

Автоматична система освітлення території підприємства

Тоценко^f В. О., ORCID [0000-0002-7345-7349](https://orcid.org/0000-0002-7345-7349)

Сарибога^s Г. В., ORCID [0000-0001-8745-3325](https://orcid.org/0000-0001-8745-3325)

Бевза^s О. М., ORCID [0000-0002-0903-1263](https://orcid.org/0000-0002-0903-1263)

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" ROR [00syn5v21](https://orcid.org/00syn5v21)

Київ, Україна

Анотація—Робота присвячена розробці автоматичної системи освітлення території. В роботі розглянуто способи та методи управління вуличним освітленням. Проаналізовано сучасні системи управління, протоколи їх роботи. Як приклад наведено сучасні системи, їхні переваги та недоліки. Була розроблена структурна схема системи керування освітленням прилеглих територій підприємства. Базуючись на розробленій структурній схемі та виходячи з вимог до системи, що розробляється, було обрано компоненти системи.

Ключові слова — мережа; освітлення; автоматизація; контроль; енергозбереження; датчик руху

I. ВСТУП

Мережі вуличного освітлення є суттєвою частиною структури комунального господарства міст, селищ і великих підприємств. Сучасні мережі вуличного освітлення — це енергоємні об'єкти, правильна побудова яких важливо для їх ефективної роботи, раціонального використання і мінімізації втрат енергоресурсів. Впровадження нових технологій автоматизації мереж освітлення дозволяють не тільки вирішувати ці завдання, але також полегшити їх обслуговування та моніторинг.

Сучасні системи автоматизації — це не просто данина моді, вони мають і економічні переваги:

- у автоматичному режимі строго дотримується розклад, тому що виключається вплив людського фактору;
- немає необхідності виїжджати на перевірку включення або відключення освітлення;
- у разі не відключення освітлення не відбувається втрат електроенергії, так як диспетчер оперативно про це сповіщається і вживає відповідних заходів (раніше про невчасне відключення повідомляли через кілька годин громадяни);
- для здійснення технічного обліку енергії немає необхідності виїжджати і знімати показання з лічильників візуально;
- більш надійна система, побудована з сучасних компонентів, вимагає менше витрат на своє обслуговування.

Вуличне освітлення — це штучний спосіб оптичного збільшення видимості на вулиці в темний час доби., який здійснюється за допомогою ламп, які

встановлені на опорах або закріплені на фасаді будинків, та мають змогу вмикатись в темний час доби автоматично, вручну та з диспетчерського пункту.

На практиці при введенні в експлуатацію модернізації з переходом на світлодіодне освітлення потенціал економії електроенергії в більшості систем вуличного освітлення може досягти 60%.

II. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ. ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Сьогодні багато де використовують газорозрядні лампи вуличного освітлення, заповнені парами ртуті або натрію. Однак останнім часом можемо бачити активний перехід на світлодіодні випромінювачі.

В системах дистанційного освітлення використовують різні мережеві протоколи, зазвичай використовуються LonWorks, DMX-512, DALI, DCI. Протокол LonWorks в якості транспортного середовища може використовувати силовий кабель, по якому подається живлення. В даному протоколі визначені методи адресації, маршрутизації та управління. Таким чином також забезпечується енергозбереження, продовження ресурсу ламп і дистанційне керування. Для автоматичного ввімкнення та вимкнення освітлення найчастіше використовують датчики рівня освітленості. Послідовність роботи такої системи дуже проста: при зниженні рівня освітленості, лампи засвічуються, і вимикаються при перевищенні порогу спрацьовування.

З недоліків даної системи є проблеми в калібруванні датчиків, чутливість збудження та неможливість втілення енергозберігаючих алгоритмів роботи.

Одним із ефективних методів є метод автоматичного управління освітлення з використанням графіка

вмикання та вимикання, це реалізується завдяки контролеру, який на підставі дати, дня та часу доби включає або виключає освітлення [1].

Системи автоматичного керування вуличним освітленням зазвичай працюють під управлінням зонального контролера або сервера. Залежно від послідовності управління, контролер формує сигнал, наприклад, включення однієї з груп ліхтарів освітлення. Для передачі даного сигналу використовуються такі засоби:

- мало струмові сигнальні лінії (вита пара);
- радіоканал;
- GSM-сигнал;
- Передачу сигналу по силовому кабелю [2].

Сучасні системи автоматичного керування вуличним освітленням з використанням GSM-модему будують за трирівневою архітектурою:

- блок безпосереднього управління лампою чи групою ламп в ліхтарі вуличного освітлення;
- шафа зонального рівня управління;
- центральний сервер території.

У такій системі будь-яку лампу можна включити або виключити сигналом з центрального сервера. Це досягається застосуванням блоків безпосереднього управління лампою. Розплата за ці зручності — висока вартість апаратної частини.

Система індивідуального управління кожною лампою по GSM-каналі на практиці не застосовується через високу вартість. Тому GSM-канал використовують тільки на рівні зональної шафи управління [3].

Цікавий метод запропонувала корейська фірма Stwol. Замість фотодатчика застосували вбудований GPS-приймач і обчислювальний пристрій. Знаючи координати географічного місця розташування контролера, обчислювач визначає точний час заходу і сходу сонця. Контролер включає висвітлення за 15 хвилин до настання сутінків і вимикає освітлення через 10 хвилин після сходу сонця.

Ще одним яскравим прикладом є автоматизована система керування вуличним освітленням «Геліос».

Автоматизована система керування вуличним освітленням «Геліос» розроблена на базі технічних рішень Інституту високих технологій Білгородського державного університету.

Комплекс «Геліос» забезпечує:

- автоматичне включення і виключення вуличного освітлення відповідно до заданого річним сезонним графіком;
- централізоване оперативне телеуправління включенням і вимиканням освітлення;
- ручне управління режимами освітлення обслуговуючим персоналом;

- автоматичний контроль і діагностику шаф управління вуличним освітленням і програмного забезпечення;
- хронологію надходження команд управління;
- фіксацію стану шаф управління, в тому числі активізацію їх пожежних і дверних датчиків;
- прийом, обробка і зберігання даних інформаційно-вимірювальних приладів [4].

Існують багато інших елементарних систем автоматики, які працюють на датчиках руху, датчики присутності та наближення.

Принцип роботи оснований на відстеженні рівня ІЧ випромінювань в полі зору датчику, при появі людини або іншого об'єкту з температурою більшою ніж температура фону на виході піроелектричного датчику-підвищується напруга. Для виявлення руху використовується оптична система линза Френеля, датчик виявляє тільки зміну ІК фону, тобто нерухомий об'єкт не буде виявлений.

Датчик присутності це один із різновидів датчику руху, який виявляє рух будь-яких об'єктів, у відмінності від простого датчику руху, датчик присутності реагує на всі незначні рухи, але якщо людина не буде робити ніяких рухів датчик припинить реагувати.

Ультразвуковий датчик, використовується якості датчику наближення, для дистанційного виявлення руху різних об'єктів та вимірювання довжини між датчиком та об'єктом. Датчик надсилає ультразвукові хвилі в напрямку об'єкту виявлення, і відбившись від поверхні об'єкта відбита хвиля повертається назад, далі електронна схема проводить розрахунок часу між посланням сигналу та моментом його повернення та розраховує відстань до об'єкту і в залежності від закладеного алгоритму видає команду на ввімкнення або вимкнення освітлення.

III. МЕТА І ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Метою роботи являється створення інтелектуальної системи керування світлодіодного освітлення території підприємства, що має персонал від 1000 до 2000 осіб, і займається виробництвом електроніки.

Система матиме можливість віддаленого моніторингу (отримувати телеметричні дані з кожного світильника окремо), що забезпечить економію електроенергії підприємства, з однієї сторони, та якісний візуальний контроль території підприємства, з іншої.

IV. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Керуючи освітленням в автоматичному або напівавтоматичному режимі, в залежності від присутності, освітленості та часу, ми можемо оптимізувати споживання електроенергії. Наприклад, регулюючи світильники, підтримуючи прийнятне освітлення на території, або вимикати його де його в досталь, або взагалі не потрібне. Це означає, що при тому самому рівні комфорту та безпеки підприємство витратить

набагато менше електроенергії. Для економії електроенергії, автоматичні системи керування освітлення застосовують на самих різних об'єктах:

- складське приміщення;
- автостоянка;
- території підприємств;
- торгові комплекси і т.п.

При розробці автоматичних систем керування дуже важливо враховувати індивідуальні особливості об'єкту.

Завдання, які вирішує система керування освітленням:

- Економія електроенергії;
- Підтримка прийнятного рівня освітленості;
- Групи освітлення на прилеглий території об'єднані в одну систему ;
- Автоматичне або напівавтоматичне керування системою та її диспетчеризація;

Структурна схема системи керування вуличним світлодіодним освітленням показана на Рис. 1.

Система являє собою мережу, вузли якої з'єднані простою цифровою шиною передачі даних DB. Шина цифрових даних може бути провідною, бездротовою або оптичною. Кожен мережевий вузол складається з: датчику руху MSi, світлодіодної лампи LLi, мікроконтролера з вбудованим годинником реального часу MCi, світлочутливого датчика LSi, інтерфейсних блоків IUi.

Система працює наступним чином. Датчик освітленості подає сигнал на вхід мікроконтролера. Коли рівень зовнішнього природного світла знижується менш певного критичного рівня, всі мікроконтролери включають світлодіодні лампи зі зниженим рівнем потужності. Світлочутливі датчики не потрібно встановлювати на кожному вузлі мережі, в кожній локальній системі освітлення. Досить встановити їх на одному або декількох вузлах за умови, що рівень зовнішнього природного освітлення в зоні покриття кожної локальної системи освітлення приблизно однаковий. Дані про рівень зовнішнього природного світла передаються від одного вузла до всіх вузлів мережі за допомогою загальної цифрової шини.

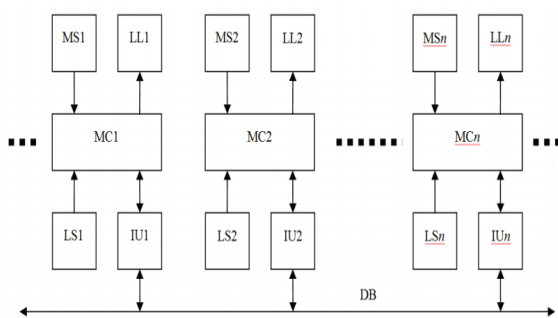


Рис. 1. Структурна схема системи керування зовнішнім світлодіодним освітленням

Коли в зоні обслуговування однієї з локальних освітлювальної системи об'єкта, спрацьовує датчик руху, наприклад датчик 1 руху першого мережевого вузла на Рис. 1. Сигнал датчика руху подається на вхід мікроконтролера MC1, за допомогою якого світлодіодна лампа LL1 переходить в режим підвищеної потужності. Крім того, за допомогою вбудованого мікроконтролера годин реального часу фіксується момент появи у цій зоні. Ця інформація потім передається мікроконтролером MC1 і через інтерфейсний модуль IU1 разом з даним унікальним номером вузла — на всі інші вузли мережі через цифрову шину. Далі, у міру переміщення об'єкта, він входить в зону покриття іншої локальної системи освітлення (інший мережевий вузол), наприклад зону дії датчика MS2 руху другого мережевого вузла на кресленні. За допомогою мікроконтролера MC2 цього вузла мережа за допомогою вбудованого годинника реального часу фіксує момент появи рухомого об'єкту в зоні дії цього вузла [5].

Для систем керування освітленням був обраний МК STM32F103C8T6.

STM32 — це платформа, в основі якої лежать мікроконтролери STMicroelectronics на базі ARM процесора, різні модулі та периферія, а також програмні рішення (IDE) для роботи з апаратним забезпеченням. Рішення на базі stm активно використовуються завдяки продуктивності мікроконтролера, його вдалою архітектурі, малому енергоспоживанню, невеликій ціні. В даний час STM32 складається вже з декількох лінійок для самих різних призначень.

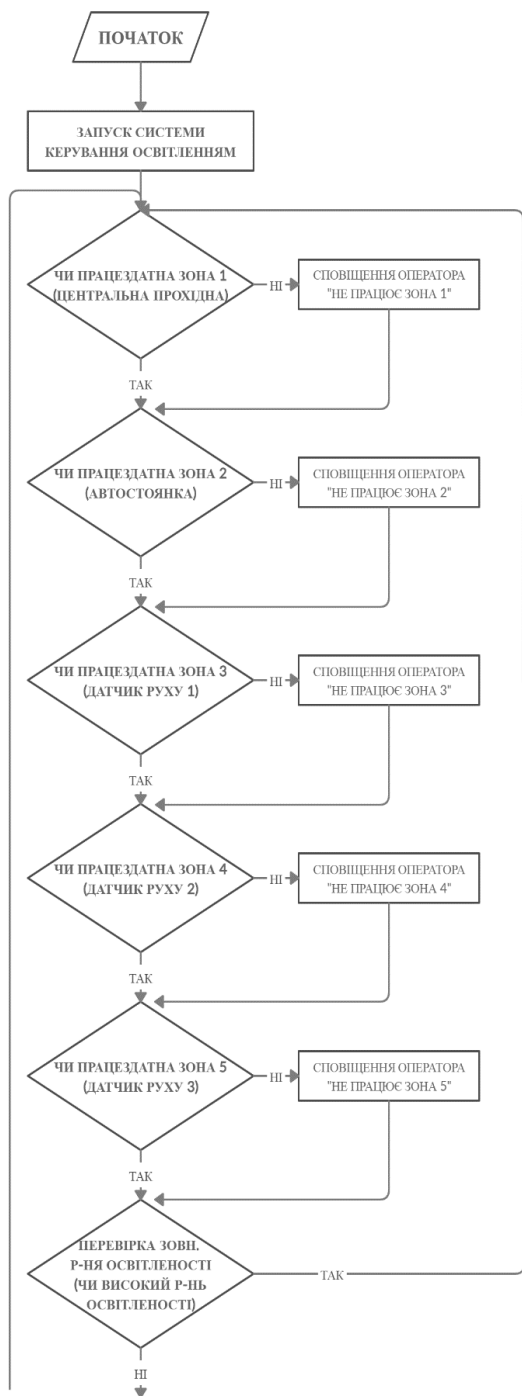
V. ЗРІВНЯННЯ STM32 З ARDUINO

За технічними характеристиками Arduino програє STM32. Тактова частота мікроконтролерів Arduino нижче - 16 МГц проти 72 МГц STM32. Кількість висновків GRIО у STM32 більше. Обсяг пам'яті у STM32 також вище. Не можна не відзначити pin-to-pin сумісність STM32 для заміни одного виробу на інший не потрібно міняти плату. Також для Arduino створені різні шильди і модулі, що розширюють функціонал. Незважаючи на переваги, по співвідношенню ціна/якість виграє STM32. Сімейство мікроконтролерів STM32 відрізняється від своїх конкурентів відмінним поведінкою при температурах від -40С до +80 С. Висока продуктивність не зменшується, на відміну від Arduino. Також можна знайти виробу, що працюють при температурах до 105° С.

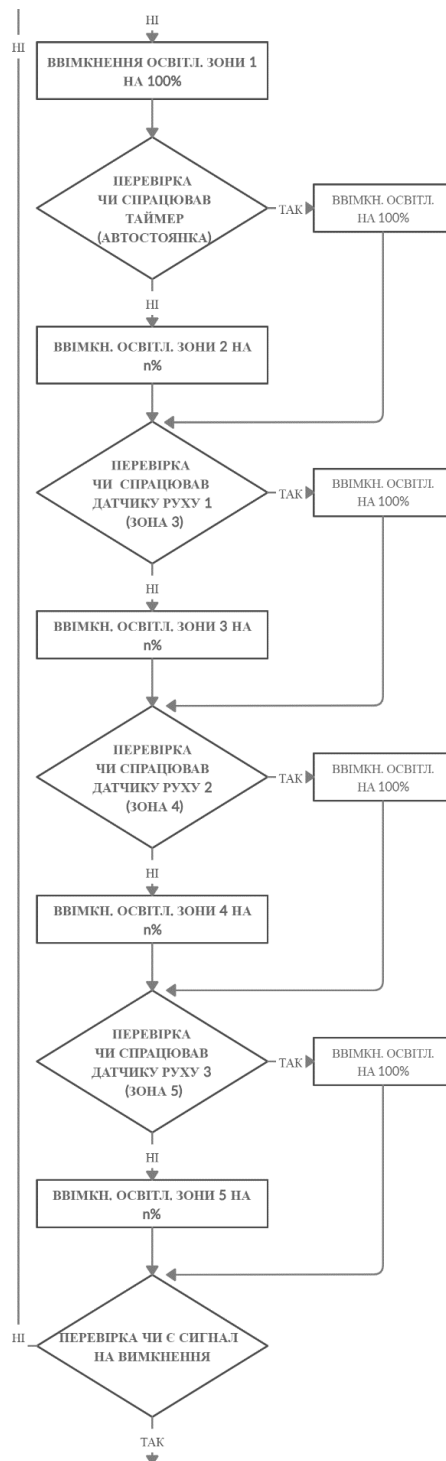
VI. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Опис алгоритму роботи:

1. Початок роботи — запуск системи керування;
2. Послідовна перевірка працездатності освітлення по зонам :
 - 2.1. Зона 1. Центральна прохідна;
 - 2.2. Зона 2. Автостоянка;
 - 2.3. Зона 3. Датчик руху 1;
 - 2.4. Зона 4. Датчик руху 2;



Частина А



Частина Б





Частина В

Рис. 2. Алгоритм роботи системи керування зовнішнім світлодіодним освітленням

- 2.5. Зона 5. Датчик руху 3;
3. Сповіщення оператора у разі відмови зони; (Рис. 2)
4. Перевірка рівня зовнішньої освітленості:
 - 4.1. Рівень високий — повторна діагностика;
 - 4.2. Рівень низький — ввімкнення освітлення території .
5. Встановлення рівня освітлення центральної прохідної на 100%
6. Перевірка таймеру автостоянки
7.
 - 7.1. Таймер спрацював — ввімкнення освітлення автостоянки на 100% ;
 - 7.2. Таймер не спрацював — ввімкнення автостоянки на 50%.

Надійшла до редакції 06 квітня 2020 року

8. Перевірка спрацювання датчику руху 1; датчику руху 2 ; датчику руху 3:

- 8.1. Датчик руху спрацював — ввімкнення освітлення зони на 100%;
- 8.2. Датчик руху не спрацював — ввімкнення освітлення на 50%. (Рис. 2)

9. Перевірка чи є сигнал на вимкнення:

- 9.1. Сигналу відсутній — повернення до пункту 2 опису алгоритму роботи.
- 9.2. Сигнал присутній — відбувається позонально вимкнення освітлення. (Рис. 2)

ВИСНОВОК

Проаналізовано та класифіковано існуючі системи керування освітленням. Розроблена система керування зовнішнім освітленням, дозволяє керувати ним не тільки від рівня зовнішнього освітлення, часу доби, а також зонально керувати рівнем освітленості території в залежності від потреби: переводити її в низький рівень освітленості, так званий черговий режим, якщо нагальної потреби в високому рівні немає, або підвищувати рівень освітленості в разі необхідності. Виходячи з ТЗ був обраний МК з лінійки STM, а саме STM-32 який може виконати всі поставлені операції та відповідає всім вимогам.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Obodinskaja S. K. Automation of electrical equipment and power supply systems; Gomel State Polytechnic College - Gomel. 2007. URL: <https://docplayer.ru/54769210-Avtomatizaciya-elektrooborudovaniya-i-sistem-elektrosnabzheniya.html>
- [2] "Automation of engineering networks. Ways to remotely control street lighting." URL: <http://antrel.ru/node/90>.
- [3] Vstavskaya E. V., Barbasova T. A. "Construction of control systems for complex outdoor lighting systems." Vestnik YUUrGU. Seriya Komp'yuternyye tekhnologii, upravleniye, radioelektronika, no. 23, 2011. URL: <https://dspace.susu.ru/xmlui/handle/0001.74/1818>.
- [4] "ASUNO Helios." URL: <http://helios.su/index.php/2013-02-28-13-27-24/o-sisteme>.
- [5] I. I. Maronchuk, I. V. Shirokov, A. A. Velchenko, and V. I. Mironchuk, "Intelligent LED Lighting System," Energ. Proc. CIS High. Educ. institutions power Eng. Assoc., vol. 61, no. 5, pp. 440–450, Oct. 2018, DOI: [10.21122/1029-7448-2018-61-5-440-450](https://doi.org/10.21122/1029-7448-2018-61-5-440-450).

Automatic System of Illumination of the Territory of the Enterprise

V. O. Totsenko^f, ORCID [0000-0002-7345-7349](https://orcid.org/0000-0002-7345-7349)

H. V. Saryboha^s, ORCID [0000-0001-8745-3325](https://orcid.org/0000-0001-8745-3325)

O. M. Bevza^s, ORCID [0000-0002-0903-1263](https://orcid.org/0000-0002-0903-1263)

National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute" ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—The work is devoted to the development of an intelligent lighting control system for adjacent territories.

Every day more and more popular is the use of led lamps, they are more economical from outdated gas-discharge lamps or incandescent lamps, which are now commonly used. For comparison, a 40W incandescent lamp has a luminous flux of 400 lumens, the same luminous flux has a 5W led lamp. There are many outdoor lighting network management systems that have a wide range of management capabilities.

The most common ones are LonWorks, DMX-512, DALI, DCI. They usually use motion sensors, light sensors, time relays, and other automation elements, each of which has its own advantages and disadvantages. These advantages and disadvantages have been analyzed in terms of application in the system being developed. The main requirements for the system were economic and ease of use. Taking into account these requirements, the existing methods of street lighting management and systems based on them were considered.

A block diagram of the lighting control system for the adjacent territories of the enterprise was developed, which is shown in figure Fig. 1.

The system is a network whose nodes are connected by a simple digital data bus DB. The digital data bus can be wired, wireless, or optical. Each network node consists of: an MSi motion sensor, an LLi led lamp, a microcontroller with a built-in MCi real-time clock, a light-sensitive LSI sensor, and IUI interface blocks. The light-sensitive sensor can be installed in one place, provided that the level of natural light in the coverage area of each local lighting system is approximately the same. When the level of external natural light decreases below a certain critical level, the light-sensitive sensor sends a signal to the microcontroller to turn on the local lighting system, after which each local zone is illuminated with individual specified parameters of the glow power. When the motion sensor is activated in the local area of the lighting system, the lamp switches to high power mode. Thanks to a real-time microcontroller, the moment when an object appears in this zone is recorded. As the object moves, it enters the coverage area of another local lighting system where the network uses a built-in real-time clock to record the moment when the object appears in another zone, this information is transmitted via a digital bus to the system, from which we can determine the direction of movement of the object.

Based on the developed block diagram and based on the requirements for the system being developed, a microcontroller from the STM family was selected. This family of microcontrollers, due to their performance, architecture and low power consumption, is best suited for working with the hardware of the system being developed.

Keywords — power grid; lighting; automation; control; energy saving; motion sensor

