

УДК 621.311

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ DALI НА ПРИМЕРЕ ПРО- МЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА DALI LIGHTING CONTROL SYSTEM IN AN INDUSTRIAL FACILITY

Е.С. Бондарчук

Научный руководитель – Т.М. Жуковская, преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

E.S. Bondarchuk

Supervisor – T.M. Zhukovskaya, Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: В статье рассматривается использование системы управления освещением через протокол DALI на примере промышленного объекта. Рассмотрены архитектура системы, принципы взаимосвязи её компонентов, возможности группового и индивидуального управления светильниками. Уделено внимание вопросам энергоэффективности, гибкости и надежности системы DALI при использовании на промышленных предприятиях. Приведен пример внедрения протокола, его преимущества и недостатки.

Abstract: The article considers the use of lighting control system via DALI protocol on the example of an industrial facility. The architecture of the system, the principles of interconnection of its components, the possibilities of group and individual control of luminaires are considered. Attention is paid to the issues of energy efficiency, flexibility and reliability of the DALI system when used at industrial enterprises. An example of protocol implementation, its advantages and disadvantages are given.

Ключевые слова: Управление освещением, автоматизация, датчики, энергоэффективность, DALI, диммирование.

Keywords: Lighting control, automation, sensors, energy efficiency, DALI, dimming.

Введение

В настоящее время промышленными предприятиями предъявляются жесткие требования к системам освещения. Такие системы должны предоставлять условия для обеспечения безопасных и комфортных условий труда, соответствовать нормативным требованиям, быть энергоэффективными и понятными в эксплуатации. Благодаря стремительному развитию автоматизации и цифровизации смену устоявшимся системам освещения появились интеллектуальные системы управления, обеспечивающие более эффективное энергопотребление, гибкое управление освещением, интеграцию с другими системами управления.

Перспективным и эффективным решением в этой области станет использование протокола Digital Addressable Lighting Interface, позволяющего осуществлять скоординированное и персональное управление осветительными приборами, обеспечивая гибкость, точность управления и экономию энергии. Широкое применение система DALI получила благодаря своей совместимости, адаптивности и возможности интеграции с системами управления зданием.

Использование интеллектуальных систем управления освещением DALI не только экономит затраты на электроэнергию, но и повышает комфорт и безопасность персонала, а также упрощает обслуживание осветительных установок. В условиях неуклонного роста цен на энергоносители и ужесточения экологической политики использование таких систем оказывается экономически целесообразным и, более того, стратегически выгодным для промышленных предприятий.

Общие характеристики протокола DALI

1. Адресное управление. Главной особенностью протокола DALI является адресное управление. Каждому устройству, подключенному к системе, назначается уникальный адрес, что позволяет осуществлять индивидуальное управление, а не только групповое.

2. Двухпроводная связь. Это протокол DALI, основанный на использовании двух проводов, что значительно упрощает установку и эксплуатацию системы. Проводка предназначена для передачи данных и электроэнергии, поэтому она становится экономичной за счет снижения затрат на провода и более гибкая при установке системы.

3. Два направления связи. Это означает, что контроллер может не только управлять устройствами, но и получать данные об их состоянии обратно в систему.

4. Поддержка диммирования и управления яркостью. Протокол DALI предоставляет высокоточное диммирование светильников, позволяя регулировать освещение в зависимости от условий, времени суток, уровня естественного освещения или конкретных эксплуатационных требований. Управление яркостью может быть выполнено с точностью до одного процента от максимальной, что позволяет настраивать освещение в помещениях в зависимости от требований

Принцип адресации и обмена данными

Протокол DALI основан на двухсторонней связи, что обеспечивает обмен данными как от контроллера к устройству, так и в обратном направлении.

Это позволяет не только отправлять команды на управление, но и получать информацию о состоянии системы, например, контроллер может отправлять команды для включения, выключения, диммирования или изменения настроек устройства, а устройства – передавать информацию о своем состоянии, такую как яркость, работоспособность или неисправности.

Возможность получения данных о состоянии устройства позволяет производить своевременную диагностику системы и быстро устранять неисправности.

Чтобы система определила устройство, которым необходимо управлять, или откуда получать информацию, в системе DALI каждому светильнику, датчику, контроллеру или шлюзу присваивается уникальный адрес. В системе DALI каждому устройству может быть присвоен адрес в диапазоне от 0 до 63. Таким образом, к одной линии можно подключить до 64 устройств, однако это число можно увеличить с помощью использования большего количества устройств управления или расширенных версий протокола.

Каждый светильник может иметь свой собственный уникальный адрес, например, на рабочем месте он будет иметь свой индивидуальный адрес, что поз-

волит управлять светильниками отдельно. Устройства, также, могут образовывать группы, что позволяет нескольким устройствам получать команды одновременно, например, группу можно настроить для освещения в общем проходе и все светильники, размещенные в этой области, будут включены [1].

Протокол DALI использует команды для управления устройствами и обменом данных, например:

1. Команды включения/выключения, предназначенные для управления состоянием устройств.
2. Считывание параметров, что позволяет получать информацию об устройстве, такие как текущая яркость, температура или состояние неисправности.
3. Режимы работы, включающие команды, которые управляют работой устройства, например, переключение между различными сценариями освещения.

Элементы системы DALI.

Одним из главных элементов системы являются светильники, которые выполняются как в виде простых ламп, так и более сложными устройствами с дополнительными функциями, такими как диммирование, изменение цвета и температуры света. Светильники с диммированием обеспечивают регулировку яркости в пределах от 0 до 100 процентов, позволяя создавать приемлемые условия работы и экономить электроэнергию, а светильники с изменением цветовой температуры могут быть полезны в производственных помещениях, где требуется настройка освещенности для работ разного класса точности.

Для повышения энергоэффективности и удобства эксплуатации в систему DALI часто включаются различные датчики движения, которые обнаруживают присутствие людей в помещении и автоматически включают или отключают свет, или освещенности, изменяющие уровень естественного света в помещении, что позволяет автоматически регулировать яркость искусственного освещения. Контроллеры DALI выполняют роль центрального звена системы управления. Они обеспечивают взаимодействие различных устройств и системы. Контроллеры могут быть встроены в панели управления, интерфейсы пользователя или интегрированы в более масштабные системы автоматизации зданий. Контроллеры могут быть сетевыми или локальными. В крупных промышленных объектах часто используется централизованная система управления, объединяющая несколько контроллеров и взаимодействующая с другими системами.

К основным функциям контроллера относятся управление всеми подключенными устройствами через уникальные адреса, программирование сценариями освещения, мониторинг и диагностика состоянием устройств, интеграция с другими системами.

Для удобства управления системы DALI могут быть оснащены панелями управления или интерфейсами, что позволяет регулировать освещенность в зависимости от условий или потребностей, контролировать параметры энергопотребления и оптимизировать работу системы.

Датчики времени. Датчики времени используются для автоматического управления освещением в зависимости от времени суток. Эти устройства позво-

ляют настроить освещенность на основе заданного времени или расписания. Благодаря таймерам и расписанию система может быть настроена так, чтобы включать освещение в определенное время, а интеграция с системами позволяет управлять освещением с использованием расширенных сценариев, что позволяет автоматизировать работу освещения в соответствии с графиком работы персонала. Использование датчиков времени удобно для управления освещением в тех местах, где есть четко установленный рабочий график, например, в офисах, цехах, складах, то есть, где можно настроить включение света только в рабочие время.

Датчики движения. Датчики движения являются ключевыми для автоматизации освещения, позволяя автоматически включать или отключать, поскольку они, реагируя на перемещение в помещении, передают сигнал контроллеру. Различают инфракрасные датчики, которые фиксируют изменение температуры, вызванные движением человека или объекта, и ультразвуковые датчики, работающие на основе отражения ультразвуковых волн. Датчики движения могут быть использованы в складских помещениях, коридорах, гаражах и производственных зонах, в которых включать освещение необходимо только при наличии персонала. Это позволяет снизить нежелательное энергопотребление и автоматизировать управление светом (рисунок 1) [2].

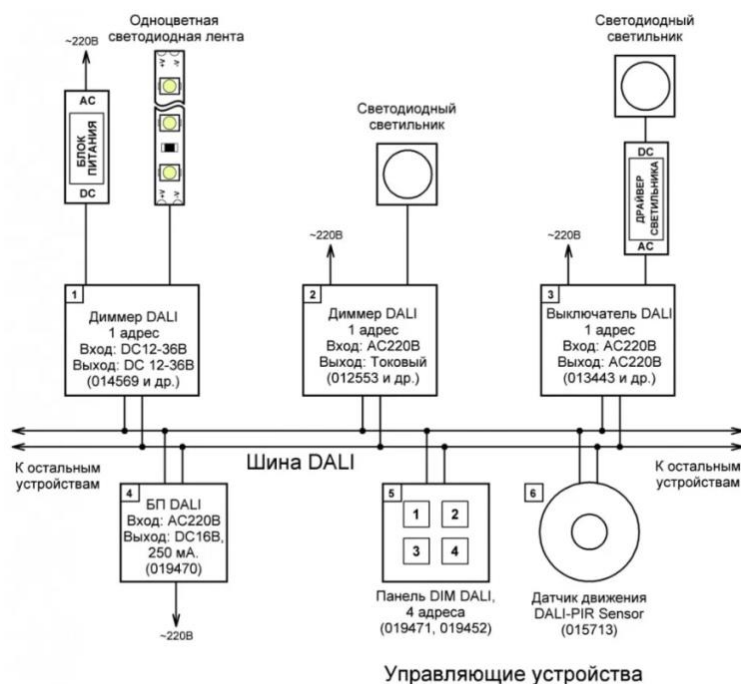


Рисунок 1 – Построение сети с использованием датчика движения

Датчики освещенности. Датчики освещенности фиксируют степень естественного освещения и, в зависимости от установленной программы, регулируют яркость светильников для поддержания оптимального уровня освещения. Когда уровень естественного освещения снижается, система увеличивает яркость, а когда увеличивается – снижает, экономя электроэнергию. Датчики освещенности

щенности могут применяться в различных типах промышленных объектов, складах, офисах и в помещениях, где необходимо поддерживать необходимый уровень освещенности (рисунок 2)

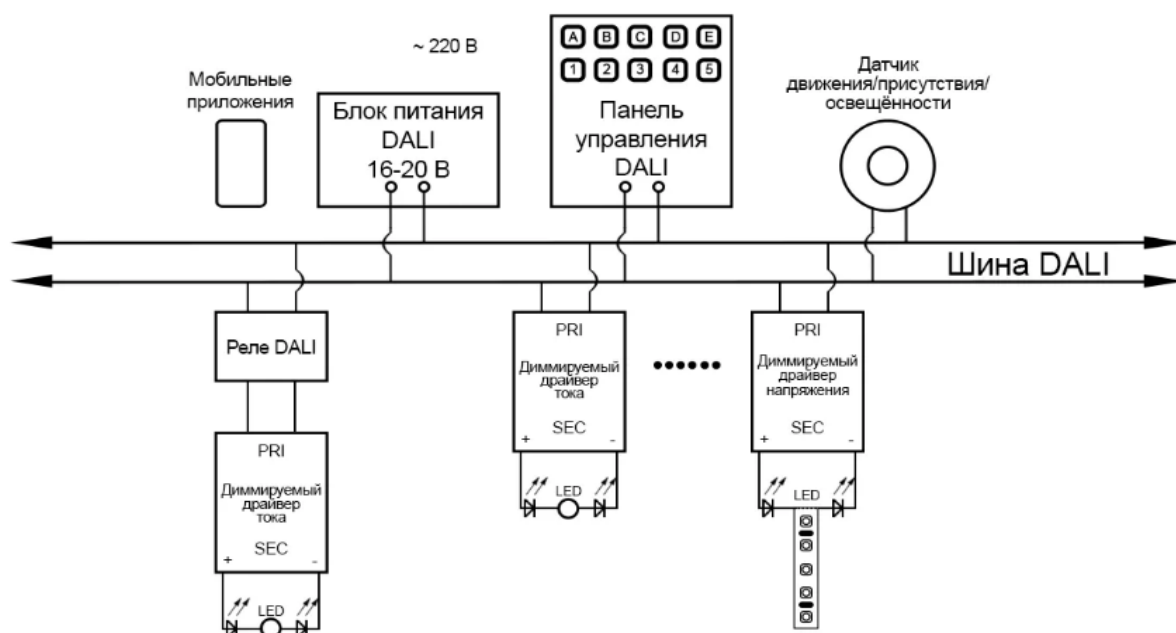


Рисунок 2 – Построение сети с использованием датчика освещенности

Внедрение DALI на промышленных объектах

Внедрение системы DALI на промышленных объектах имеет комплексный характер, включающий проектирование, монтаж, настройку и интеграцию системы освещения с другими инженерными системами. Применение DALI в промышленных объектах позволяет повысить энергоэффективность, автоматизировать управление освещением и улучшить условия труда для персонала [3].

Этапы проектирования системы управления освещением на базе протокола DALI:

1. Подготовительный этап. На данном этапе проводится подготовка планов. Необходимо нанести на планы осветительные приборы в соответствии со светотехническим расчетом, удалить ненужные обозначения.
2. Необходимо тщательно изучить техническое задание. Светильники, не входящие в техническое задание, рекомендуется удалять с плана.
3. Расстановка оборудования для ручного управления и управления датчиками движения и освещенности. На данном этапе необходимо определить количество помещений, в которых применяется ручное и автоматическое управление светом, исходя из параметров помещений. Для каждого типа датчиков наносятся зоны его действия. В центре зоны необходимо отметить место установки самого датчика (рисунок 3, 4).

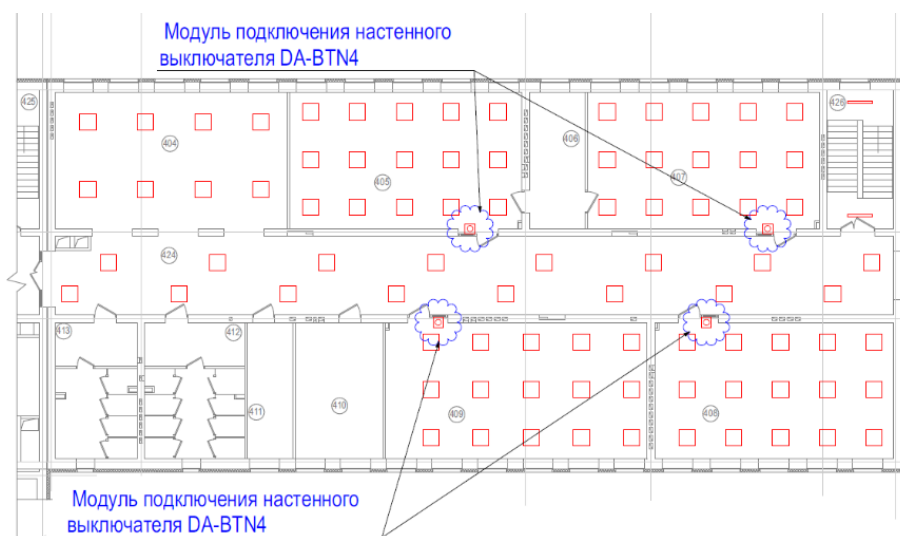


Рисунок 3 – Размещение ручного управления светом

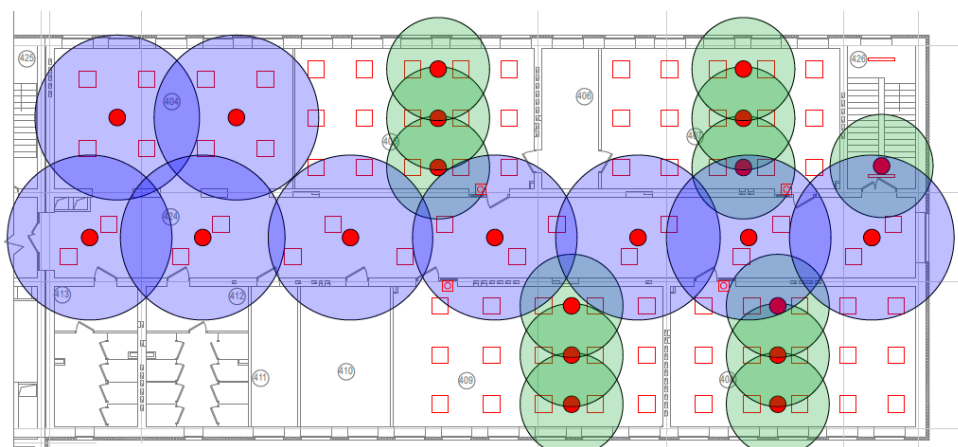


Рисунок 4 – Размещение автоматического управления светом

4. Введение условных обозначений функционального типа датчиков. На данном этапе на план наносятся условные обозначения датчиков, отслеживающих движение, улавливающих освещенностью, а также комбинированных датчиков.

5. Разделение на линии DALI. Когда оборудование и осветительные приборы выбраны, необходимо разделить площадь на линии DALI. Деление производится равномерно, для избежания появления сильно нагруженных, и наоборот, на половину пустых линий. После деления полученные линии проверяются на работоспособность (рисунок 5).

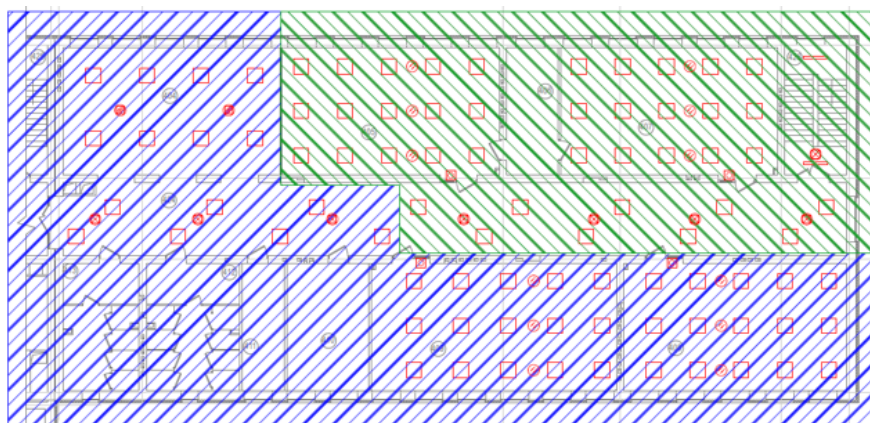


Рисунок 5 – Разделение на линии DALI

6. Анализ линий DALI. Для корректного функционирования линий DALI необходимо соответствие ряду критериев, таких как:

6.1 Количество линий, входящих в одну линию DALI, не должно превышать 64 штук.

6.2 На одну линию DALI не должно приходиться более 16 уникальных групп.

6.3 Максимальный ток линии DALI не должен превышать 250А.

6.4 Протяженность самой длинной ветви не может превышать 300м.

6.5 Линия DALI должна представляться топологией, кроме кольца (звезда, шина, смешанная).

7. Размещение шкафа управления освещением и прокладка шин DALI. После определения количества линий DALI, включенных в проект, выбирается подходящий шкаф управления освещением (рисунок 6). Необходимо выбрать место установки шкафа, подписать его и соединить кабельной шиной со всеми устройствами, входящими в состав этой шины. Если не оговорено место установки шкафа, выбирать необходимо из соображений экономии кабеля.

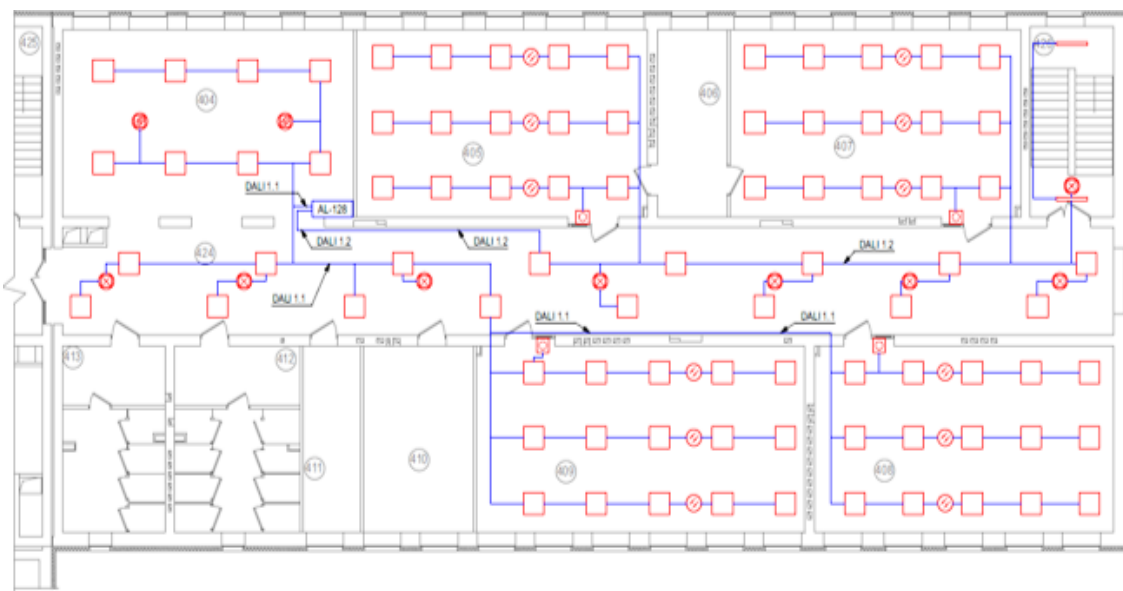


Рисунок 6 – Установка шкафа и подключение шины DALI

8. Присвоение порядкового номера всем элементам системы. В рамках линии все элементы имеют сквозную нумерацию, индивидуальную для светильников, датчиков, выключателей, например, CS 1.3.5 расшифровывается как «Комбинированный датчик, относящийся к шкафу 1, находящийся на линии 3, 5-й номер по порядку» (рисунок 7,8) [4, 5].

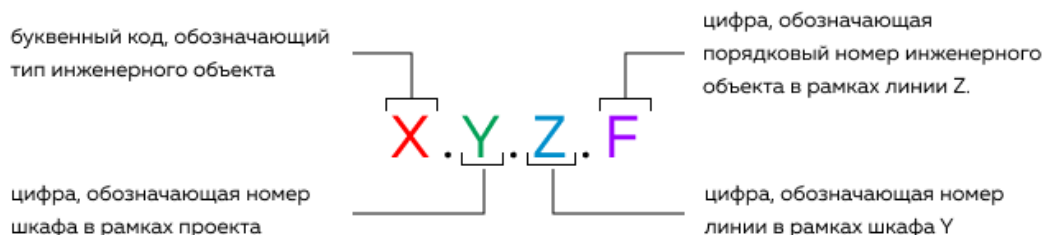


Рисунок 7 – Расшифровка порядкового номера элемента системы

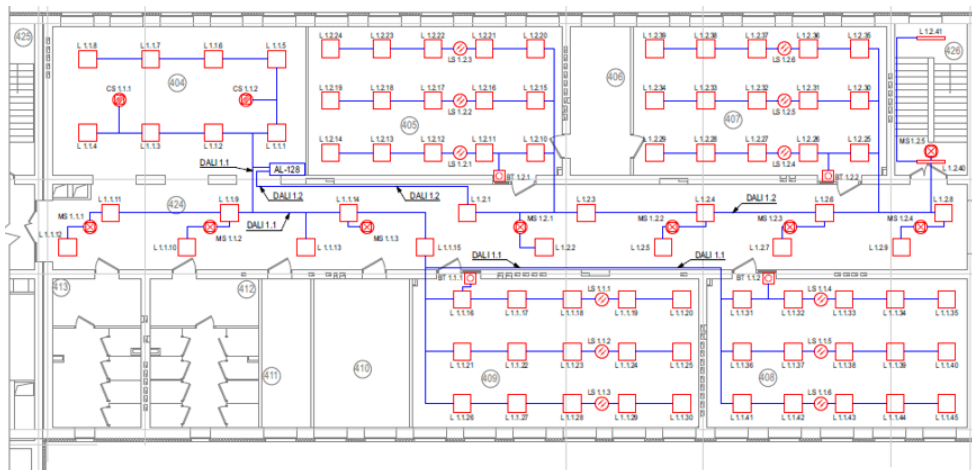


Рисунок 8 – Нанесение обозначений на плане

9. Подготовка плана размеров привязки датчиков. На данном этапе рассчитываются расстояния для расположения каждого датчика в пространстве. При расчетах необходимо учитывать, что устанавливать датчики необходимо на объектах, расположение которых не изменится со временем (рисунок 9).

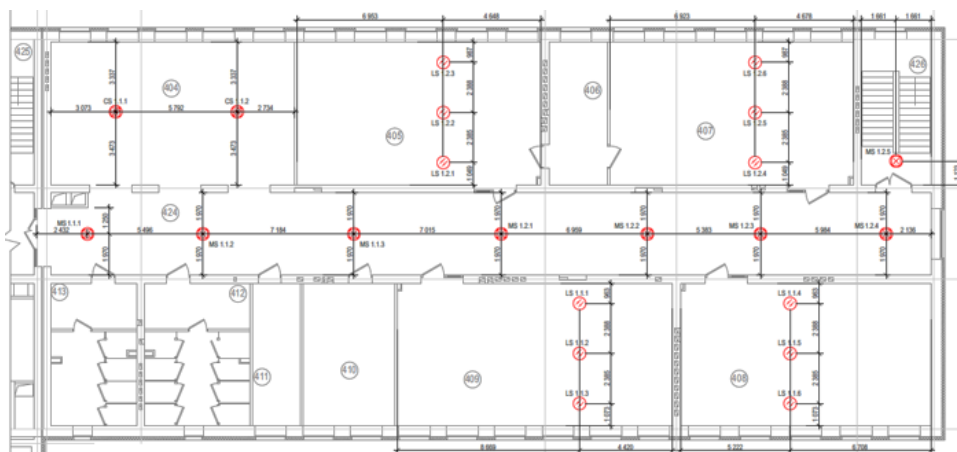


Рисунок 9 – Размещение датчиков на плане

10. Подготовка документации. Заключительным этапом является формирование информационных таблиц с условным обозначением и спецификацией оборудования, датчиков и клавишных панелей, плана прокладки шины DALI, плана привязки датчиков и структурной схемы проекта (рисунок 10).

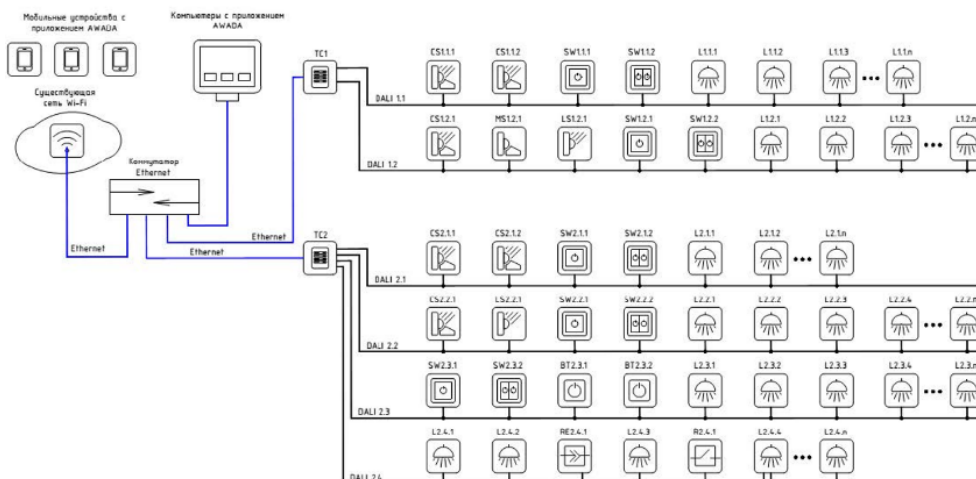


Рисунок 10 – Структурная схема проекта

Экономическая эффективность и окупаемость

Установка интеллектуальных систем управления освещением на промышленных предприятиях с использованием протокола DALI требует некоторых первоначальных вложений [5]. Но эти системы дают значительное снижение эксплуатационных расходов. Основные финансовые выгоды заключаются в:

1. Снижении потребления энергии за счет адаптивного управления освещением.
2. Сокращении расходов на техническое обслуживание за счет длительного срока службы светодиодных источников и самоконтроля их состояния.
3. Повышении производительности труда за счет лучшего качества освещения, что влияет на удобство и безопасность сотрудников.

Экономия энергии может варьироваться от 30% до 60% в зависимости от того, насколько она автоматизирована и в каких условиях она работает. Старая система освещения требовала бы частой замены ламп и обслуживания. Система DALI будет использовать светодиодные лампы со сроком службы от 50 000 до 100 000 часов — в 5–10 раз дольше, чем у обычных ламп.

Преимущества и недостатки использования системы DALI

К преимуществам можно отнести гибкость, масштабируемость, энергоэффективность, надежность, так как система позволяет индивидуально управлять каждым светильником или группой осветительных приборов, легко адаптируется к изменениям в рабочем пространстве, предоставляет возможность диммирования, сокращает эксплуатационные затраты, дистанционный мониторинг и управление через специализированное программное обеспечение [6, 7].

К недостаткам относятся высокие начальные затраты, ограничение по количеству подключаемых устройств, зависимость от кабельной инфраструктуры, сложность настройки и эксплуатации.

Заключение

Внедрение интеллектуальных систем управления освещением с использованием DALI станет основным вкладом в энергосбережение, автоматизацию процессов и снижение эксплуатационных расходов промышленных предприятий. Анализ показал, что использование DALI не только снижает потребление энергии, но и создает комфортные условия труда с гибким и удобным управлением освещением. Несмотря на то, что использование DALI дает весьма существенные преимущества, его применение требует базовых инвестиций, а также квалифицированного персонала для разработки, установки и настройки системы. Кроме того, ограничения по количеству подключенных устройств и длине кабельной сети могут потребовать дополнительных решений, таких как DALI-2 или интеграции с системами BMS.

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. Разработка энергоэффективных систем: [сайт]. – URL: <https://inlnk.ru/jEV14a> (дата обращения 23.03.2025).
4. Рекомендации по интеллектуальному управлению освещением: [сайт]. – URL: <https://goo.su/Ну9Хui> (Дата обращения 23.03.2025).
5. Современные технологии управления: [сайт]. – URL: <https://inlnk.ru/jEV14a> (дата обращения 23.03.2025).
6. Управление освещением в коммерческих помещениях: системы DALIиKNX: [сайт]. – URL: <https://alpa.pro/upravleniya-osveshcheniyem-sistemy-dali-i-knx/> (Дата обращения 23.03.2025).
7. Энергоснабжение в освещении: [сайт]. – URL: <https://goo.su/9hJNZj> (дата обращения 23.03.2025).