



# Стандарты управления освещением

Юрий Широков

В настоящее время существует тенденция к интеграции средств управления всеми инженерными системами здания в единую платформу. Это удобно всем, от разработчиков до конечных потребителей систем автоматизации. Несмотря на это, на уровне шин и протоколов автоматизации универсальных решений не существует – у каждого из них имеется собственная ниша, в которой он вне конкуренции. В этой статье содержится краткий обзор наиболее распространённых стандартов управления освещением.

Около 90% информации об окружающем мире человек получает посредством зрения – важнейшего из всех органов чувств. В отличие от далёких предков, мы проводим значительную часть своей жизни в закрытых помещениях, где без искусственного освещения никак не обойтись. Поэтому на протяжении всей истории цивилизации люди стремились сделать его по возможности комфортным. В наше время многие технологические трудности, связанные с эффективным производством искусственных источников света, решены: «лампочка Ильича» максимально усовершенствована и почти достигла своего теоретического предела световой отдачи, стали массовыми газоразрядные и светодиодные светильники, обладающие высоким КПД, а также рядом других важных преимуществ перед лампами накаливания. Применение искусственных источников света для освещения масштабных объектов типа многоквартирных домов, общественных и офисных зданий, объектов инфраструктуры, и т.п. вскрыло новую проблему – слабую управляемость систем освещения, состоящих из многочисленных разрозненных компонентов. Если в «докомпьютерную» эру с этим вынуждены были мириться, то во второй половине XX века бурными темпами начали развиваться цифровые технологии, на базе которых появилась возможность строить эффективные системы управления освещением.

Оптимальное управление освещением повышает комфортность и безопас-

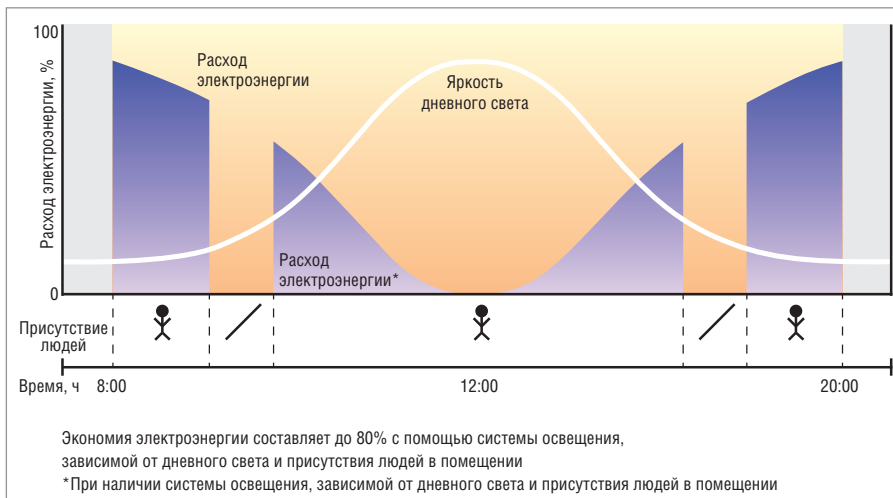


Рис. 1. Экономия электроэнергии, по данным компании OSRAM

ность для людей, а также способствует экономии электроэнергии, что в последнее время становится всё более значимым фактором (рис. 1). В крупных проектах с большим числом светильников системы управления освещением в основном преследуют цели обеспечения управляемости и сбережения ресурсов, в случае же небольшого частного жилья его владелец получает выгоду не столько в виде экономии, сколько в удобстве эксплуатации.

Современная система управления освещением может многое. Обычными стали следующие функции:

- коммутация и плавная адресная регулировка яркости светильников;
- поддержание постоянного заданного уровня освещённости в помещении;
- учёт присутствия в освещаемом помещении людей;

- учёт уровня естественной освещённости помещения;
- сценарное управление группами светильников в соответствии с предустановленными параметрами;
- работа по расписанию (день недели, время суток);
- обеспечение интерфейса управления для ПК/ПЛК, возможность интеграции её в систему диспетчеризации объекта.

Такие требования к функционалу превышают возможности обычных неинтеллектуальных систем на основе переключателей, диммеров и массы проводов. По этой причине еще с 80-х годов прошлого века начались попытки реализации цифровых систем управления. Как часто бывает в начале пути, большинство разработок носило закрытый, проприетарный характер, что при-

водило к сложностям на всех этапах проектирования, а также в эксплуатации и модернизации реализованных систем. Производители заинтересованы в популяризации своих технологий, поэтому наиболее удачные разработки сначала становятся стандартом де-факто, а затем и де-юре. Как следствие стремления производителей к унификации в настоящее время на рынке присутствуют несколько стандартизированных протоколов управления освещением. Наиболее распространённый среди них — самый простой в реализации аналоговый 0–10 В. Самыми же перспективными в плане управления освещением на сегодняшний день считаются специализированный DALI, универсальный KNX и усовершенствованная модификация протокола DMX512 – RDM. Рассмотрим кратко особенности перечисленных протоколов.

### Стандарт 0–10 В

Первые попытки создания удобного инструмента управления светильниками лежали в аналоговой плоскости как наиболее просто реализуемой и соответствовавшей уровню развития технологий. Стандарт E1.3 был опубликован в 2001 году рабочей группой по протоколам управления ESTA, являющейся его автором. Таким образом, E1.3 — один из старейших стандартов управления освещением. Как следует из самого названия, управление в этом стандарте осуществляется аналоговым сигналом постоянного тока напряжением от 0 до 10 В. Раздел 6.1.1 стандарта E1.3 устанавливает максимальные границы выходного напряжения для передатчиков в диапазоне от –0,2 до +12 В. Раздел 6.2.1 устанавливает минимальный диапазон напряжения, на который должен быть рассчитан приёмник, от –0,5 до 30 В. Эти два стандартизированных диапазона напряжений гарантируют взаимную совместимость оборудования E1.3, а также совместимость стандарта с подавляющим большинством устаревшего оборудования с аналоговым управлением 0–10 В, которое было спроектировано и произведено до принятия документа.

В отличие от чисто цифровых и систем с аналоговым мультиплексированием кабели управления в стандарте 0–10 В могут быть любого типа. Тем не менее падение напряжения на линии может стать для таких систем серьёзной проблемой. Опасность состоит в том, что если нагрузка и сечение проводни-

ка не рассчитаны соответствующим образом, может быть легко превышено максимально допустимое падение напряжения на линии. По этой же причине возможно нежелательное воздействие каналов управления друг на друга. Например, групповой сигнал на увеличение яркости диммеров может вызвать просадку напряжения и ложный сигнал на снижение яркости диммера, находящегося на общей с ними шине. В связи с этим обычная практика для контроллеров с аналоговым управлением заключается в запитывании их от контролируемых диммеров, что гарантирует независимость каналов. Для снижения уровня падения напряжения часто приходится объединять несколько проводников в шине либо увеличивать их сечение. Тем не менее одним из важных преимуществ аналогового стандарта 0–10 В перед цифровым или аналого-мультиплексным методом является его простота и удобство поиска и устранения неисправностей. Поскольку на линии отсутствуют быстро меняющиеся дискретные сигналы, тестирование контроллера или другого устройства с активным выходом, а также всей управляющей цепи обычно можно осуществить всего лишь при помощи недорогого вольтметра и применения известного закона Ома. Простота наряду с дешёвой реализацией является причиной широкой распространённости данного протокола управления по сей день. Кроме этого, следует добавить, что сопряжение подобных устройств, например, с аналоговым выходом ПЛК не вызывает технических сложностей. Управление по постоянному напряжению поддерживают многие современные диммируемые электронные пускорегулирующие аппараты — ЭПРА (стандарт EN 60929). При этом ЭПРА сами могут являться источником тока для цепи управления, поэтому в простейшем случае для регулирования яркости достаточно лишь подключения потенциометра. Типовая схема подключения представлена на рис. 2.

Описанная аналоговая схема не позволяет реализовать полный функционал современных систем освещения, но несмотря на свои недостатки, с успехом применяется в простых дешёвых локальных системах, а также в качестве нижнего уровня управления в комбинированных системах. На смену аналоговому стандарту приходят цифровые системы управления, потенциально имеющие массу преимуществ перед

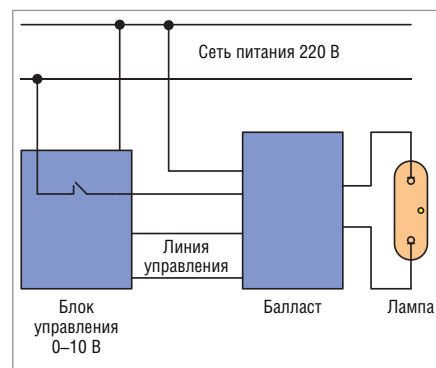


Рис. 2. Схема подключения по шине 0–10 В

аналоговыми. Для цифровой связи характерны помехозащищённость и простота прокладки коммуникаций, возможности произвольной адресации, гибкость управления, возможность обратной связи с устройствами и хорошая совместимость с беспроводными технологиями.

### Протокол DMX512

Обзор цифровых интерфейсов начнём с протокола DMX512, который является плодом усилий комитета USITT/ESTA. Как средство управления диммерами с различных консолей через стандартный интерфейс он был обнаружен еще в 1986 году. DMX512 — цифровой протокол. До его появления управление диммерами проводилось или по отдельным проводам с управляющим напряжением, идущим к каждому устройству (рассмотренный протокол 0–10 В), или с помощью разнообразных гибридных цифро-аналоговых систем, не имеющих единого стандарта. Аналоговые системы требовали прокладки большого числа кабельных коммуникаций для диммирования, вследствие чего были громоздкими, дорогостоящими и ненадёжными. Всё это вызывало недовольство конечных потребителей, поэтому инициатива DMX нашла среди производителей широкую поддержку.

Физической средой передачи данных DMX512 является кабель, соответствующий стандарту EIA-485 (RS-485) и состоящий из одной или двух низкоёмкостных витых пар, помещённых в оплётку и экранированных фольгой. В настоящее время вторая витая пара задействуется редко, но в будущем развитие стандарта предполагает всё более активное её использование для целей управления и диагностики устройств. Максимально удалённая от передающего устройства точка кабеля должна быть терминирована резистором для пред-

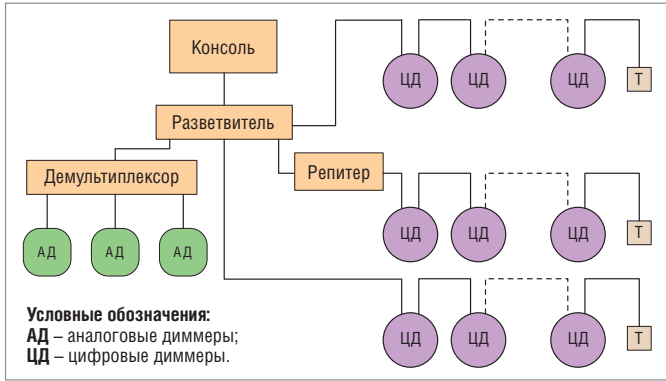


Рис. 3. Топология сети DMX512



Рис. 4. Освещение бизнес-центра на ул. Остоженка (Москва)

отращения эффекта отражения сигнала. Сопротивление терминирующего резистора подбирается в соответствии с волновым сопротивлением линии. По стандарту в одну линию DMX512 может быть включено до 32 устройств, а сама линия связи может быть длиной до 1 км (рис. 3). Для повышения надёжности передачи сигналов по линии DMX512 могут использоваться усилители сигнала. Линии передачи DMX512 обладают слабой помехозащищённостью, поэтому их прокладка вблизи силовых кабелей нежелательна.

Устройства DMX512 допускают адресацию. Принцип адресации может быть как групповым, при котором задаётся базовый адрес и диапазон пула адресов устройства, так и произвольным, когда любому из каналов, принадлежащих одному устройству, можно присвоить любой из 512 свободных адресов. Адрес (базовый адрес) канала в диапазоне от 0 до 511 присваивается путём установки девяти DIP-переключателей на устройстве. Таким образом, при необходимости расширения системы DMX (если устройств больше, чем 512) требуется создание структуры с многопортовым контроллером-разветвителем, на каждом порту которого может находиться

сегмент, включающий до 512 устройств. Такой сегмент сети DMX называется DMX-областью, а реализация многопортовой схемы формально уже выходит за рамки стандарта, предусматривающего не более 512 устройств в системе.

DMX512 является асинхронным протоколом. Это означает, что любой фрейм может быть послан в любой момент, когда линия не занята. Скорость обмена по линии DMX512 составляет 250 кбит/с.

Протокол DMX512, как и протокол 0–10 В, не охватывает весь перечисленный в начале статьи функционал, тем не менее он вполне применим для многих задач управления освещением. В силу простоты и относительной дешевизны реализации в настоящее время данный протокол нашёл широкое применение, например, в области управления светодиодными светильниками. В качестве иллюстрации можно привести фотографии объектов, на которых была реализована подсветка светильниками производства XLight® с управлением по DMX512 (рис. 4–6).

**RDM**

RDM (Remote Device Management), как и DMX, является разработкой ассо-

циации ESTA. Благодаря расширению RDM системы DMX512 получили второе дыхание, став двунаправленными и полнодуплексными. В системе RDM контроллер имеет возможность не только отправить запрос к устройствам в шине, но и получить от них ответ. Виды сообщений протокола RDM охватывают все типовые задачи по управлению системами освещения, такие как запрос и установка DMX-адреса (команды GET и SET), задание режимов работы и других настроек оборудования, а также мониторинг различных датчиков. Таким образом, посредством команд GET и SET протокол RDM позволяет динамически конфигурировать устройства и управлять системой ранее недоступными протоколу DMX способами. Надо отметить, что, конечно же, ранние продукты стандарта DMX не поддерживают расширение RDM. Еще одна неприятность заключается в том, что для формального соответствия стандарту RDM требуется реализация лишь ограниченного подмножества описанных в стандарте функций, доступных в RDM. Это означает, что некоторое оборудование, поддерживающее стандарт, может не поддерживать требуемые функции. Но

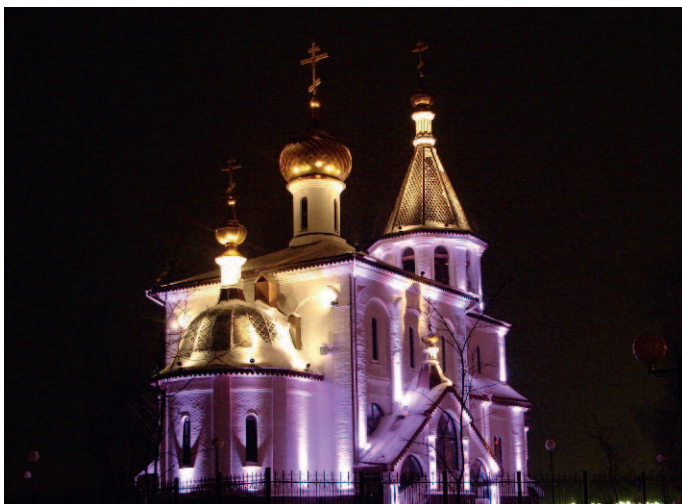


Рис. 5. Освещение храма в г. Нефтеюганске



Рис. 6. Освещение ТЦ «Луноход» в г. Королёве

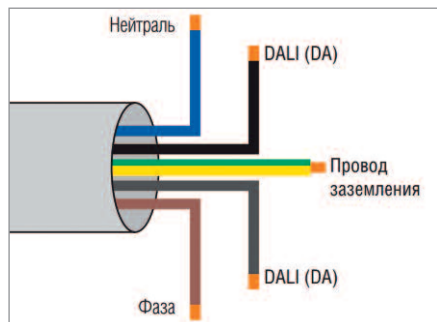


Рис. 7. Кабель DALI

продукты RDM доступны на рынке уже более 10 лет, поэтому их выбор весьма широк. Для управления оборудованием, как и в случае с DMX, используется мастер-устройство – контроллер RDM. В настоящее время выпускается широкий спектр контроллеров, начиная от самых простых и дешёвых устройств, способных лишь обнаружить устройство и задать ему некие установки, и заканчивая полнофункциональными панелями управления с собственным интегрированным интерфейсом и широкой функциональностью. Стандарт RDM поддерживает автоматическую конфигурацию сети, в процессе которой контроллер опрашивает устройства и получает в ответ их функциональные

свойства и текущую конфигурацию. В силу огромной популярности стандарта DMX, ограничения которого уже не устраивают потребителей, частично совместимый с ним RDM рассматривается многими как перспективный путь развития систем управления светильниками для архитектурной подсветки, организации световых шоу и т.д.

### DALI

История цифрового адресного интерфейса управления освещением DALI (Digital Addressable Lighting Interface) началась с протокола DSI (Digital Signal Interface), разработанного австрийской компанией Tridonic для использования в собственных продуктах. DSI представлял собой 8-битовый протокол обмена, основанный на Манчестерском кодировании. Обмен данными осуществлялся на скорости 1200 бод (рис. 7). DSI является неадресным протоколом, поэтому возможна лишь групповая адресация всех устройств на шине. Шина DSI состоит из двух проводников и неполярна, что снижает риск выхода из строя устройств из-за неправильного подключения. Это полезное свойство, кстати, было унаследовано

шиной DALI. Именно проприетарный протокол DSI впоследствии послужил основой для создания более продвинутого протокола DALI, ставшего международным стандартом. Инициативу Tridonic подхватили другие компании, в результате чего было решено обратиться в Международную электротехническую комиссию (IEC/МЭК) с предложением о разработке нового стандарта управления балластами (пускорегулирующая аппаратура – ПРА). Около 1997 года эта волна стандартизации докатилась и до США. В окончательном виде стандарт выходит примерно через два года. Он включал стандарт IEC для ПРА люминесцентных светильников и одно приложение, определяющее способ связи с ПРА (с оговоркой: «Данная редакция ещё не определяет многого необходимого для управления ПРА»). Как международный стандарт DALI был принят в 2002 году, а первые балласты DALI были анонсированы в США ещё в конце 90-х годов.

Стандарт DALI независим от производителя, что обеспечивает взаимозаменяемость и совместимость балластов и прочего оборудования разных поставщиков. Новый стандарт определяет не

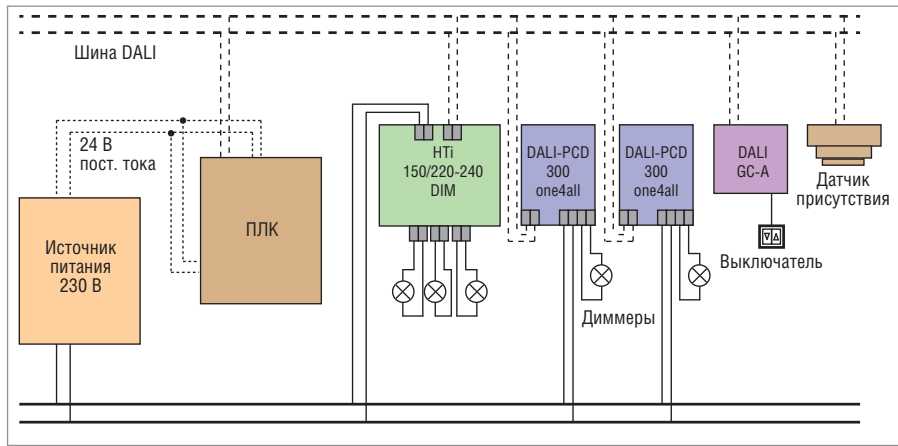


Рис. 8. Пример сети DALI с управлением от ПЛК

только цифровой интерфейс, но и, в дополнение к текущей технологии управления, аналоговый 0–10 В. Компоненты DALI позволяют создать гибкую, экономичную и, что крайне важно, децентрализованную систему освещения. DALI может функционировать в качестве автономной системы или подсистемы в рамках АСУЗ. Стандарт позволяет осуществлять не только управление, но и конфигурирование, а также мониторинг устройств на шине (рис. 8). Протокол поддерживает большое число типов ламп и обеспечивает единообразное управление ими, независимо от

особенностей конкретной реализации источника света. Стандартизированное управление балластами, аварийными устройствами, драйверами, трансформаторами, реле, кнопками, многопозиционными переключателями, датчиками делает планирование и программирование системы освещения достаточно простой. Стандарт DALI применим ко многим приложениям, среди которых офисы, школы, производственные цеха, склады, музеи, торговые центры, рестораны, театры. При этом системы DALI легко масштабируются, от одной комнаты до комплекса зданий.

DALI представляет собой систему с распределённым интеллектом, в кото-

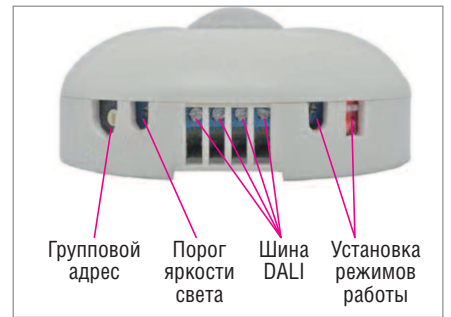


Рис. 9. Инфракрасный датчик присутствия DALI

рой каждое устройство имеет индивидуальный адрес, может быть включено в группу (и помнит свою принадлежность), запоминает параметры световой сцены, скорость диммирования, максимальный и минимальный разрешённые уровни яркости и т.д. (рис. 9). Устройства DALI нет необходимости коммутировать по питающей силовой цепи: включение/выключение их реализовано на уровне управляющих сигналов шины DALI.

DALI поддерживает разнородные системы освещения, где в различных сочетаниях могут присутствовать ПРА для люминесцентных светильников, диммеры для ламп накаливания и светодиодных источников, а также источники пи-

тания и устройства управления. Устройства управления могут предоставить информацию на другие устройства управления (например, об интенсивности света, присутствии людей, или сигнал нажатия кнопки). Контроллеры (ПЛК) также относятся к устройствам управления, поскольку могут, например, посылать команды ПРА или диммерам для изменения интенсивности освещения. Интерфейс DALI оказался удачным и в настоящее время поддерживается большинством известных производителей как светотехнического оборудования, так и ПЛК. Достаточно упомянуть такие компании с мировыми именами, как Helvar, Osram, Philips, Tridonic.

На физическом уровне передачи в DALI, как и в DSI, применено Манчестерское кодирование, позволяющее принимающей стороне однозначно определять начало и конец передаваемого бита без помощи сигнала синхронизации. Протокол различает индивидуальную и групповую адресацию, таким образом, одно и то же устройство может быть адресовано как индивидуально, так и в составе группы. Кроме того, существует ещё тип широковещательных (broadcast) сообщений, которые принимаются всеми устройствами

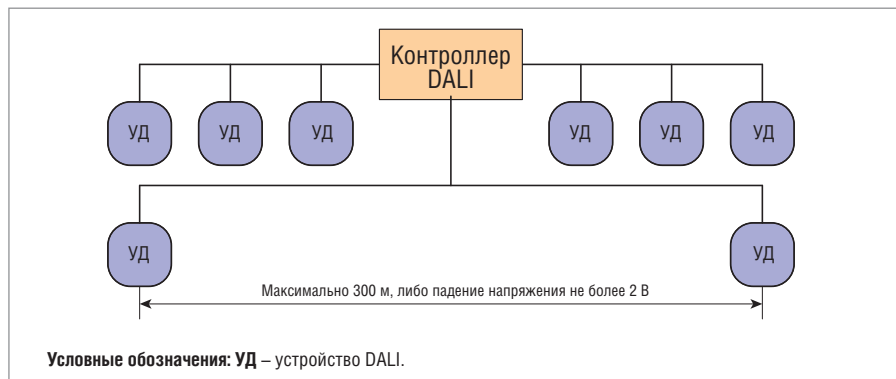


Рис. 10. DALI – типовая конфигурация

в линии, независимо от их текущих адресов. На линии может присутствовать до 64 устройств, произвольным образом объединённых в 16 различных групп. Структуру адресации DALI можно сравнить с адресацией домов в жилом квартале. Дом, имеющий на улице уникальный адрес, – это устройство DALI, а улица – сегмент линии. Адреса устройствам на шине раздаются мастер-устройством динамически в процессе первоначального опроса. Назначение адресов и распределение устройств по группам производится на программном уровне, поэтому не требуется никаких изменений в части монтажа оборудования.

Источник питания шины DALI обычно рассчитывается на максимальный ток 250 мА, а каждое подключённое к шине устройство не должно потреблять более 2 мА. Максимальная длина сегмента DALI не должна превышать 300 м.

DALI-устройства гальванически связаны между собой, поэтому могут быть свободно запитаны от разных фаз сети. Проводники цифрового интерфейса могут быть проложены непосредственно с силовыми линиями 230 В, это не вызывает проблем в работе DALI-устройств (рис. 10).

Диапазон диммирования обычно составляет от 0,1 до 100%, где нижняя граница зависит от конкретной аппаратной реализации. Кривая изменения ин-

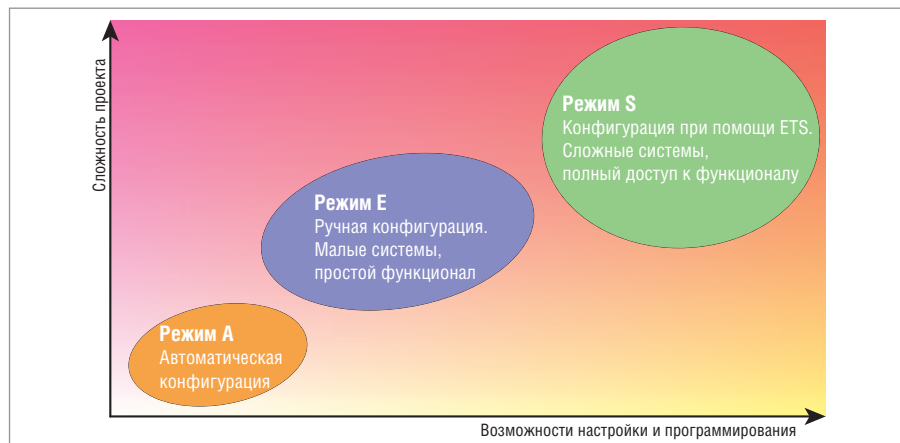


Рис. 11. Режимы настройки KNX

тенсивности света также стандартизирована и адаптирована для наилучшего восприятия человеческим глазом (логарифмический закон изменения).

Стандарт предусматривает сохранение в памяти устройства до 16 предопределённых световых сцен. Как правило, этого вполне достаточно для реализации всех требуемых режимов освещения помещения.

DALI разрабатывался как специализированный протокол управления осветительными приборами и рассчитан только на управление компонентами системы освещения. Это ограничение не является недостатком стандарта, а наоборот, упрощает (например, по сравнению с универсальным протоколом KNX) программирование, монтаж и эксплуатацию. DALI проще и дешевле, чем системы управления зданиями. При этом подсистемы на базе DALI можно комбинировать с любой системой управления зданием. Системы управления освещением стандарта DALI легко интегрируются в LON, KNX/EIB и BACNet.

### Протокол KNX

Ассоциация EIBA (European Installation Bus Association) со штаб-квартирой в г. Брюсселе (Бельгия) была основана в 1990 году рядом компаний, заинтересованных в продвижении на рынок автоматизации зданий единого стандарта, облегчающего проектирование и ввод в эксплуатацию систем автоматизации. В последующие годы на основе первоначальной концепции были основаны три европейские ассоциации, в 1999 году слившиеся в одну, получившую название «Ассоциация KNX». В конце 2003 года технология была утверждена в качестве европейского стандарта EN 50090, а в 2006 году — уже как международный стандарт ISO/IEC 14543.

В настоящее время KNX является одной из самых распространённых шинных систем, применяемых для автоматизации зданий. Среди неоспоримых достоинств шины и стандарта KNX можно назвать её поддержку многими производителями с мировыми именами, избавляющую конечного потребителя системы от диктата одного поставщика. Для KNX характерны также высокая степень надёжности, практически неограниченные возможности расширяемости, высокая скорость передачи данных. В качестве физической среды передачи может использоваться существующая сеть Ethernet. Это удешевляет реализацию проектов. KNX, в отличие от ранее рассмотренных систем, является универсальным инструментом, решающим множество задач управления. С точки зрения комплексного подхода к автоматизации, в этом также большой плюс технологии: не только освещение, но и вентиляция, кондиционирование, отопление, водоснабжение, оповещения охранных систем, да практически весь инженерный комплекс современного здания может быть объединён в KNX-сеть.

Благодаря тому что стандартом предусмотрены два режима работы с системой, так называемые E- и S-режимы, настройка и программирование системы KNX может производиться персоналом различной квалификации и специализации. В E-режиме для конфигурирования не требуется применения программного пакета ETS, поскольку все операции производятся с панелей управления устройств либо с центрального контроллера. Такой режим, безусловно, обладает ограниченными возможностями, зато в небольших системах позволяет производить базовые настройки просто и оперативно.

Для проектирования, а также для полного доступа к функционалу

устройств и конфигурирования сложных систем в процессе инсталляции применяется системный S-режим, который доступен при наличии программного пакета ETS и базы данных устройств (рис. 11).

KNX поддерживает множество физических интерфейсов передачи данных: витая пара (KNX TP), линии электропитания (KNX PL), радиочастотный канал (KNX RF), IP/Ethernet (KNX IP), а также может взаимодействовать с системами других стандартов (например с DALI и BACnet) посредством шлюзов.

### Топология и ограничения сети KNX

Шинный кабель KNX допускается прокладывать в непосредственной близости к силовым кабелям. Топология построения сети может иметь следующие варианты: линия, звезда, дерево. Замкнутое кольцо недопустимо. Оконечный терминатор для сегментов линий не требуется. Отключение устройства KNX от шины не приводит к обрыву линии и не влечёт сбоев в её работе (рис. 12).

В сети KNX допустимы следующие длины сегментов (рис. 13):

- источник питания (PS) — устройство (DVC), 350 м;
- устройство — устройство (для логически связанных устройств), 700 м;
- общая длина линии шины 1000 м;
- минимальная дистанция между двумя источниками питания на линии — 200 м.

Максимальное число шинных устройств на одной линии не должно превышать 64. Если требуется подключение большого числа устройств KNX, то необходимо уйти от однолинейной топологии и при помощи линейных соединителей подключать к главной линии дополнительные, которых может быть до пятнадцати. Эти линии на языке KNX называются сегментами, а совокупность главной линии и всех подчинённых сегментов — зоной. Зона может объединять до 960 устройств KNX. При помощи системной шины можно объединять до 15 зон, увеличивая число подключённых устройств до 14 000.

KNX является децентрализованной системой, присутствие управляющего мастер-устройства в которой не обязательно. Все продукты KNX параметризуются и настраиваются в единой программной среде ETS (Engineering Tool Software). Поскольку данное требование указано в стандарте, можно быть уверенным, что, используя сертифици-

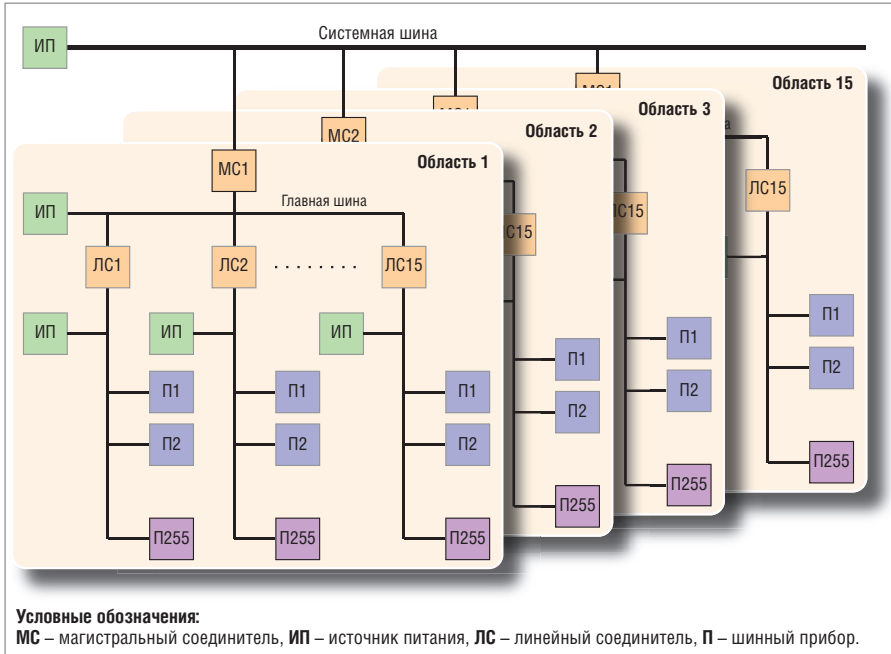


Рис. 12. Топология сети KNX

рованное оборудование KNX, вы получаете совместимость и единообразие его работы, несмотря на технические особенности, заложенные различными производителями. KNX – легко масштабируемая система. Это её свойство позволяет модифицировать уже существующие системы автоматизации без чрезмерных затрат. Это же свойство даёт возможность с успехом строить на базе KNX системы автоматизации как уровня отдельного помещения, так и уровня крупного инфраструктурного объекта типа аэропорта или железнодорожного вокзала.

Из всех рассмотренных протоколов KNX, безусловно, является универсальным. Как уже упоминалось, в этом за-

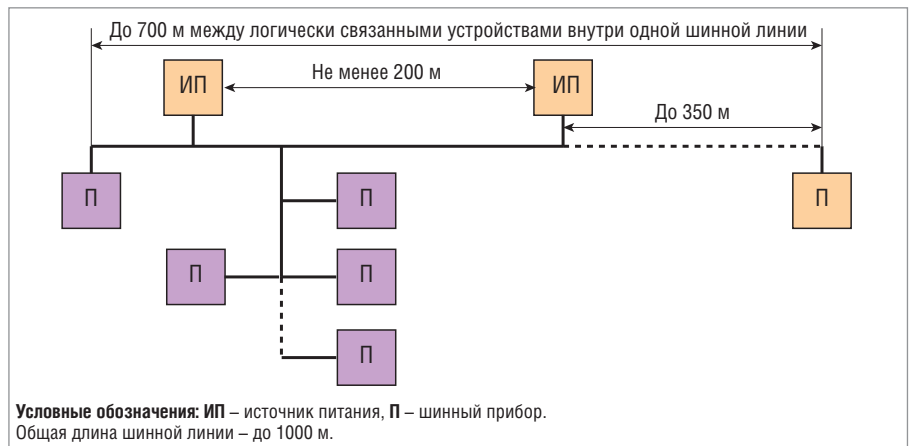


Рис. 13. Длины сегментов сети KNX

ключается его неоспоримое преимущество при реализации комплексной системы автоматизации, в которой освещение является лишь одной из функ-

ций. Если же речь идёт лишь об управлении освещением, то в этом случае применение шины DALI почти наверняка окажется экономически более обоснованным.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Преимущества и недостатки описанных в статье стандартов невозможно рассматривать вне контекста конкретного применения. Параллельное их существование на протяжении длительного времени доказывает, что универсального пути решения всех задач по-прежнему не существует. С другой стороны, наблюдается явная тенденция к взаимной интеграции стандартов и шин управления освещением, позволяющая реализовывать гибридные системы управления, используя сильные сторо-

ны различных стандартов. По-видимому, именно такой путь развития и ожидает это направление автоматизации в ближайшие годы. ●

E-mail: [iqrater@gmail.com](mailto:iqrater@gmail.com)