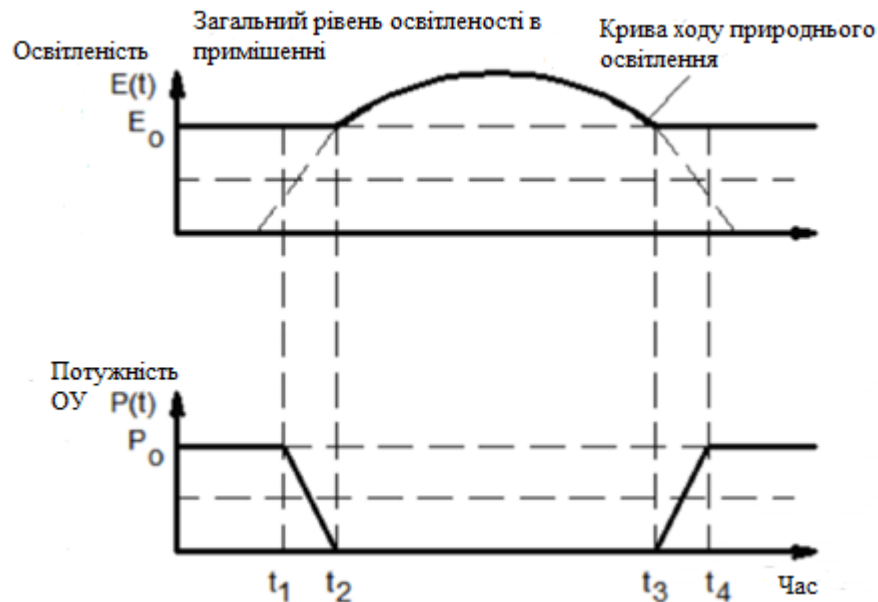
- офісні приміщення типу А (конференц-зал, кафедра, і ін.);
- офісні приміщення типу Б (аудиторія, торговий зал, виставковий зал та ін.).

2. Для місць загального користування:

- місця загального користування типу А (коридор, переходи між поверхами та ін.);

- місця загального користування типу Б (санвузол, душова і ін.).

З точки зору управління офісні приміщення доцільно поділити на групи в залежності від часу роботи. У кожній групі керування системою освітлення буде здійснюватися в залежності від часу доби і присутності людей, що користуються освітленням.



Для офісних приміщень та приміщень, де люди працюють тривалий час, зазвичай передбачене природне освітлення, а значить, доцільно встановити датчики освітленості або присутності, що також забезпечують функцію моніторингу освітленості.

Для вирішення завдань вмикання/вимикання світла при знаходженні або відсутності людей у приміщенні, кількість датчиків визначається в залежності від зони дії датчика, тобто людина має перебувати в зоні чіткої ідентифікації датчика.

Для управління рівнем освітленості, кількість датчиків буде залежати від кількості рядів світильників.

Для коридорів, як правило, встановлюють датчики руху. Якщо в коридорі є вікна, доцільно встановити один датчик освітленості, який буде відключати всі світильники.

При побудові алгоритму енергоефективного управління системою внутрішнього освітлення необхідно враховувати заходи, пов'язані зі зміною встановленої потужності приймачів електроенергії та заходи, пов'язані з управлінням режимами роботи освітлювальних приладів.

Для вирішення цих завдань скористаємося технологією бездротових мереж передачі даних mesh. В даний час існує декілька «базових» технологій для таких мереж:

- Bluetooth;
- ZigBee;
- WiFi 802.11

За командою АСУО керуючий модуль може задати на світильнику різні рівні освітлення від 0 до 100% яскравості з дискретно варіативним кроком 10%. Бездротові сітчасті радіомережі організують роботу таким чином, щоб кожен вузол (в нашому випадку датчик) міг динамічно служити маршрутизатором для кожного іншого вузла. Таким чином, навіть у випадку виходу з ладу деяких вузлів, інші вузли можуть продовжувати зв'язок один з одним і, якщо потрібно, служити в якості посилок для інших.

Кожен алгоритм управління mesh мережі передбачає кілька режимів роботи, що залежать від часу доби і кількості людей, що знаходяться в приміщенні.

Для коректної побудови алгоритму необхідно виділити інтервали часу, що будуть відповідати інтенсивності присутності людей і наявності освітленості. Тобто необхідно описати часові інтервали для роботи датчиків освітленості і присутності.

Часові проміжки знаходження людей (персоналу) в офісному приміщенні:

9.30-11.00 - робочий час;

11.00-11.15 – перерва в роботі;

11.15 – 14.00 – робочий час;

14.00-15.00 – обідня перерва;

15.00-16.45 – робочий час;

16.45- 17.00 – перерва в роботі;

17.00 – 19.00 – робочий час

Робочий час закінчується закінчуються о 19.00. З цього часу охорона виконує обхід всіх приміщень протягом години, для того щоб закрити адміністративну будівлю. обхід охорона здійснює до 21.00;

З 21.00 до 6.30 охорона забезпечує регулярні обходи приміщень адміністративної будівлі;

З 6.30 до 9.00 обслуговуючий персонал здійснює прибирання приміщень адміністративної будівлі;

З 9.30 починається робочий день.

Розглянемо алгоритми роботи даної системи освітлення на прикладі такого приміщення, як коридор (рис.3.1).

Внаслідок наочності і простоти, найкраще представити алгоритм за допомогою блок-схем.

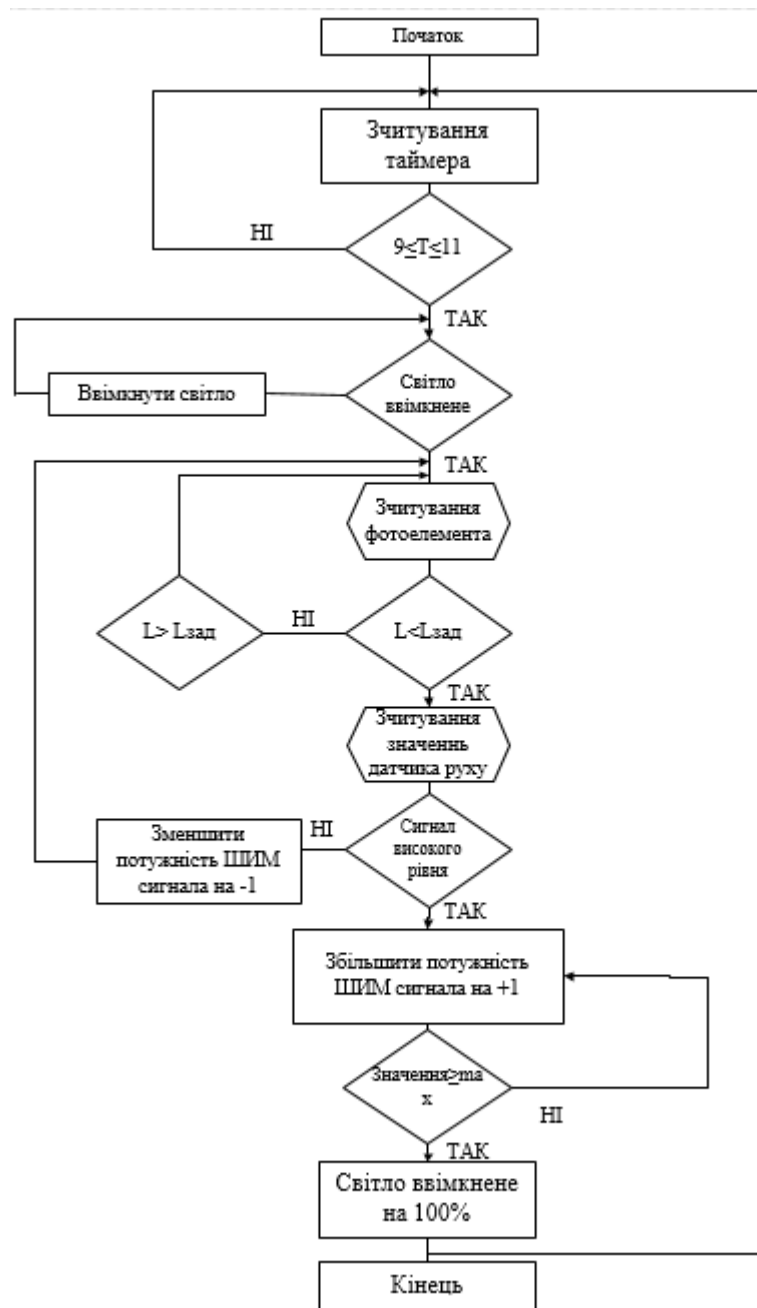


Рис.3.2. Блок-схема алгоритму роботи автоматизованої системи освітлення

О 19.00 в адміністративній будівлі закінчується робочий день, з цього часу охороною здійснюється обхід приміщень перед закриттям адміністративної будівлі. При цьому для управління системою освітлення коридорів застосовується датчик освітлення і датчик присутності. Час роботи датчика присутності 1 хв, рівень освітленості заданий для фотодатчика відповідає нормам для нежитлових приміщень (коридорів, сходових клітин)

З 21.00 до 6.30 здійснюються періодичні обходи приміщень. При цьому час роботи датчика присутності збільшується до 5 хв, рівень освітленості заданий для фотодатчик відповідає нормам для нежитлових приміщень (коридорів, сходових клітин) в аварійному режимі.

З 6.30 до 9.00 здійснюється прибирання коридору. При цьому датчик освітленості встановлений на 100%, час роботи датчика присутності – 2 хв.

Висновки до розділу 3

В третьому розділі дипломної роботи було розроблено алгоритм управління автоматизованою системою освітлення в залежності від рівня освітленості і присутності людей в приміщенні. За рахунок розподілу адміністративної будівлі на зони і виділення інтервалів присутності людей в цих зонах можна використовувати освітлювальні прилади в певний час , що дозволить не витратити електроенергію на освітлення порожніх приміщень.

ВИСНОВКИ

Освітлювальні електроустановки є необхідним елементом сучасних житлових будинків, установ, громадських та виробничих підприємств. З боку енергоспоживання системи освітлення становлять значну частку споживачів електричної енергії. І на сьогодні величина споживаної ними електрики зростає, що формує ряд проблем. Тому дипломна робота присвячена вирішенню питань підвищення енергоефективності електротехнічних системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження системи автоматизованого управління освітленням та алгоритмів енергоефективного управління є досить актуальною.

Зміст дипломної роботи повністю відповідає затвердженому завідувачем кафедри завданню.

У дипломній роботі випускником отримано наступні результати:

- Проведено порівняльний аналіз різноманітних джерел світла, що використовуються в системах освітлення і визначено, що за показниками світлового потоку, економічних витрат та можливостей по регулюванню потужності в системах автоматизованого управління освітленням доцільно використовувати три типи ламп: компактні люмінесцентні, світлодіодні та газорозрядні типу ДНаТ.

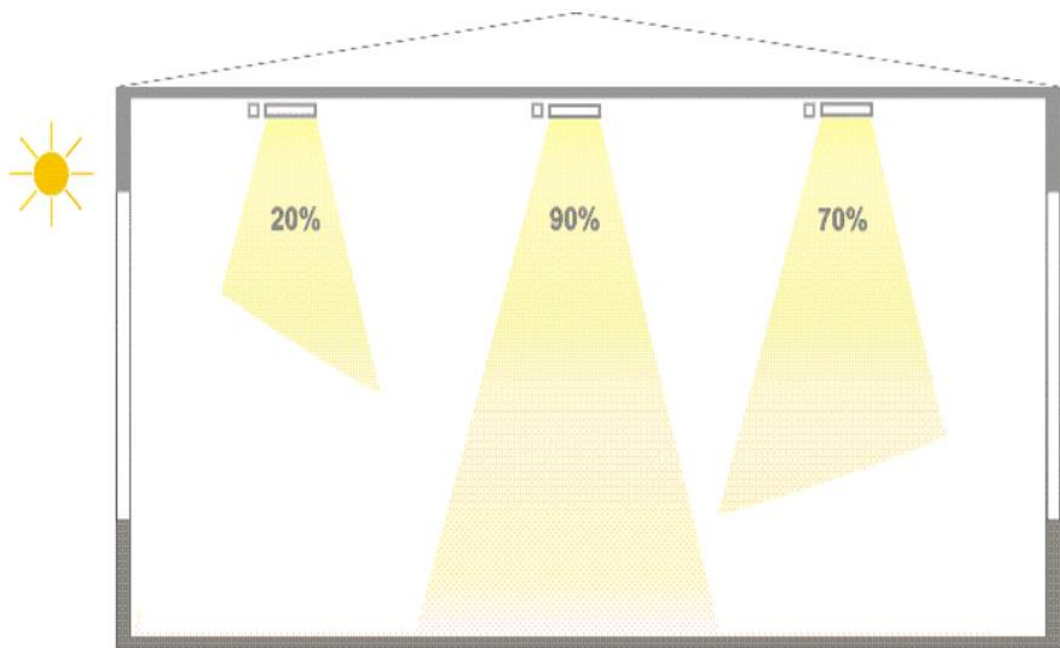
- Обґрунтовано структурну схему автоматизованої системи управління внутрішнім освітленням, що дозволяє враховувати зовнішні фактори (рівень природної освітленості, присутність людей у приміщенні, час доби) та заснована на використанні цифрових інтерфейсів.

- Проведено розрахунок освітлення та підбір відповідного обладнання для налаштування системи управління освітленням.

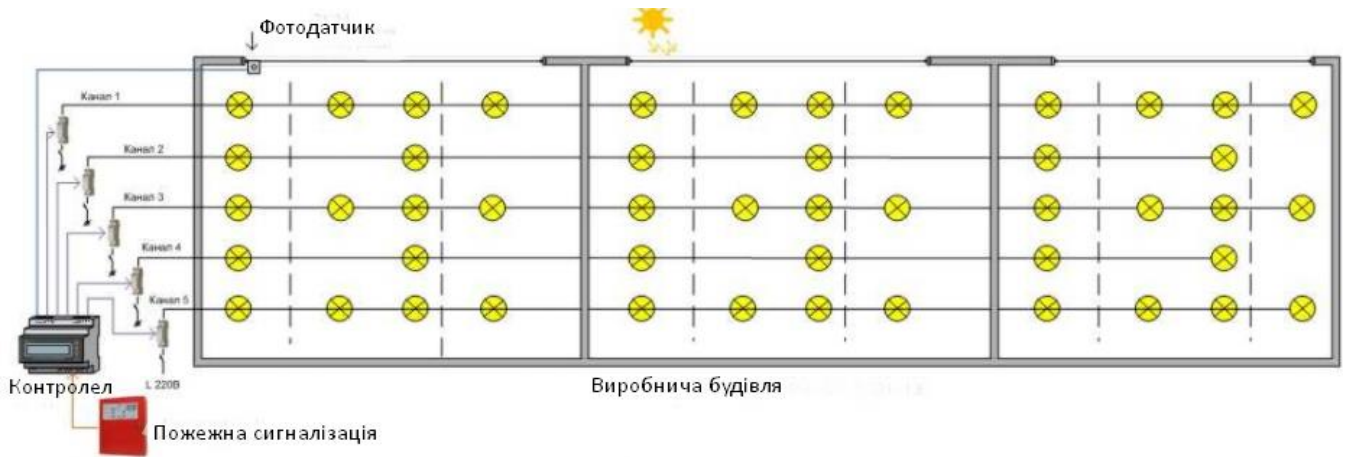
- Запропоновано алгоритм управління автоматизованою системою освітлення в залежності від рівня освітленості і присутності людей в приміщенні за рахунок розподілу адміністративної будівлі на зони і виділення часових інтервалів присутності людей в цих зонах.

Отже, можна вважати, що завдання дипломної роботи виконано в повному обсязі, прийняті рішення – правильні та обґрунтовані. Слід відмітити якість проведених досліджень, використання сучасних досягнень науки, техніки, інформаційних та інженерних технологій.

Викладення матеріалу у дипломній роботі послідовне, логічне та свідчить про вміння автора працювати з науково-технічною літературою, аналізувати теоретичні та практичні відомості. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу відповідає вимогам діючих стандартів.



Кафедра АЕМ				НАУ 20 12 89 003 ТЧ			
				Принцип управління освітленням в місцях тривалого перебування		Літера	Маса
Виконав	Садовський О.М.	Д					
Керівник	Мазур Т.А.						
Н-контр.	Мазур Т.А.			Аркуш	1	Аркушів	69
Зав. каф.	Захарченко В.П.						6



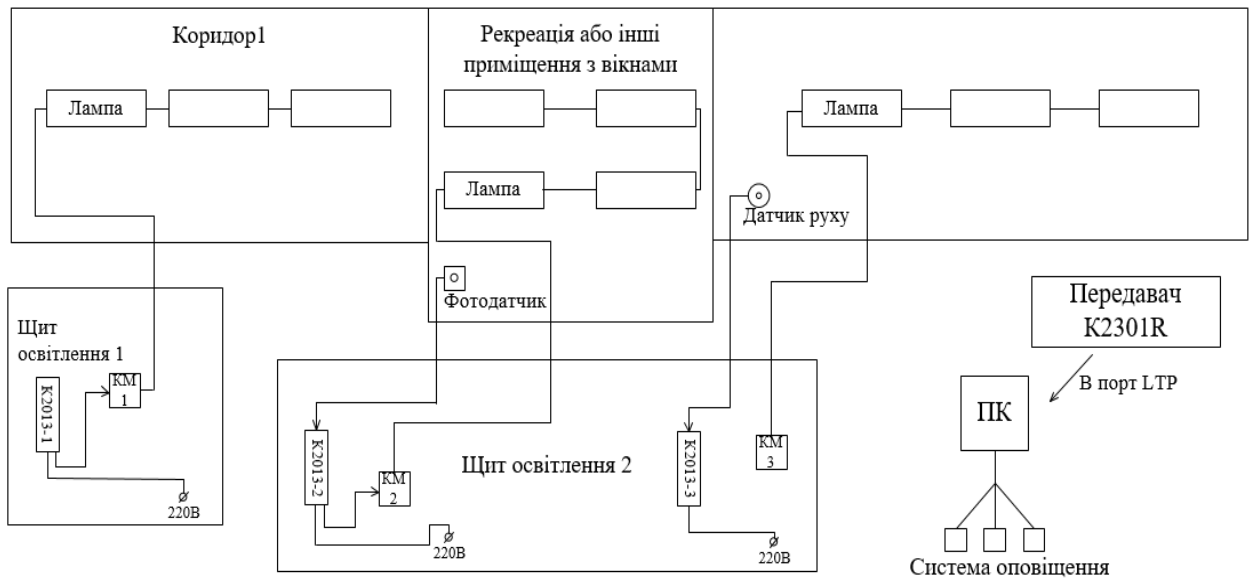
Кафедра АЕМ

НАУ 20 12 89 005 Э1

Структурна схема управління системи освітленням зі світильниками без функції димміювання

Літера	Маса	Маштаб
Д		
Аркуш	1	Аркушів 70 6

Виконав	Садовський О.М.		
Керівник	Мазур Т.А.		
Н-контр.	Мазур Т.А.		
Зав. каф.	Захарченко В.П.		



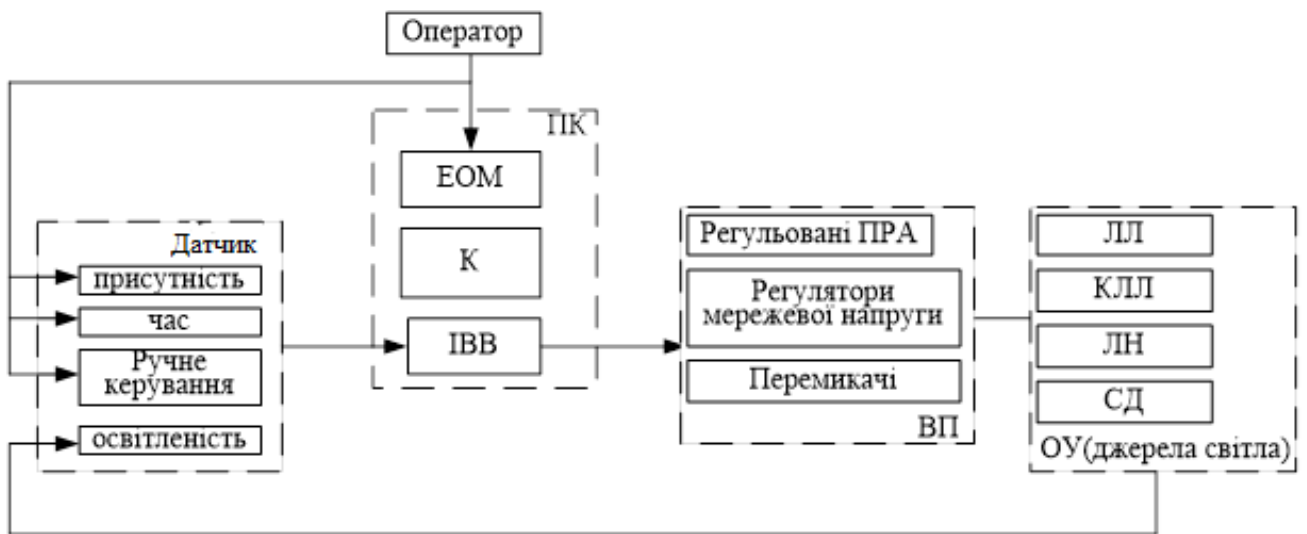
Кафедра АЕМ

НАУ 20 12 89 006 Э1

Структурна схема
бездротової системи
управління освітленням

Літера	Маса	Машгаб
Д		
Аркуш	1	Аркушів 71 6

Виконав	Садовський О.М.		
Керівник	Мазур Т.А.		
Н-контр.	Мазур Т.А.		
Зав. каф.	Захарченко В.П.		



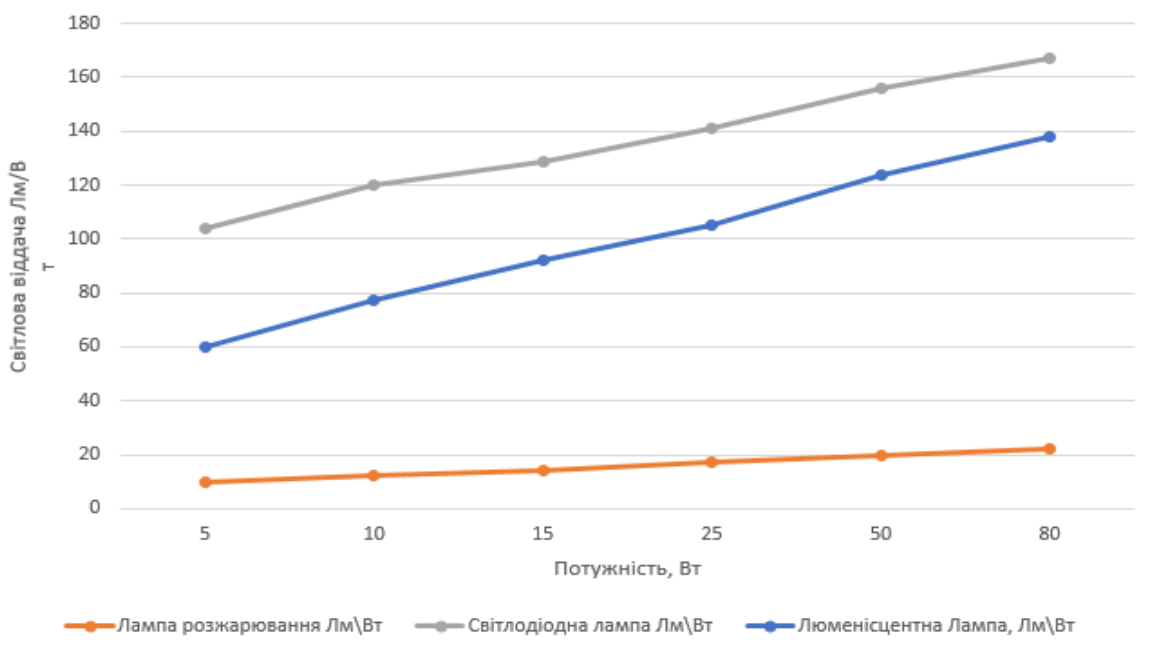
Кафедра АЕМ

НАУ 20 12 89 004 Э1

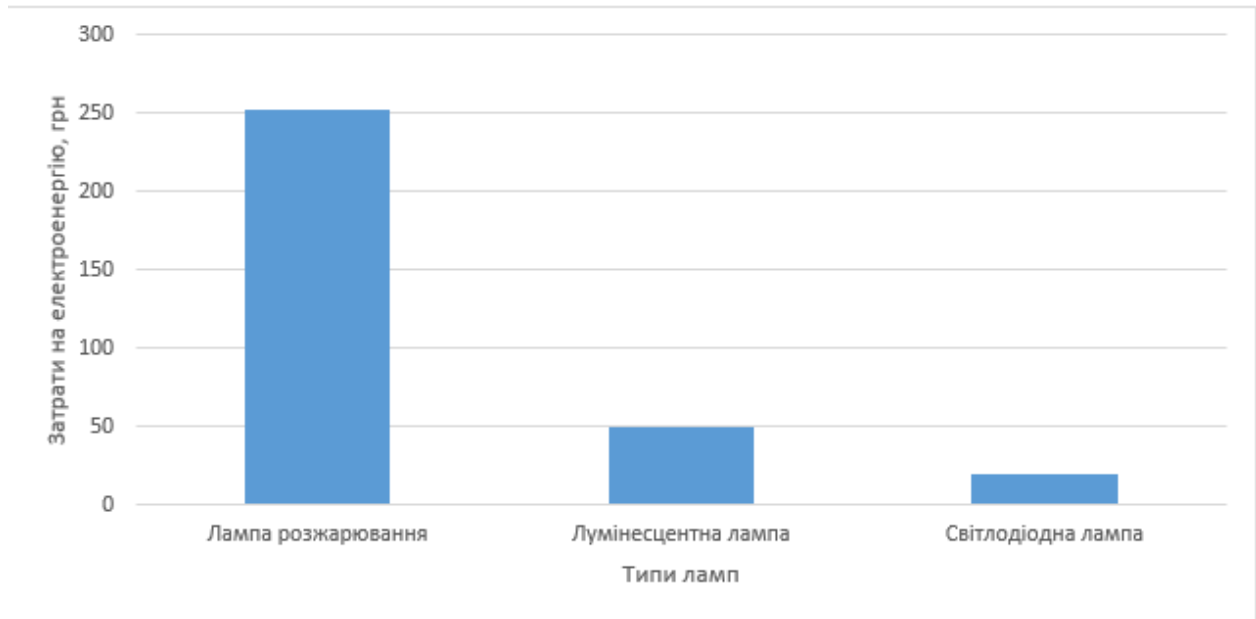
Структурна схема АСУО

Літера	Маса	Маштаб
Д		
Аркуш 1	Аркушів	72

Виконав	Садовський О.М.		
Керівник	Мазур Т.А.		
Н-контр.	Мазур Т.А.		
Зав. каф.	Захарченко В.П.		



Кафедра АЕМ				НАУ 20 12 89 005 ТЧ			
				Ефективність різних типів ламп			
Виконав	Садовський О.М.						
Керівник	Мазур Т.А.					73	
				Аркуш	1	Аркушів	6
Н-контр.	Мазур Т.А.						
Зав. каф.	Захарченко В.П.						



Кафедра АЕМ				НАУ 20 12 89 006 ТЧ			
				Затрати на електроенергію різних типів ламп			
Виконав	Садовський О.М.						
Керівник	Мазур Т.А.			Аркуш	1	Аркушів	74
Н-контр.	Мазур Т.А.						
Зав. каф.	Захарченко В.П.						

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО» Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн. Відокремлений підрозділ. – К.: 2017. – 213с.
2. Андрійчук В.А. Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи. Праці II міжнародної науково-технічної конференції, приуроченої 160-річчю видатного українського фізика, піонера в галузі світлотехніки і електротехніки професора Івана Пулюя. . – Тернопіль.: 2005. – 170с.
3. Економія електроенергії на підприємстві: основні способи. [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eenergy.com.ua/energoefektivnist/ekonomiya-elektroenergiyi-na-pidpryemstvi/> (дата звернення 14.05.20).
4. ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО» Огляд аналітичних робіт міжнародних енергетичних організацій щодо стану та сценаріїв розвитку світової енергетичної сфери з прогнозом інвестування в енергоефективність. Відокремлений підрозділ. – К.: 2018. – 94с.
5. ДБН В.2.5-28:2018 .Природне і штучне освітлення. Технічні норми. – Чинні з 28.02.2019. – К.: 2018. – 133с.
6. Міністерство розвитку громад та території України. Про необхідність впровадження енергоефективних заходів. [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/pro-neobhidnist-vprovadzhennya-energoefektyvnyh-zahodiv-rozlyasnennya-minregionu/> (дата звернення 15.05.20).
7. Безпека праці та промислова санітарія. Навчальний посібник до курсу «Охорони праці»: [К.Н. Ткачук та ін.] – Тернопіль.: 2018. – 213с.
8. Освітлення виробничих приміщень — види промислових світильників [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stolb.com.ua/osvitlennya-virobnichikh-primishchen-vidi-promislovikh-svitilnikiv/> (дата звернення 16.05.20).
9. Ю.Б. Айзенберг, О.В. Малахова. Энергоэффективное освещение. Проблемы и решения. – 2008. № 6 (11) – С.20–27.

10. Оценка и повышение эффективности работы осветительных установок промышленных предприятий: підручник для студентів ВНЗ/[В.А.Анищенко та ін.] – Минск.: 2014. – 217с.
11. Системы автоматического управления освещением зданий[електронний ресурс].– Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html>(дата звернення 18.05.20).
12. Ю.М.Семків, В.А.Андрійчук, В.С.Касаркевич. Світлове забруднення атмосфери: астрономічний аспект проблеми / Журнал «Світло люкс». – 2010.
13. Проблемы перенаселения. Парниковый эффект[електронний ресурс].–Режим доступу: <https://sites.google.com/site/problemiperenaselenna2/parnikovij-efekt>.(дата звернення 1.06.20).
14. Що ми знаємо про добові біоритми[електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-45950536>.(дата звернення 1.06.20).
15. С.Мальченко, М.Слюсаренко. Дослідження світлового забруднення нічного неба. / навч.підруч. «Теоретична фізика та астрономія. ». – 2014. – С.81–85.
16. Ю.М.Семків, В.А.Андрійчук, В.С.Касаркевич. Світлове забруднення атмосфери: астрономічний аспект проблеми / Журнал «Світло люкс». – 2010.
17. The International Dark-Sky Association (IDA) is the recognized authority on light pollution and is the leading organization combating light pollution worldwide. [електронний ресурс].–Режим доступу:<https://www.darksky.org/about/>(дата звернення 1.06.20).
18. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 100-річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100-річчя з дня смерті)/. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 376 с.
19. Математичні моделі світлового забруднення атмосфери[електронний ресурс].– Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/45446/1/knyha-svitlo.pdf>(дата звернення 2.06.20).
20. Ю.М.Семків, В.А.Андрійчук, В.С.Касаркевич. Світлове забруднення атмосфери/ Журнал «Світло люкс». – 2010.

21. С.М. Степаненко. Метеорологія і кліматологія. Навчальний підручник / Під редакцією д.ф.-м.н., професора – Одеса.:2008. – 533 с.
22. Конституція України. Закон України "Про охорону праці" № 49 від 14.10.92. Київ.:1992. – 669 с.
23. С.Трошина. В.Стоєцький. Вимоги пожежної безпеки до електроустановок / Консультант з охорони праці та пожежної безпеки №12, 2017.
24. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/29590_20.html (дата звернення 4.06.20).
25. Лідньов А.О. Інструкція з охорони праці для електромонтера з ремонту і обслуговування електроустаткування. – Київ.:2018– 13 ст.
26. Конституція України. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», № 29. – Київ.:2017– 315 ст.
27. К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями». Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2018. – 56с.
28. Протоколи AMX192 и D54 .[електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://trialight.ru/lighting-control-articles/amx192-and-d54-dimming-protocols.html> (дата звернення 7.06.20).
29. DMX512 Протокол.[електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dmx-512.ru/wiki/dmx_512 (дата звернення 7.06.20).
30. Управление светильниками по протоколу DALI.[електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/321888/> (дата звернення 7.06.20).
31. X10.[електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/X10> (дата звернення 7.06.20).
32. The EIB System for Home & Building Electronics.[електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.eiba.ru/download/eib02> (дата звернення 7.06.20).
33. Системы автоматического управления освещением зданий.[електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html> (дата звернення 7.06.20).

34. Герба І.А., Якімішина В.В. Розробка системи автоматичного керування освітлювальними установками зовнішнього та внутрішнього освітлення на Донецькому електротехнічному заводі. [електронний ресурс].–Режим доступу: <http://masters.donntu.org/2017/etf/gerba/diss/indexu.htm>.(дата звернення 11.06.20).
- 35.Офіційний сайт Schneider Electric[Электронный ресурс].–Режим доступу: <http://www.schneider-electric.com>.(дата звернення 11.06.20).
- 36.Digilux rabbit[Электронныйресурс].–Режим доступу: <https://www.tme.eu/ru/details/rabbit-digilux> (дата звернення 11.06.20).
- 37.Офіційний сайт Siemens [Электронный ресурс].–Режим доступа: <https://www.siemens.com>.(дата звернення 11.06.20).
38. Лихоткин В.С., Родин В.В., Губанов Д.В. Автоматизация управления и контроля освещения общественных зданий.– Саранск.:2016.
- 39.Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення». від 15 жовтня 2012р.№992. Київ.
40. Датчики постоянной освещенности. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <http://intelar.ru/ru/produkcij/datchiki-postoyanno-oshveshhenosti-k2110-k2111/>.(дата звернення 15.06.20).
41. Бабко А.Н., Инютин С.П. Электрическое освещение и энергоэффективность. Учебное пособие. – Астана.:2015 – 376 С.
42. Егоров.М.С. Разработка методики формирования проектных решений при построении системы освещения на основании прогноза электропотребления для повышения энергоэффективности систем электроснабжения. – Москва.:2017 – 212 С.
- 43.Ульянова Т.В. Разработка алгоритмов управления энергосберегающей системы освещения на основе светодиодных осветительных приборов.2015– 12 С.
- 44.Системы управления освещением. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <https://www.k-to.ru/ru/interesting/detail.php?ID=393> (дата звернення 1.07.20).
45. Бомчик О. С, Парамуд Я. С. Комп’ютерна система управління багатоканальними освітлювальними пристроями. – Львів.:2018 – 24 С.