

DALI – ИСКУССТВО УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОМ

А.В. Барбот (ЗАО “Первая миля”)

Рассматривается современная цифровая технология управления освещением в зданиях DALI: структурная схема, концепция групп и сцен, команды, кривая диммирования, обзор оборудования, конфигурирование устройств и сети.

Ключевые слова: цифровая технология управления освещением, здание, энергоэффективность, кривая диммирования, АСУ.

Введение

Как известно, прогресс технологий оказывает разнообразное влияние на все сферы человеческой жизни. Движущей силой такого развития является стремление к повышению качества жизни, с одной стороны, и оптимизация расходов ресурсов, с другой. Не являются исключением и направления автоматизации систем жизнеобеспечения зданий. Новые технологии управления и стандарты сетевых протоколов призваны повысить качество работы таких систем, наделять их развитыми возможностями, а главное, предоставить удобство в эксплуатации конечному потребителю с учетом экономического эффекта от внедрения технологии и окупаемости системы.

Статья посвящена современной цифровой технологии управления освещением в зданиях. В настоящее время к таким системам предъявляются многочисленные требования. Если раньше существовала только одна задача – обеспечить потребность в освещении при использовании небольшого круга технологий и светового оборудования, то в настоящее время спектр оборудования существенно расширился, а потребителя больше интересует удобство, функциональность, энергоэффективность световых решений. Традиционные системы освещения, основанные на клавишных переключателях, диммерах, недостаточно отвечают этим требованиям. Системы управления на базе аналоговых интерфейсов 0...10 В не обладают достаточной гибкостью при расширении системы и дороги для индивидуального контроля светильников. Именно поэтому, начиная с 80-х годов XX века, велись разработки цифровых стандартов связи между оборудованием освещения. Этот опыт лег в основу новой технологии управления светом в зданиях DALI (Digital Addressable Lighting Interface – открытый цифровой адресуемый интерфейс управления светом). В отличие от других технологий автоматизации зданий, DALI изначально задумывалась как узкоспециализированная технология управления светом с низкой стоимостью компонентов, которые просты в обращении, ее применение позволяет снизить затраты на интеграцию, установку и перепланировку систем освещения. Технология DALI наделяет каждый источник света интеллектом, необходимым для решения возложенных на него актуальных задач.

В результате соглашения между ведущими производителями систем освещения появился на свет стандарт протокола связи DALI – IEC 60929 Annex E Международной Электротехнической Комиссии,

на его основе в будущем будет определен более полный стандарт IEC 62386. Протокол пришел на смену традиционным коммутационным схемам, системам с аналоговым управлением по 0...10 В, а также составляет конкуренцию более старому закрытому, неадресуемому однонаправленному протоколу DSI (Digital Signal Interface), значительно расширяя возможности последнего. Стандарт гарантирует взаимозаменяемость электронной пускорегулирующей аппаратуры от разных производителей. В нем описывается обширный набор команд для всех классов устройств, разные типы устройств и специфические команды. Любой источник света, в том числе лампы накаливания, люминесцентные лампы, лампы высокого давления и светодиоды, могут управляться независимо от того, установлены они в офисе или в качестве уличных осветителей. Многие типы устройств определены в разделе 200 стандарта IEC 62386.

Технология DALI обеспечивает простоту эксплуатации, однако повышает требования к квалификации проектировщиков и наладчиков. При правильном выборе отдельных компонентов DALI могут быть построены системы освещения разных уровней сложности от простого выключателя света, до распределенных систем офисных комплексов с тысячами источников света.

На физическом уровне DALI представляет собой двухпроводную шину, которую можно прокладывать вместе с силовыми линиями, в том числе внутри одного кабеля, например, может быть использован стандартный 5-жильный кабель марки NYM в неметаллической оплетке. DALI не является системой безопасного сверхнизкого напряжения (SELV). Рабочее напряжение шины лежит в диапазоне 9,5...22,5 В, ток не должен превышать 250 мА. Шина DALI требует подключение источника питания 16 В постоянного тока. При подключении устройств DALI нет необходимости соблюдать полярность. Допускается любая смешанная топология сети, но без закоротывания, не требуется наличие терминаторов на концах линии. Скорость передачи данных по шине – 1200 бод. Длина кабеля зависит от падения напряжения вдоль линии DALI, которое не должно превышать 2 В. Максимальная длина кабеля при площади сечения 1,5/0,75/0,5 мм² составляет 300/100...150/100 м. При этом должно быть принято во внимание сопротивление контактов.

В отличие от систем с управлением по сигналу 0...10 В на цифровую шину DALI не оказывают существенного влияния аналоговые помехи из-за высокой

амплитуды полезного сигнала, что важно для точного поддержания требуемого уровня мощности светильника. Не требуется дополнительное реле, управляющее включением светильника, так как полное управление осуществляется по цифровой шине, что снижает конечную стоимость системы. Устройства DALI делятся на контроллеры (ведущие) и подчиненные (ведомые). Контроллеры инициируют обмен по сети, подчиненные устройства отвечают на запросы контроллеров. Одновременно могут быть подключены до 64 подчиненных устройства (балласты, драйверы), этот предел не включает контроллеры DALI (переключатели, датчики), устройства подключаются к шине параллельно. Сеть может быть мультимастерной с несколькими контроллерами.

Для управления в DALI используются три типа адресации: широкоэвещательная, групповая и индивидуальная. Кроме того, контроллер может получать от устройств разнообразную диагностическую информацию, например, сведения о неисправных светильниках.

Каждое подчиненное устройство DALI имеет энергонезависимую память, которая содержит настройки адреса, привязки к группами, уровни сцен, скорость диммирования. В последних версиях стандарта DALI описан интерфейс для хранения дополнительной информации о продукте в энергонезависимой памяти устройства. В эту память можно сохранять описание (Description) и информацию о местоположении (Location) устройства DALI для быстрой идентификации нужного устройства в сети.

Одной из задач, которую позволяет решить технология DALI, является экономия электроэнергии. Использование датчиков освещенности для автоматической корректировки мощности светильников позволяет нормализовать уровень освещения независимо от внешних условий. Большого эффекта можно достичь, применяя технологию для автоматизации освещения в зонах с редким присутствием людей. Примером таких помещений могут служить огромные складские пространства, коридоры зданий в ночное время, технические помещения. На таких объектах применяются датчики присутствия и освещенности, управляющие освещением командами DALI, с функцией плавного снижения интенсивности освещения с течением времени при отсутствии движения в зоне датчиков. Через некоторое время после ухода человека мощность светильников плавно снижается до заданного уровня, затем возможно отключение. При появлении человека светильники быстро диммируются до рабочего уровня.

Концепция групп и сцен DALI

Каждое подчиненное устройство может обрабатывать до 16 различных световых сценариев (сцен) DALI –

Дарите другим свет! Тьма подберется к себе сама.

Л. С. Сухоруков

предустановленных уровней мощности. Как только устройство получает команду от мастера, например, "перейти к сцене 1", производится плавное изменение яркости (диммирование) светильника до нового уровня мощности. Параметр времени диммирования (fade time) также хранится в подчиненном устройстве и может быть установлен в интервале от 0,7...90,5 с.

В DALI системе можно определить до 16 групп светильников (контрольных зон). Группа объединяет набор источников света по признаку расположения. Одно устройство DALI может принадлежать нескольким группам. Это уменьшает число проводов и значительно увеличивает гибкость по сравнению с неадресуемыми системами, поскольку в таких системах группировка осуществляется жесткой топологией проводки.

Позиционирование DALI

DALI не является всеохватывающей технологией управления зданиями подобно LON, EIB. Но использование этих сетей для прямого управления освещением влечет дополнительные затраты на оборудование, усложняет проектирование и запуск. Осветительные системы на базе DALI интегрируются в более крупные системы управления зданиями с помощью шлюзов.

Даже для небольших проектов, в которых система управления зданием экономически не оправдана, не стоит отказываться от удобства цифровых технологий. DALI может работать на таких объектах, как самостоятельная система управления освещением. Данная цифровая технология берет верх над аналоговыми технологиями управления светом универсальностью и надежностью.

Простейшая сеть DALI может состоять из одного DALI-балласта, одного источника питания и одного датчика или кнопки DALI. Обычные приложения – свет с плавным синхронным управлением, освещение с несколькими источниками управляющего сигнала (например, кнопками и датчиками освещенности, присутствия), светильники, отнесенные к разным зонам одновременно, приложения с перспективой изменения конфигурации освещения.

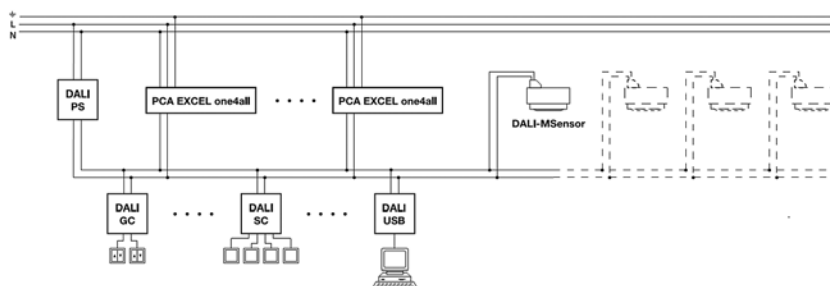


Рис. 1. Пример структурной схемы управления освещением с использованием протокола DALI

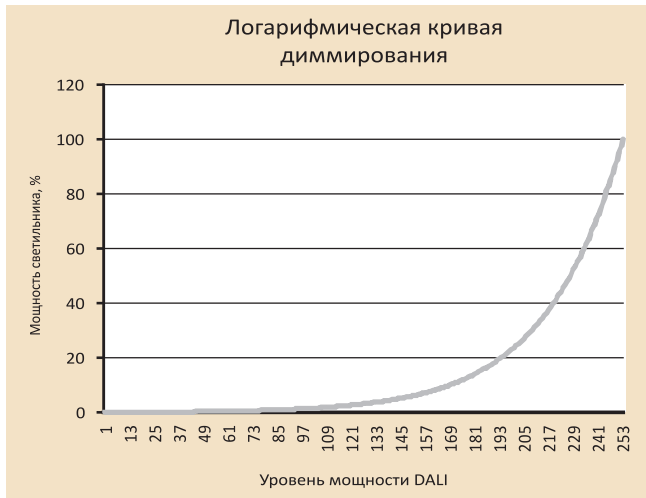


Рис. 2. Логарифмическая кривая диммирования светильника

На рис. 1 приведен пример структурной схемы управления освещением с использованием протокола DALI, в которой присутствуют источник питания шины, модули клавишных переключателей, электронные диммируемые балласты, датчики освещенности и присутствия; конфигурирование и мониторинг сети осуществляется с помощью компьютера. В одну сеть DALI может быть включено несколько датчиков, которые могут работать независимо либо совместно.

Команды DALI

Чтобы получить более полное представление о технологии DALI, совершим небольшой экскурс по базовым командам протокола. Приведем структуру пакета команды контроллера DALI, структуру запроса и ответа на него подчиненного устройства. Общая длина пакета команды DALI составляет 19 бит. Не считая стартовых и стоповых бит пакета, адрес назначения и команда содержатся в двух байтах пакета, имеющих следующую структуру: YAAA AAAS xxxx xxxx, где каждая буква соответствует одному биту.

Y – признак типа адреса: 0 – короткий адрес, 1 – групповой адрес либо коллективная команда.

A...A – значащие биты адреса. В случае использования короткого адреса (0AAAAAS) адресуется до 64 устройств. При использовании группового адреса (100AAAAS) адресуется до 16 групп DALI либо используется коллективный (широковещательный) адрес (111111S).

S – признак использования типа команды, содержащейся в следующих восьми битах:

0 – xxxx xxxx содержат значение для команды прямого управления мощностью;

1 – xxxx xxxx содержат номер команды.

Ответ от подчиненного устройства генерируется только для неко-

торого набора конфигурационных команд, таких как запрос текущего уровня мощности светильника или запрос состояния лампы светильника. Пакет ответа содержит 8 бит полезной информации.

Команды протокола DALI делятся на несколько групп.

1. *Прямая команда управления мощностью светильника.* Устанавливает значение уровня мощности. Реальная выходная мощность светильника определяется логарифмической кривой диммирования. Если прямая команда содержит уровень мощности, лежащий за пределами максимального и минимального разрешенных уровней (max level, min level), мощность светильника ограничивается разрешенными уровнями. Если светильник погашен, команда игнорируется. Максимальный и минимальный уровни, как и другие параметры конфигурации, хранятся в памяти каждого балласта, для их изменения существуют соответствующие команды DALI. При выполнении команды мощность светильника меняется плавно от одного уровня к другому в соответствии с настройкой времени диммирования (fade time) подчиненного устройства.

2. *Косвенные команды управления мощностью светильника.* Эти команды вырабатываются датчиками движения, освещенности, настенными выключателями. Например, команда 3 STEP UP, повышающая уровень мощности светильника на шаг без диммирования.

3. *Команды конфигурирования.* В соответствии со стандартом IEC 60929 мастер DALI должен дважды отправить команду конфигурирования в течении 100 мс. Причем в промежутке между двумя посылками не должна присутствовать другая команда, иначе конфигурирование будет прервано. Например, команда 96 ADD TO GROUP добавляет балласт в группу 1. Полный список команд конфигурирования и их описание приведены в приложении E стандарта IEC 60929.

4. *Команды запроса состояния* желательно индивидуально адресовать каждому балласту. Если адресуется группа или посылка идет по широковещательному адресу, ответы могут накладываться друг на друга, так как одновременно отвечают все адресованные балласты. В зависимости от команды запроса ответ будет содержать:

YES = XXXX XXXX: 8 бит данных. Если балласт не генерирует ответ, это должно интерпретироваться как ответ "NO".

5. *Специальные и другие команды.* Специальные команды должны адресоваться по широковещательному адресу, принимаются всеми балластами. Например, команда 257 DATA TRANSFER REGISTER (DTR) для загрузки 8-битного значения в промежуточный регистр DTR.



Рис. 3. Электронные диммируемые балласты с интерфейсом DALI/DSI, Tridonic

Другие команды предназначены для инициализации новой системы DALI и автоматической раздачи коротких адресов, подробное описание можно найти в стандарте. Эти команды обычно выполняются инженерным ПО при конфигурировании сетей DALI.

Логарифмическая кривая диммирования

Балласты, драйверы и другие устройства DALI имеют 254 уровня мощности, причем приращение мощности по уровням носит нелинейный характер, большее число уровней приходится на нижний диапазон.

Минимальная выходная мощность светильника (0,1%) соответствует нижней границе диапазона значений параметра уровня мощности DALI (1...254), 100% мощности соответствует значению параметра 254. В промежутке между 0,1% и 100% уровень мощности светильника определяется логарифмической кривой диммирования, которая была выбрана в соответствии с моделью чувствительности глаза человека (рис. 2).

Относительная погрешность кривой диммирования составляет $\pm 1/2$ шага, абсолютная погрешность устанавливается производителями устройств DALI.

Аналитическое выражение для кривой диммирования:

$$X(n) = 10^{\frac{n-1}{253/3} - 1};$$

$$\left| \frac{X(n) - X(n+1)}{X(n)} \right| = \text{const} = 2,8 \%$$

n – значение параметра уровня мощности DALI; $X(n)$ – выходная мощность светильника, %.

Обзор оборудования DALI

В настоящий момент производители предлагают широкий ассортимент устройств, поддерживающих стандарт DALI. Среди них исполнительные устройства: электронные пускорегулирующие аппараты (балласты) для разных типов ламп, драйверы светодиодов, фазовые регуляторы мощности, модули с релейными, аналоговыми выходами для управления другими типами нагрузки, модули управления приводами жалюзи, источники питания шины. Балласты с интерфейсом DALI выпускаются всеми крупными компаниями, занимающимися производством световой пускорегулирующей аппаратуры, такими как Osram, Philips, Tridonic (рис. 3), Helvar.



Рис. 4. Шлюз DALI-EnOcean производства Thermokon



Рис. 5. Компьютерный интерфейс доступа к шине DALI

Широкий спектр управляющих устройств: многофункциональные датчики движения, освещенности, клавишные выключатели и сенсорные панели, ПЛК с интерфейсами DALI, приемники ИК-сигналов, повторители для увеличения длины шины. Кроме того, отдельные производители предлагают шлюзы всевозможных протоколов, которые расширяют возможности шины DALI, например, шлюзы DALI-DSI для подключения неадресуемых устройств DSI в систему DALI, а также линейки устройств DSI. Так как протокол DALI появился под влиянием DSI, то интеграция устройств DSI в DALI систему происходит довольно просто. Нередко производитель поддерживает в устройстве сразу оба протокола. Отдельно можно упомянуть шлюзы беспроводного протокола EnOcean в DALI (рис. 4), которые позволяют использовать преимущества беспроводных, безбатареечных выключателей EnOcean для управления сценами и группами освещения DALI, а также подключать аналогичные датчики освещенности и движения. Для интеграции DALI в системы управления зданиями существуют шлюзы в сети LON, EIB/KNX, BACnet и др.

Как правило, производители также предоставляют фирменное ПО для конфигурирования DALI сетей.

Конфигурирование устройств и сети DALI

Стандарт DALI описывает не только функции управления освещением, но и алгоритмы первичной инициализации сети, выделения коротких адресов устройствам, объединения в группы освещения, параметризации сцен. Производителями предлагаются различные способы конфигурирования DALI сетей и устройств. В самых простых случаях параметризация производится вообще без дополнительных средств, с помощью ползунковых или поворотных переключателей или программирующих кнопок на устройстве,

задающих принадлежность к группе, сцене. Например, таким способом реализована привязка к группам и сценам клавишных выключателей у EnOcean-DALI шлюза компании Thermokon.

Производители программируемых контроллеров (Beckhoff, Saia-Burgess, Wago и др.) предоставляют программные библиотеки для управления DALI светильниками, отслеживания состояния сети и даже ее динамического конфигурирования.

Также существуют адаптеры последовательных портов RS-232 к шине DALI, через них можно подключить шину к любому программируемому контроллеру или даже панели оператора, поддерживающему работу с последовательными портами. Программ-

