

УДК 621.311

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ
INTELLIGENT LIGHTING CONTROL SYSTEMS**

Е.С. Бондарчук

Научный руководитель – Т.М. Жуковская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

E.S. Bondarchuk

Supervisor – T.M. Zhukovskaya

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: в статье отражены современные системы управления освещением, их принципы функционирования, классификация и области применения. Особое внимание уделено интеллектуальным и автоматизированным системам, позволяющим повысить энергоэффективность, удобство эксплуатации и безопасности объектов.

Abstract: the article reflects modern lighting control systems, their principles of operation, classification and areas of application. Particular attention is paid to intelligent and automated systems that allow to increase energy efficiency, ease of operation and safety of facilities.

Ключевые слова: освещение, системы управления, автоматизация, энергоэффективность, интеллектуальное освещение.

Keywords: lighting, control systems, automation, energy efficiency, intelligent lighting.

Введение

Быстрое развитие технологий в сочетании с увеличивающимися энергозатратами увеличивает требования к энергоэффективности, автоматизации и комфорту. Интеллектуальные системы управления освещением становятся неотъемлемой частью современной инфраструктуры. Это совокупность технических и программных решений, предназначенных для управления осветительными приборами с учетом внешних и внутренних факторов.

Системы управления освещением могут автоматически регулировать интенсивность светового потока в зависимости от времени суток, наличия людей, уровня естественного освещения и различных сценариев использования. Это позволяет снизить потребление электроэнергии, продлевать срок эксплуатации осветительных приборов, а также повышать уровень комфорта и безопасности персонала.

Энергоэффективность и экономическая целесообразность автоматизированных систем

Привычные осветительные приборы потребляют много электроэнергии, требуют частого обслуживания и не позволяют гибко управлять освещением. Системы управления освещением на основе светодиодных технологий и автоматизированных протоколов, таких как DALI, KNX, BACnet и других, решают эти проблемы.

Автоматизированные системы управления освещением имеют ряд преимуществ [1,2,4]:

1. Экономия электроэнергии. Адаптивное управление освещением (автоматическое включение/выключение) позволяет сократить потребление электроэнергии на 30–60%.
2. Увеличение срока службы светильников. Управление яркостью уменьшает износ светодиодных ламп, что сокращает затраты на замену оборудования.
3. Гибкость и масштабируемость. Возможность объединения с системами управления зданием, датчиками движения и освещенности, таймерами и другими интеллектуальными модулями.
4. Снижение человеческого фактора. Автоматизированное управление устраняет необходимость в действиях персонала.

Основные принципы работы систем управления освещением

Системы управления освещением работают на основе принципов:

1. Адаптивность. Освещение автоматически регулируется в зависимости от изменений окружающей среды с помощью датчиков освещенности, движения и присутствия.
2. Централизованное и локальное управление. Системой можно управлять как из диспетчерской, так и через индивидуальные контроллеры или мобильные приложения.
3. Автоматизация. Возможность автоматического регулирования освещения по заданным сценариям, например, снижать яркость в ночное время или включаться при обнаружении движения.
4. Энергоэффективность. За счет автоматического отключения ненужных светильников и регулирования цветовой температуры затраты на электроэнергию снижаются.
5. Интеграция с другими системами. Системы освещения могут быть частью общей системы управления зданием, взаимодействуя с отоплением, вентиляцией, кондиционированием и системами безопасности.

Современные интеллектуальные системы освещения включают в себя компоненты:

1. Источники света – современные системы используют светодиодные источники света, обеспечивающие более долгий срок службы и возможность диммирования.
2. Датчики и сенсоры – позволяют системе реагировать на изменения окружающей среды. К ним относятся датчики движения и присутствия, датчики освещенности, датчики температуры и цвета.
3. Контроллеры и шлюзы – обрабатывают информацию от датчиков и отправляют команды светильникам. Например, в системе DALI контроллер управляет светильниками, задавая нужную яркость и сценарии работы.
4. Панели управления и интерфейсы – позволяют вручную регулировать освещение через кнопочные панели, сенсорные экраны или мобильные приложения.

5. Программное обеспечение – благодаря ним создаются сценарии освещения, система интегрируется с другими элементами автоматизации здания.

Классификация систем управления освещением

Системы управления освещением могут классифицироваться по разным параметрам: уровню автоматизации, способом управления, методом передачи данных и области применения. Такое разделение помогает определить подходы для конкретных объектов, включая промышленные предприятия [3, 4, 5].

По уровню автоматизации системы освещения можно разделить на:

1. **Ручные системы управления.** В таких системах освещение включается и выключается вручную с помощью обычных выключателей, кнопочных панелей управления, дистанционных пультов.

Ручное управление является простым и дешевым решением, но на крупных производствах, где требуется постоянное участия человека, оно неэффективно.

2. **Полуавтоматические системы.** В этих системах управление освещением частично автоматизировано, но требует человеческого вмешательства для настройки или изменения режима работы. К таким системам относятся, например, таймерные системы, включающие или выключающие свет по заданному расписанию, датчики движения, активирующие освещение при обнаружении человека, но не регулируют уровень освещенности.

3. **Полностью автоматизированные системы.** Данные системы управления работают без постоянного вмешательства человека. Они способны регулировать освещение в зависимости от времени суток, присутствия людей, уровня естественного освещения и других факторов. К ним относятся системы на базе **DALI**, **KNX** или **BACnet**, способные управлять каждым светильником индивидуально, автоматическое диммирование света.

Системы освещения также различаются по методу контроля над светильниками [6]:

1. **Локальное управление.** Освещение регулируется в пределах отдельной зоны, здания или объекта, например, промышленные цеха, где каждая линия освещения управляется отдельно. Такие системы просты в реализации, но не позволяют централизованно контролировать освещение на крупных объектах.

2. **Централизованное управление.** Все светильники и группы освещения объединены в единую систему, управляемую из единого центра или через программное обеспечение. Это позволяет контролировать освещение на всего предприятия, своевременно изменять параметры освещения в зависимости от потребностей, интегрировать освещение с другими системами автоматизации.

3. **Распределенное управление.** Система сочетает локальное и централизованное управление, например, рабочие места персонала могут регулироваться локально, но общая система освещения цеха управляется централизованно.

Распределенные системы наиболее гибкие и позволяют сочетать преимущества обоих подходов.

Передача данных в системах управления освещением может осуществляться как с использованием проводных, так и беспроводных технологий:

1. Проводные системы передают сигналы между компонентами с помощью кабелей. К ним относятся **DALI** (цифровой адресный интерфейс управления освещением), **KNX** (универсальная система автоматизации зданий, включая управление освещением), **BACnet** (система управления инженерными системами зданий, включающая управление освещением).

Преимущества проводных систем: высокая надежность и защита от помех, отсутствие задержек в передаче команд, возможность реализации сложных сценариев освещения.

Недостатки: высокая стоимость прокладки кабелей, ограниченная гибкость.

2. Беспроводные системы. Данные системы используют радиочастоты для передачи данных между устройствами. Основными беспроводными системами являются ZigBee (популярная система для умных зданий), Wi-Fi (удобна для интеграции с корпоративными сетями), Bluetooth Mesh (организует сеть датчиков и светильников без проводов).

Системы управления освещением применяются в различных сферах:

1. Промышленные предприятия (заводы, фабрики, складские комплексы);
2. Коммерческие здания (офисы, торговые центры, гостиницы);
3. Жилые здания (квартиры, частные дома, многоквартирные комплексы);
4. Городская инфраструктура (уличное освещение, парковки, транспортные узлы).

Системы управления освещением

Современные системы управления освещением используют различные технологии и протоколы для автоматического управления светильниками. Выбор технологии зависит от требований к системе, типа объекта, масштаба установки и бюджета. В этом разделе представлены основные технологии, используемые в системах управления освещением, такие как DALI, KNX, BACnet, ZigBee, Wi-Fi и Bluetooth Mesh [7, 8, 9].

DALI является одной из самых распространенных систем для управления освещением. Она специально разработана для работы со светодиодными, люминесцентными и другими типами светильников.

Ключевые особенности DALI:

1. **Адресное управление.** Возможность отдельного контроля каждого светильника.
2. **Диммирование.** Возможность изменять яркость светильников.
3. **Создание групп и сценариев.** Позволяет объединять светильники в группы и программировать режимы освещения.
4. **Двусторонняя связь** – система, помимо передачи сигнала, получает обратную связь (например, об ошибках или состоянии светильников).
5. **Энергоэффективность.** Способность снижения потребления электроэнергии за счет точной настройки уровней освещенности.

В промышленности DALI дали может применяться в производственных цехах, где требуется гибкое управление освещением, складских помещениях с автоматизированной системой освещения, административных зданиях и офисные помещения предприятий.

KNX – это международный стандарт автоматизированного управления зданиями, включающий освещение, климат-контроль, безопасность и другие инженерные системы.

Основные характеристики KNX:

1. **Гибкость** – возможность интеграции освещения с другими системами автоматизации управления.
2. **Модульность** – возможность устанавливать новые устройства без дополнительной модернизации системы.
3. **Работа с различными типами датчиков** (освещенности, движения, температуры).
4. **Высокая надежность и стабильность работы.**

KNX может быть применена в коммерческих и промышленных объектах, где требуется комплексная автоматизация, административных зданиях и центрах управления, высокотехнологичных производственных предприятий.

BACnet – это протокол автоматизированного управления зданиями, охватывающий освещение, вентиляцию, кондиционирование и другие системы.

Особенности BACnet:

1. **Интеграция с BMS (Building Management System)** дает возможность объединения освещения с другими системами управления зданием.
2. **Широкий выбор поддерживаемых устройств**, от датчиков освещенности до контроллеров вентиляции.
3. **Высокая надежность и безотказность.**

BACnet используется на крупных промышленных предприятиях, где требуется централизованное управление инженерными системами, в системах умных зданий (smartbuilding), объектах с высокими требованиями к энергоэффективности.

ZigBee – это беспроводной энергоэффективный протокол, который используется в системах умного освещения.

Особенности ZigBee:

1. **Сетевой принцип работы (mesh-сеть)** – устройства могут передавать сигнал друг через друга, обеспечивая стабильную связь.
2. **Низкое энергопотребление**, что подходящее для автономных датчиков и беспроводных светильников.
3. **Возможность создание коллективной сети между подключенным устройствами, облегчающая связь между ними и облачными сервисами.**

ZigBee применяется для управления освещением в офисных зданиях и бизнес-центры, производственных помещениях с распределенной системой освещения, умных домах и жилых комплексах.

Wi-Fi активно используется в системах освещения, особенно в коммерческих и бытовых решениях.

Преимущества Wi-Fi:

1. **Широкая совместимость.** Позволяет легко интегрироваться с существующей сетевой **Высокая скорость передачи данных.**
2. инфраструктурой.
3. **Удаленное управление.** Дает возможность настройки освещения через мобильные приложения.

Недостатки:

1. **Высокое энергопотребление,** поскольку требует постоянного питания.
2. **Зависимость от сети Wi-Fi** – при сбоях в работе сети освещение может функционировать нестабильно.

Применяется Wi-Fi система на малых и средних предприятиях, офисных зданиях и магазинах, частных дома и квартирах [10].

Bluetooth Mesh создает распределенные сети управления освещением.

Из основных особенностей выделяются:

1. Работа без центрального контроллера: каждый узел в сети может передавать команды другим.
2. Низкое энергопотребление: хорошо для беспроводных светильников и датчиков с автономным питанием.
3. **Высокая масштабируемость** – позволяет легко расширять сеть освещения.

Заключение

Системы управления освещением активно применяются в инфраструктуре «Умного дома», «Умного города», промышленных комплексов, коммерческой недвижимости. Это делает данное направление крайне перспективным. Развитие интернета, искусственного интеллекта и облачных технологий постоянно расширяет функционал таких систем и делает их более доступными для конечных пользователей.

Интеллектуальные системы управления освещением являются ярким примером использования современных технологий для достижения комфорта, безопасности и энергоэффективности. В общем виде они подразумевают автоматизацию процессов освещения с последующим снижением затрат на электроэнергию, а затем рациональное использование ресурсов для создания благоприятных условий жизнедеятельности человека как в частных, так и в общественных и промышленных помещениях.

Таким образом, интеллектуальные системы освещения — это важный шаг на пути к построению устойчивого, энергоэффективного и комфортного будущего.

Литература

1. DALI Alliance: [сайт]. – URL: <https://www.dali-alliance.org/> (дата обращения 23.03.2025).
2. DALI диммирование и его применение в освещении внутри и снаружи помещений: [сайт]. – URL: <https://goo.su/zmD8> (дата обращения 23.03.2025).
3. Описания и отличия протоколов DALI И DALI 2: [сайт]. – URL: <https://goo.su/z45Uks> (дата обращения 23.03.2025)