

В результаті експлуатації впродовж 10 днів фотоелектрична система показала відмінний результат із ефективності роботи. Оскільки уся електроенергія вироблена панелями або споживалась навантаженням, або накопичувалася в акумуляторній батареї (рис. 3,б). Саме тому ємність акумуляторної батареї повинна бути не меншою ніж добове електроспоживання.

Список використаних джерел

1. Герега С. Збільшення ефективності використання сонячних панелей / Степан Герега, Вадим Коваль, Ярослав Філюк // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування, 8-9 червня 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – С. 202.

УДК 628.98

СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ РОЗУМНИХ МІСТ

Козак Катерина Миколаївна,
кандидат технічних наук, доцент
Тарасенко Микола Григорович,
доктор технічних наук, професор
Травський Петро Анатолієвич,
студент-магістр
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
E-mail: kozakateryna@gmail.com

У мінливому ландшафті розвитку міст інтеграція інтелектуальних технологій у системи вуличного освітлення стала центральною точкою для підвищення функціональності та ефективності міської інфраструктури. Даний аналіз заглиблюється в трансформаційну роль розумного освітлення в рамках розумних міст, підкреслюючи, як ці системи не тільки освітлюють міське середовище, але й роблять значний внесок у енергозбереження, підвищену безпеку та покращене міське управління.

Статистичні дані, надані джерелами [1, 2], висвітлюють критичний аспект міського енергоспоживання, де приголомшливі 60% електроенергії, призначеної для міських потреб, споживається вуличним освітленням. Це підкріплює нагальну потребу в оптимізованих рішеннях освітлення, які б відповідали високому попиту на енергію, особливо під час роботи вночі. Розумні системи освітлення, які замінюють традиційні лампи розжарювання та люмінесцентні лампи, з'являються як рішення для значного зменшення споживання енергії вже давно. У сучасних системах розумного освітлення використовуються передові технології керування, які включають як дротові, так і бездротові мережі, завдяки чому можна регулювати освітлення на основі даних про навколишнє середовище та інфраструктуру в реальному часі. Ця здатність динамічно контролювати інтенсивність світловипромінювання не тільки зменшує непотрібне споживання електроенергії, але й подовжує термін служби освітлювальних пристроїв, таким чином забезпечуючи подвійну вигоду – зниження витрат на експлуатацію та обслуговування.

В основі переходу до розумних систем вуличного освітлення лежить парадигма Інтернету речей (IoT), яка запроваджує більш взаємопов'язаний і керований даними підхід до міського управління. Відповідно до [3], IoT включає різноманітні пристрої, вбудовані в датчики та комунікаційні технології, такі як WiFi, GSM та ZigBee, які полегшують обмін даними через Інтернет. Це підключення має вирішальне значення для впровадження інтелектуальних систем освітлення, оскільки воно дозволяє дистанційно керувати та оптимізувати освітлення на основі вичерпних міських даних. Наприклад, датчики можуть

визначати рівень навколишнього освітлення, наявність пішоходів або транспортних засобів і навіть погодні умови, відповідно регулюючи освітлення для забезпечення оптимальної видимості та споживання енергії. Це не тільки підвищує енергоефективність системи освітлення, але й забезпечує належне освітлення міських просторів, коли це необхідно, підвищуючи безпеку для мешканців міста. Так, до прикладу, розумна інфраструктура підкреслює наявність так званого розумного стовпа, тобто ліхтаря вуличного освітлення, який в основному складається з пристрою локального керування, відеокамери та обчислювального блоку для обробки відео, датчиків погоди, пристроїв зв'язку та світлодіодних ламп. Розумні стовпи можуть обмінюватися даними (командами керування та запитамі інформації) між собою та через шлюз із веб-додатком дистанційного керування. Режими роботи смарт-стовпів можна підсумувати таким чином:

- *денний час* — увімкнено лише функції моніторингу дорожнього руху: усі дані про дорожній рух витягуються в режимі реального часу за допомогою обробки відео та спільно з веб-додатком.

- *нічний час* — усі інтелектуальні функції ввімкнено, а димерування світлодіодної лампи (окремої/групи) виконується на основі присутності транспортних засобів або пішоходів у контрольованій зоні (сегмент вулиці, перехрестя, площа тощо). Зокрема, якщо в контрольованій зоні не виявлено присутності транспортних засобів/пішоходів, інтенсивність світлодіодного світла підтримується на мінімальному значенні, передбаченому правилами вуличного освітлення. В іншому випадку, якщо виявлено присутність, інтенсивність світлодіодного світла збільшується до найбільш прийняттого значення для контрольованої зони. Таким чином, можна досягти величезної економії енергії, коли трафік відсутній протягом тривалого періоду в нічний час.

- *надзвичайний стан* за замовчуванням без відмов — якщо через втрату з'єднання або пошкодження компонента інтелектуальна система освітлення виходить з ладу, активується умова за замовчуванням, щоб запобігти загальній безпеці. У цьому стані всі розумні функції вимкнено, і система працює як традиційна непідключена система освітлення.

З огляду на це зрозуміло, що інтелектуальність інфраструктури досягається такими основними кроками: 1. Виявлення присутності транспортних засобів і пішоходів у контрольованій зоні; 2. Модуляція яскравості ламп як функція щоденних годин присутності та погодних умов (світлість навколишнього середовища, дощ, туман тощо); 3. Забезпечення, за будь-яких умов експлуатації, достатнього рівня яскравості відповідно до національного/регіонального стандарту; 4. Обмін інформацією та сповіщення станції дистанційного керування та контролю тощо [4].

Незважаючи на безумовні переваги, розгортання інтелектуальних систем освітлення з підтримкою Інтернету речей стикається зі значними проблемами. Початкові інвестиційні витрати на такі передові системи можуть бути надто високими, створюючи перешкоду для їх широкого впровадження. Крім того, необхідно, щоб містобудівники та політики розуміли та відстоювали довгострокові переваги, які пропонують ці системи з точки зору економії коштів та впливу на навколишнє середовище. До того ж, вибір відповідної комунікаційної технології має вирішальне значення для ефективного впровадження IoT у вуличне освітлення. У той час як технології малого радіусу дії, такі як WiFi, є енергоємними і не підходять для додатків із низьким споживанням енергії, а технології великого радіусу дії, такі як GSM, є надто дорогими. У цьому контексті глобальні мережі з низьким енергоспоживанням (LP-WAN), такі як пристрої LoRa та NB, забезпечують збалансоване рішення з низьким споживанням енергії та можливостями дальньої дії, придатними для міських додатків.

Майбутнє інтелектуального освітлення в міській забудові виглядає багатообіцяючим з постійним прогресом технологій і зростаючим усвідомленням потреб сталого розвитку. Інтеграція розумного освітлення з іншими системами управління містом може призвести до більш комплексних рішень розвитку розумного міста, які можуть охоплювати управління енергією, контроль руху, моніторинг навколишнього середовища тощо. Крім того, адаптивні системи освітлення, являють собою значний прогрес у цій галузі, з потенціалом зниження

споживання енергії до 88% порівняно з традиційними системами. Такі системи регулюють освітлення на основі фактичних міських потреб, використовуючи інформацію про дорожній рух і погоду для оптимізації графіків та інтенсивності освітлення, тим самим зменшуючи витрати енергії та сприяючи загальній стійкості міського середовища. Підсумовуючи можна сказати, що інтелектуальні системи вуличного освітлення втілюють важливий прогрес у розвитку розумних міст. Завдяки використанню потужності Інтернету речей та інноваційних технологій керування, ці системи не лише забезпечують значну економію енергії, але й покращують життєдіяльність та управління у містах, прокладаючи шлях до більш стійкого та сталого міського майбутнього.

Список використаних джерел

1. Palumbo, M.L. *Architettura Produttiva: Principi di Progettazione Ecologica*; Maggioli Editore: Milan, Italy, 2012; ISBN 978-88-387-6849-8.
2. Jagadeesha, Y.M.; Akilesha, S.; Karthika, S. Prasantha, *Intelligent Street Lights*. *Procedia Technol.* 2015, 21, 547–551. [CrossRef].
3. Dudhe, P.V.; Kadam, N.V.; Hushangabade, R.M.; Deshmukh, M.S. *Internet of Things (IOT): An overview and its applications*. In *Proceedings of the 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, Chennai, India, 1–2 August 2017.
5. Fortino, G.; Gravina, R.; Galzarano, S. *Wearable Computing: From Modeling to Implementation of Wearable Systems Based on Body Sensor Networks*; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2018; ISBN 9781119078821.

УДК 628.98

DIGITAL TWIN АРХІТЕКТУРА ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ОСВІТЛЕННЯ В КОНТЕКСТІ ІНТЕРФЕЙСУ ІНДУСТРІЇ 4.0

Колесник Анастасія Ігорівна,

кандидат технічних наук

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

E-mail: Anastasia.Kolesnyk@kname.edu.ua

Ми рухаємося до цифрової подвійної архітектури для освітлювальної промисловості, як описано в цій статті [1], яка представляє орієнтацію освітлювальної техніки засновану на архітектурі Digital Twin (DT) для освітлювальної промисловості, інтегруючи симульовані моделі, аналітику даних і візуалізацію, що представляє вигляд світильників. У цій же статті пропонується повне визначення цифрового двійника загалом, а також для освітлювальної промисловості; «DT» – це віртуальне представлення фізичного об'єкта, процесу або системи, що містить цифровий аналог його невід'ємної частини в реальному світі. Він фіксує властивості, поведінку та характеристики фізичної сутності в режимі реального часу, полегшуючи обмін даними та взаємодію між віртуальними та фізичними компонентами. Складаючись із трьох фундаментальних компонентів: фізичної сутності, віртуальної моделі та з'єднання, що забезпечує обмін даними, DT працюють на загальну мету – надання цінної інформації, уможливлення прогнозованого аналізу, полегшення оптимізації та підтримки прийняття рішень у всьому циклі життя фізичного об'єкта чи системи.

Проект [2] отримав фінансування від спільного підприємства ECSEL (JU) згідно з грантовою угодою. В цьому проекті вказується на правильність визначення налаштування та підібраний цифровий двійник світильника, що є критично важливим, враховуючи різноманітність умов, яким вони піддаються. Перелік цих налаштувань наступні: екологічні параметри (температура, вологість); умови роботи (напруга, затемнення, цикли увімкнення/вимкнення); фактори терміну роботи (критичні збої в електроживленні та якості електроенергії, ефекти старіння, зміна кольору, залишковий світловий потік)