

А.С. Кремлев, А.В. Титов, А.Н. Щукин

**Проектирование систем
интеллектуального управления домашней
автоматикой.
Элементы теории и практикум**

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

А.С. Кремлев, А.В. Титов, А.Н. Щукин

**Проектирование систем
интеллектуального управления домашней
автоматикой. Элементы теории и практикум**

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2014

Кремлев А.С., Титов А.В., Шукин А.Н. Проектирование систем интеллектуального управления домашней автоматикой. Элементы теории и практикум. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 96 с.

Учебное пособие знакомит студентов с основными принципами проектирования автоматизированных систем домашней автоматики, а также с наиболее актуальным стандартом автоматизации зданий – KNX(EIB). Для закрепления информации и приобретения практических навыков учащимся предстоит выполнить ряд лабораторных работ на специально разработанном оборудовании.

Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих курс «Интегрированные системы проектирования и управления» и обучающихся по специальности 27.04.03 «Интеллектуальные системы управления техническими процессами» на кафедре систем управления и информатики (СУиИ) Университета ИТМО. Работа выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-U01), Министерства образования и науки Российской Федерации (проект 14.Z50.31.0031), гранта Президента Российской Федерации МК-464.2013.8.

Рекомендовано к печати на заседании Ученого совета факультета Компьютерных технологий и управления, протокол № 5 от 20 марта 2014 г.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2014

© Кремлев А.С., Титов А.В., Шукин А.Н., 2014

Содержание

Введение	7
Глава 1. Системы автоматизации и управления зданием	8
1.1 Элементы автоматизации зданий	8
1.2 Типы управления и диспетчеризации	13
1.3 Примеры функциональных требований	13
Глава 2. Протоколы автоматизации зданий	15
2.1 Критерии сравнения протоколов	15
2.1.1 Открытость системы	15
2.1.2 Децентрализованность системы	16
2.1.3 Деление согласно уровням модели OSI	18
2.1.4 Функциональная применимость	21
2.2 Протоколы уровня автоматизации	24
2.2.1 BACNET	24
2.3 Протоколы уровня управления	27
2.3.1 LonWorks / LonTalk	27
2.3.2 EnOcean	31
2.3.3 Z-Wave	35
2.4 Специализированные протоколы	39
2.4.1 DALI	39
2.4.2 DMX512	45
2.5 Прочие протоколы, производители, системы	47
Глава 3. Стандарт KNX	50
3.1 Введение	50
3.1.1 История	50
3.1.2 Описание	50
3.1.3 Преимущества стандарта KNX	51
3.1.4 KNX сегодня	51
3.2 Функциональный пример использования KNX	54

3.3 Основные принципы систем KNX.TP	55
3.3.1 Типы устройств и основные принципы работы системы	55
3.3.2 Физическая адресация	57
3.3.3 Групповая адресация	57
3.3.4 Источник питания.....	57
3.3.5 Передача сигнала KNX.TP	58
3.4 Топология систем KNX.....	60
3.4.1 Линия, зона, несколько зон	60
3.4.2 Линейные соединители	63
3.4.3 Физическая адресация устройств.....	64
3.4.4 Групповая адресация узлов	65
3.4.5 Телеграммы.....	66
3.4.6 Топология KNX-IP.....	69
3.5 Устройства KNX.....	71
3.5.1 Понятия VCU AM AP	71
3.5.2 Внутренняя структура VCU	73
Глава 4. ETS.....	73
4.1 Введение.....	73
4.2 Ввод в эксплуатацию проекта.....	73
4.2.1 Начало работы с ETS	73
4.2.2 Создание нового проекта	75
4.2.3 Структурные представления в разработке проектов	76
4.3 Разработка проекта в ETS	78
4.4 Ввод в эксплуатацию проекта ETS	82
4.5 Загрузка	85
4.5.1 Локальная загрузка	85
4.5.2 Загрузка по шине	86
Глава 5. Практическая часть	88
5.1. Описание стенда	88
5.2. Лабораторные работы	91

5.2.1 Система управления освещением	91
5.2.2 Создание системы безопасности.....	91
5.2.3 Визуализация работы системы	91
5.2.4 Логирование показания электросчетчика и датчиков температуры.....	92
5.2.5 Программирование сценариев работы системы	92
Список литературы	93

Введение

С развитием технологий жизнеобеспечения зданий появляется возможность автоматизации всех инженерных систем здания.

Автоматизация инженерных систем здания позволяет существенно уменьшить расходы на коммунальные услуги, повысить энергоэффективность, повысить комфорт ежедневной эксплуатации жилья, автоматизировать рутинные дела, снизить затраты на обслуживающий персонал, осуществлять управление и контроль работы сложнейших систем без участия человека, централизованно собирать показатели работы и ошибки технически сложного оборудования.

Если говорить о коммерческом секторе, то, помимо снижения потребления энергоресурсов, автоматизация здания может существенно повысить эффективность рабочего процесса. Это обеспечивается за счет постоянной освещенности, контролем за концентрацией углекислого газа, мешающей плодотворной мозговой деятельности, за счет эффективной вентиляции и правильным температурным режимом.

С повышением тарифов на коммунальные услуги перед владельцами зданий все ярче встает вопрос об удешевлении эксплуатации. Политика энергоэффективности зданий ведется не только их владельцами, но и активно продвигается на государственном уровне. За эффективную эксплуатацию систем отопления и вентиляции ответственность возлагается на обслуживающий персонал зданий, на собственников.

Это грамотная политика стратегически видящего государства, ведь зачастую мы даже не задумываемся, зачем нужно экономить ресурсы. А ведь неизбежно нас ждет постнефтяная эра, переход к которой будет очень болезненным, если мы не создадим технологический задел для эффективного использования ресурсов.

Если раньше домашняя автоматика, «умный дом» была за гранью доступности массовому потребителю, то сейчас ситуация в корне меняется. На рынке появляются все больше доступных систем, удобных беспроводных протоколов, позволяющих без ремонта преобразовать свой дом в «умный». Ну и, конечно, мобильная технологическая революция двигает область автоматизации зданий в сторону перенятия лучшего опыта по визуализации, интерфейсам и устройствам управления.

По прогнозам мировых специалистов – следующий технологический виток, так называемый «интернет вещей» (Internet of Things): это сбор информации, анализ, эффективная и проактивная работа всех устройств вокруг нас от Google Glass до «умного» пакета молока. И системы автоматизации зданий должны играть существенную роль в интернете вещей.

Глава 1. Системы автоматизации и управления зданием

1.1 Элементы автоматизации зданий

Комплексная система управления зданием (называемая «умным домом» для частного сектора, «умным офисом», «интеллектуальным зданием» для коммерческого) на этапе проектирования должна включать одинаково совершенные инженерные системы, которые имеют централизованное управление, а внутри их конструкции заложено энерго- и ресурсосбережение.

Такая система обычно состоит из следующих больших подсистем:

1. Система управления искусственным освещением.
2. Система управления естественным освещением.
3. Система управления климатом (Климат-Контроль).
4. Управление системами безопасности.
5. Системы локального управления, визуализации, центрального управления, удаленного доступа.
6. Управление и учет расхода ресурсов (Электричество, тепло, вода и т.д.).
7. Централизованное управление и интеграция всеми системами.

Система управления искусственным освещением призвана решить следующие задачи:

Повышение энергоэффективности за счет использования диммеров, автоматического включения\выключения света по датчику движения или присутствия.

Диммирование - плавное изменение яркости, позволяет добавить или убрать акцент в какой-то определённой зоне. Помимо эстетического удовольствия, есть и экономическое преимущество: диммирование снижает потребление энергии и увеличивает срок службы лампочек

Увеличение комфорта и удобства за счет использования световых сцен (например, сцены «кино», «вечеринка», «чтение» и т.д.), за счет использования групповых сценариев (например, «выключить весь этаж», «выключить всё»).

Смена режимов возможна как в ручном режиме, так и в автоматическом. Для рабочих зон (в «умных офисах») – поддержание комфортной освещенности рабочего пространства вне зависимости от времени суток и погоды на улице.

Система чаще всего включает следующие функции:

- Включение \ выключение групп света
- Диммирование групп света
- Поддержание постоянной освещенности
- Автоматическое включение света
- Световые сцены, общие сценарии
- Управление цветом (RGB-LED ленты)

□ Система управления искусственным освещением призвана решить следующие задачи:

☒ Повышение энергоэффективности за счет совместной работы с системой климат-контроля, зашторивания в моменты пика солнечной активности для снижения нагрузки на системы кондиционирования.

☒ Увеличение комфорта за счет группового управления моторизованными шторами (жалюзи, ролльставнями) совместно с управлением искусственным освещением по освещенности, сцене, временному сценарию.

Система чаще всего включает управление:

- Моторизованными жалюзи;
- Ролльставнями;
- Моторизованными шторами, электрокарнизами.

□ Система климат-контроля предназначена для решения следующих задач:

☒ Для повышения комфорта и удобства эксплуатации, то есть автоматического поддержания и изменения комфортной температуры, влажности, циркуляции свежего воздуха внутри помещений.

В современном автомобиле для каждого пассажира можно задавать свою температурную зону. Точно так же и в умном доме возможно установить различные условия для всех помещений. Стоит отметить, что допустимо поддержание специфических параметров, характерных для специальных помещений, таких как библиотека, винный погреб, галерея и т.п. Существует большое количество сценариев работы системы управления климатом в зависимости от времени года, смены дня и ночи, проведения праздничных мероприятий. Возможно использовать режимы «уехал», «вне дома», предназначенные лишь для поддержания минимально допустимой температуры.

☒ Для увеличения энергоэффективности. Автоматическая система климата всегда выбирает самый эффективный режим работы, исключая «войну» климатических систем, тем самым облегчая жизнь и одновременно снижая затраты на электроэнергию. Все элементы климат-контроля на этапе проектирования должны рассчитываться на совместную работу в оптимальном режиме.

Система чаще всего включает:

- Индивидуальный температурный режим в каждом помещении.
- Управление отопительными приборами (радиаторы, конвекторы, теплые полы).
- Управление вентиляцией (температурой притока, влажностью, скоростью)
- Управление системой кондиционирования (температура, скорость потока)
- Управление фанкойлами (температура, скорость потока)

- Отслеживание открытых окон (для исключения обогрева наружного воздуха)

Управление системами безопасности подразумевает полноценную интеграцию (считывание состояний линий, реагирования на события, отправка управляющих команд на снятие-постановку на охрану) следующих подсистем:

- Охранная Сигнализация
- Пожарная сигнализация
- Контроль и управление доступом, домофония
- Сигнализация протечек воды, утечек газа
- Видеонаблюдение

Управление мультимедиа-системами предназначена для решения следующих проблем:

Повышение удобства и простоты использования мультимедиа-комплексами. Системы, состоящие из множества элементов, источников звука, ресиверов, усилителей без единого центра управления сложны при эксплуатации (нужно управлять каждым устройством со своего пульта управления). Роль универсального пульта ДУ может выполнять система домашней автоматизации.

Система чаще всего включает:

- Видео/аудио мультимедиа
- Управление системами домашних кинотеатров
- Управление презентационными, переговорными комнатами

Управление энергопотребителями предназначено для решения следующих задач:

Обеспечение безопасности, например, при отъезде системой предусматривается отключение всех бытовых нагрузок, розеток за исключением приоритетных (отопление, питание холодильного оборудования, щитового оборудования и т. д.).

Повышение энергоэффективности через систему контроля приоритетами. Часто на жилые дома выделяется недостаточная электрическая мощность, и тогда проектируется система контроля приоритетов, которая отключает неприоритетные нагрузки при превышении общей потребляемой мощности. Такие системы могут строиться и вне системы автоматизации зданий, но возможности по настройке, гибкости работы, индикации и визуализации у них намного ниже.

Системы управления и визуализации предназначены централизованного управления всеми инженерными системами, входящие в автоматизацию зданий. Могут быть разные уровни управления:

- Локальное управление и визуализация в помещении.
- Этажное\секционное управление и визуализация.
- Глобальное управление и визуализация.

- Подробное централизованное управление и визуализация (для диспетчерских)
- Управление и визуализация удаленного доступа



А.



Б.

Рисунок 1.1 – Комнатные термостаты: А – Basalte Deseo, Б – ABB Zenit

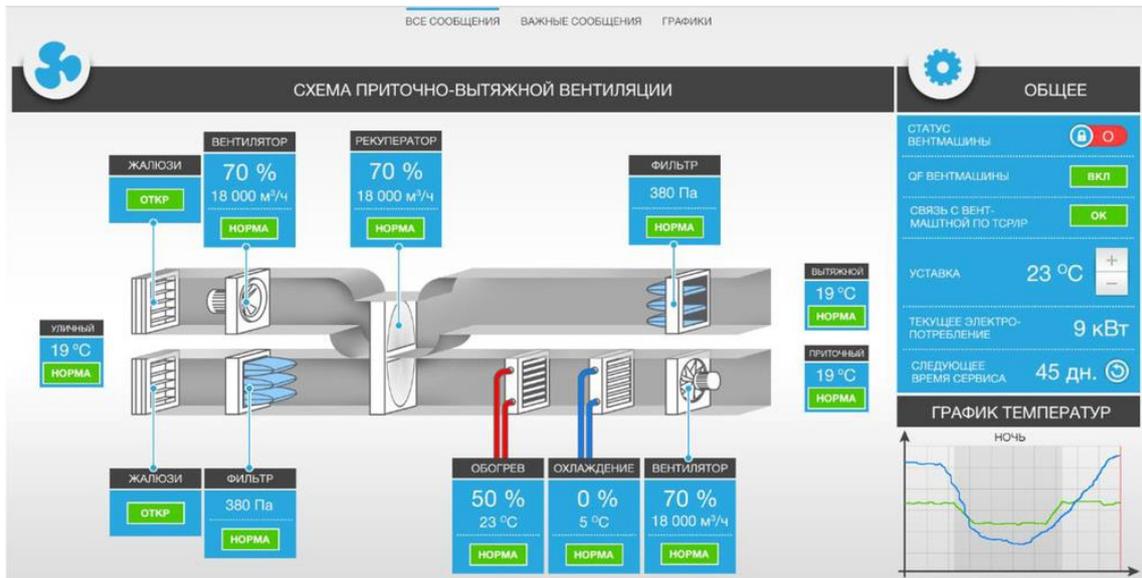


Рисунок 1.2 – Визуализация системы приточно-вытяжной вентиляции



А.



Б.

Рисунок 1.3 – Настенные сенсорные панели управления: А – Gira G1, Б – Jung SC1000



Рисунок 1.4 – iPad визуализация на основе Evika Logic Machine

□ *Централизованное управление и интеграция всеми системами.* Основная мысль, лежащая в основании автоматизации зданий – эффективное совместное управление всеми инженерными системами. Для реализации этой идеи нужен центральный контроллер, связывающих все элементы между собой и исполняющий комплексный алгоритм управления, осуществляющий связь с различными подсистемами через интерфейсные шлюзы.

1.2 Типы управления и диспетчеризации

Управление исполнительными устройствами и снятие показаний элементов измерения может производиться пятью способами:

DI. Digital Input – Цифровой вход.

Это могут быть входы для сухих контактов (гальванически развязанные от цепей управления контакты, то есть не имеющие напряжения на контактах в процессе работы), входы для порогового напряжения, счетчики импульсов. Нужно внимательно смотреть на ограничения по току и напряжению на таких входах.

AI. Analog Input – Аналоговый вход.

Входы такого рода представляют собой входы по току, напряжению заданного диапазона, входы для датчиков PT100, PT1000, NI100, NI100 (температурные), 0-10V, 1-10V, 0-20mA и т.д.

DO. Digital Output – Цифровой выход.

Цифровые выходы — это реле, рассчитанные на определенную нагрузку, то есть имеющие ограничение по току.

AO. Analog Output – Аналоговый выход.

Выходы этого типа задают стандартный управляющих сигнал по току или напряжению, например, 0-20mA или 0-10V.

Интерфейсное управление.

Подробно о типах и распространенных интерфейсах, протоколах автоматизации зданий описано в главе 2.

1.3 Примеры функциональных требований

В таблице 1.1 представлены требования к инженерным системам, их взаимосвязи в зависимости от класса энергопотребления здания

Таблица 1.1 – Классы энергопотребления согласно Европейскому стандарту EN 15232

	Отопление\Охлаждение	Вентиляция\Кондиционирование	Освещение	Защита от солнца
A	<ul style="list-style-type: none"> Индивидуальный контроль температуры для каждой комнаты со связью между контроллерами Учет и управление температурой теплоносителя Полноценная связь между системами охлаждения и отопления 	<ul style="list-style-type: none"> Управление воздухопотоком по присутствию, CO2 вытяжного потока Изменяема уставка температуры приточного воздуха в зависимости от наружной температуры Управление влажностью приточного воздуха покомнатно либо по выхожу 	<ul style="list-style-type: none"> Автоматическое управление яркостью по датчику освещённости, времени суток Автоматическое распознавание присутствия (Включено\выключено\световая сцена) 	<ul style="list-style-type: none"> Автоматическая работы по датчику освещенности совместно с работой системы климат-контроля
B	<ul style="list-style-type: none"> Индивидуальный контроль температуры для каждой комнаты со связью между контроллерами Учет и управление температурой теплоносителя Частичная связь между системами охлаждения и отопления 	<ul style="list-style-type: none"> Управление воздухопотоком по времени Изменяемая уставка температуры приточного воздуха в зависимости от наружной температуры Управление влажностью приточного воздуха покомнатно либо по выхожу 	<ul style="list-style-type: none"> Ручное управление яркостью Автоматическое распознавание присутствия (Включено\выключено\световая сцена) 	<ul style="list-style-type: none"> Автоматическая работы по датчику освещенности
C	<ul style="list-style-type: none"> Индивидуальный контроль температуры независимыми термостатами Регулирование температурой теплоносителя в зависимости от наружной температуры Частичная связь между системами охлаждения и отопления 	<ul style="list-style-type: none"> Управление воздухопотоком по времени Постоянная уставка температуры приточного воздуха Управление общей влажностью приточного воздуха по установленному пределу 	<ul style="list-style-type: none"> Ручное управление яркостью Ручное включение\выключение 	<ul style="list-style-type: none"> Ручное управление с пультов управления

Глава 2. Протоколы автоматизации зданий

2.1 Критерии сравнения протоколов

Сегодня в отрасли автоматизации зданий существует большое количество различных стандартов и протоколов. Классифицировать, понять особенности применения, плюсы и минусы между ними можно большим количеством способов. Для удобства понимания выделим следующие критерии:

- открытость;
- централизованность (децентрализованность);
- физический уровень;
- функциональный уровень.

Эти критерии помогут выявить достоинства и недостатки протоколов, степень удобства их использования в тех или иных проектах.

2.1.1 Открытость системы

Этот критерий отражает зависимость системы от производителя. Получается простое разделение на две группы:

Открытые стандарты (KNX, LON, BACnet, DALI, OpenTherm, EnOcean).

Закрытые стандарты (NetLinx (AMX), Cresnet, e-Control (Crestron), Loxone, iNELS, Teletask, HDL).

Открытые протоколы основаны на общедоступных открытых стандартах либо открытых спецификациях. Часто полной спецификации протокола нет в свободном обращении. Однако, доступ предоставляется для заинтересованных лиц: компаний производителей, желающих выпускать оборудование определённого открытого стандарта, компании разработчики ПО, научно-исследовательские организации.

Вопросы регуляции и сертификации в таком случае ложатся на специально созданную ассоциацию, которая занимается распределением доступа к информации о протоколе, приемом новых участников, проверками на соблюдение стандартов. Выгода такого подхода очевидна: открытые протоколы дают больше вариативности и гибкости. Ведь, если существует несколько производителей, то существует набор устройств, выполняющих одни и те же задачи. Различия между ними сформированы конкурентной борьбой и дают больше свободы выбора по критериям цены продукта, функционала, дополнительных возможностей, дизайна. Так же протокол открыт для научных институтов, организаций, которые могут существенно доработать протокол, внедрить результаты своих исследований, внести дополнительный полезный функционал. Так, например, Венский Технический университет является одной из ведущих исследовательских площадок протокола KNX.

Одним из недостатков открытых стандартов это, как правило, более высокая стоимость, особенно для небольших частных домов и квартир. Связано это с необходимостью производителям платить за вступление в ассоциацию, вносить ежегодные членские взносы. Однако есть исключения из правил: протокол Z-Wave является открытым, но занимает нишу бюджетных решений умного дома.

Главные системообразующие открытые стандарты автоматизации зданий:

KNX - EN 50090 и ISO/IEC 14543

Lon - ANSI/CEA 709.1

BACnet – ASHRAE/ANSI 135 и ISO 16484-5

Закрытые стандарты являются противоположностью открытым – спецификация протокола доступна только лишь единственной компании производителю. Это накладывает существенное ограничение на разработку системы: ограничение использовать линейку оборудования одного производителя. Стоит отметить, что для протоколов крупных производителей существуют шлюзы интеграции оборудования открытых протоколов. Однако, наличие нескольких стандартов на одном и том же функциональном уровне приводит к не всегда нужному усложнению проектирования, пусконаладки и обслуживанию системы. Так же, если производитель прекратил выпуск оборудования, будут сложности с расширением и с заменой вышедших из строя устройств.

В группе закрытых стандартов производители занимают все ниши от систем премиального ценового сегмента (AMX, Crestron, Control4) до решений среднего (Teletask, C-Bus, iNELS) и бюджетного диапазона (HDL-Bus, Loxone).

2.1.2 Децентрализованность системы

Следующий критерий классификации - степень централизации и децентрализации протокола. Можно выделить три группы:

- Централизованные системы (AMX, Crestron, Loxone т.е. системы с центральным контроллером)
- Децентрализованные (распределенные) системы (KNX, LON, HDL-Bus)
- Гибридные системы

Централизованные системы включает в себя центральный контроллер (один или несколько), который отвечает за логику работы элементов системы. В таком случае нет необходимости в «умных» датчиках, исполнительных устройствах. В таких системах применяется топология типа «звезда», когда к каждому датчику и актуатору идет отдельная линия от контроллера. Некоторые элементы могут использовать и шинную топологию.

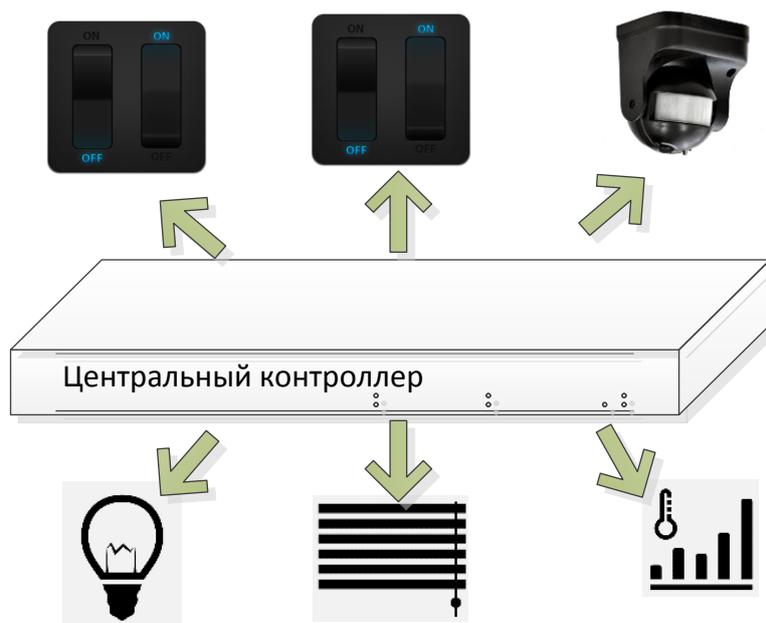


Рисунок 2.1 – Структура централизованной системы

В распределенных (децентрализованных) системах центральный контроллер не используется или не обязателен.

Таким образом, каждый элемент системы имеет встроенную логику, которая сама принимает решение, когда и куда отправлять данные. Огромное преимущество – надежность такой системы, если вышло из строя одно устройство, оно не «уронит» всю систему (только если шина не повреждена). Децентрализованные системы всегда имеют шинную топологию (или ее производные). Обратной стороной монеты является стоимость более сложных устройств по сравнению с централизованными системами.

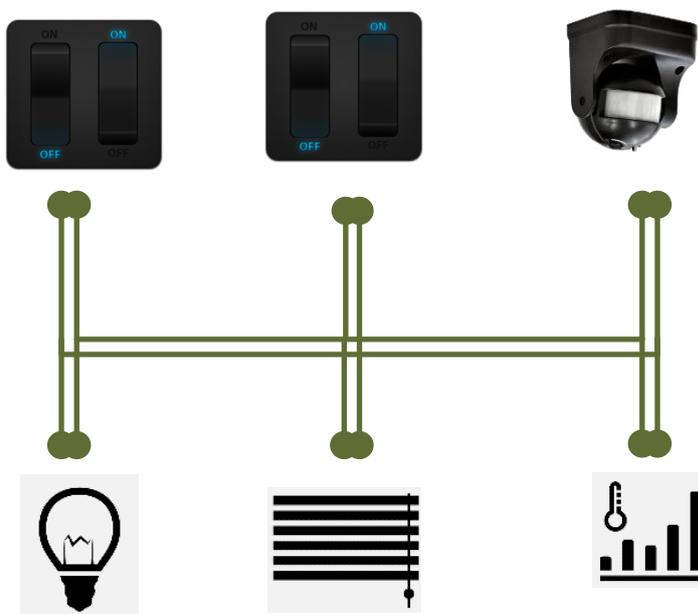


Рисунок 2.2 – Структура децентрализованной системы

Существуют комбинации двух приведенных выше систем – *гибридные системы*. Например, в Nikobus датчики подключаются шинной топологией, в то время как исполнительные блоки подключены «звездой».

Так же довольно часто объединяются централизованные и распределенные системы. То есть контроллер используется для работы сложных алгоритмов управления, а подсистема управления (например, светом или климатом) строится на основе распределённого протокола. В таком случае децентрализованный блок может работать независимо от центрального контроллера, который корректирует работу, т.е. передает управляющие команды при сложных сценариях, обеспечивает удаленный доступ или визуализацию на мобильных устройствах.

2.1.3 Деление согласно уровням модели OSI

Модель OSI – это аббревиатура от английского Open System Interconnection, то есть модель взаимодействия открытых систем.

Сетевая модель OSI представляет собой схему работы (или план действий по обмену данными) для сетевых устройств. Именно этой модели придерживаются производители сетевых устройств, когда разрабатывают новые продукты. Сетевая модель OSI состоит из 7 уровней, причем принято начинать отсчет с нижнего. На рисунке 2.3 приведены все уровни модели OSI.

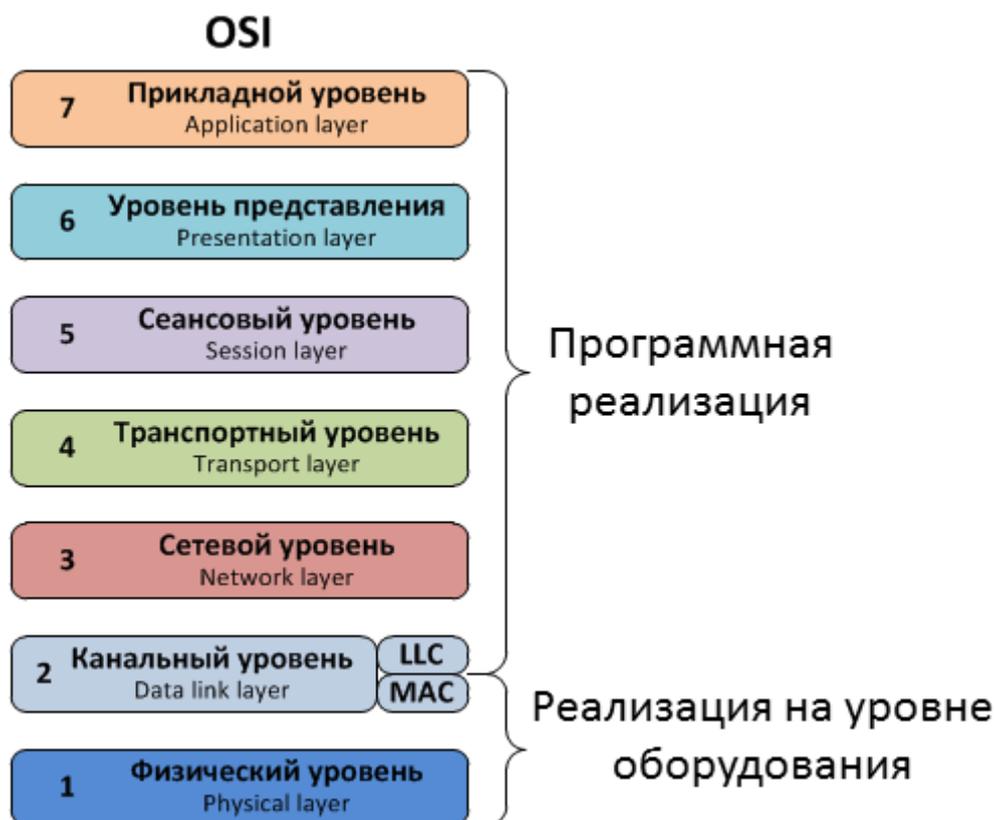


Рисунок 2.3 – Сетевая модель OSI

Прикладной уровень (Application Layer)

Прикладной уровень или уровень приложений— это самый верхний уровень модели. Прикладной уровень отвечает за доступ приложений в сеть. Задачами этого уровня является перенос файлов, обмен почтовыми сообщениями и управление сетью.

К числу наиболее распространенных протоколов верхних уровней относятся:

- RDP (Remote Desktop Protocol)
- HTTP (HyperText Transfer Protocol)
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
- SNMP (Simple Network Management Protocol)
- POP3 (Post Office Protocol Version 3)
- FTP (File Transfer Protocol)
- XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol)
- OSCAR (Open System for CommunicAtion in Realtime)
- Modbus
- SIP (Session Initiation Protocol)
- TELNET

Уровень представления (Presentation Layer)

Уровень представления отвечает за возможность диалога между приложениями на разных машинах. Этот уровень обеспечивает преобразование данных (кодирование, компрессия и т.п.) прикладного уровня в поток информации для транспортного уровня. Протоколы уровня представления обычно являются составной частью функций трех верхних уровней модели.

Протоколы уровня представления:

- AFP — Apple Filing Protocol
- ICA — Independent Computing Architecture
- LPP — Lightweight Presentation Protocol
- NCP — NetWare Core Protocol
- NDR — Network Data Representation
- XDR — eXternal Data Representation
- X.25 PAD — Packet Assembler/Disassembler Protocol.

Сеансовый уровень (Session Layer)

Сеансовый уровень отвечает за организацию сеансов обмена данными между оконечными машинами. Протоколы сеансового уровня обычно являются составной частью функций трех верхних уровней модели.

Протоколы сеансового уровня:

- ADSP (AppleTalk Data Stream Protocol),
- ASP (AppleTalk Session Protocol)

- L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol)
- NetBIOS (Network Basic Input Output System)
- PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol)
- RPC (Remote Procedure Call Protocol)
- SMPP (Short Message Peer-to-Peer)

Транспортный уровень (Transport Layer)

Транспортный уровень делит потоки информации на достаточно малые фрагменты (пакеты) для передачи их на сетевой уровень. При этом уровень надёжности может варьироваться в широких пределах. Существует множество классов протоколов транспортного уровня, начиная от протоколов, предоставляющих только основные транспортные функции (например, функции передачи данных без подтверждения приема), и заканчивая протоколами, которые гарантируют доставку в пункт назначения нескольких пакетов данных в надлежащей последовательности, мультиплексируют несколько потоков данных, обеспечивают механизм управления потоками данных и гарантируют достоверность принятых данных.

Протоколы транспортного уровня:

- ATP (AppleTalk Transaction Protocol)
- FCP (Fiber Channel Protocol)
- NBF (NetBIOS Frames protocol)
- NCP (NetWare Core Protocol)
- RTP (Real-time Transport Protocol)
- SCTP (Stream Control Transmission Protocol)
- SPX (Sequenced Packet Exchange)
- TCP (Transmission Control Protocol)
- UDP (User Datagram Protocol)

Сетевой уровень

Сетевой уровень отвечает за деление пользователей на группы. На этом уровне происходит маршрутизация пакетов на основе преобразования MAC-адресов в сетевые адреса. Сетевой уровень обеспечивает также прозрачную передачу пакетов на транспортный уровень.

- Протоколы сетевого уровня:
- IP/IPv4/IPv6 (Internet Protocol)
- IPX (Internetwork Packet Exchange, протокол межсетевого обмена)
- X.25 (частично этот протокол реализован на уровне 2)
- CLNP (сетевой протокол без организации соединений)
- IPsec (Internet Protocol Security).
- Протоколы маршрутизации — RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First)

Канальный уровень

Канальный уровень обеспечивает создание, передачу и прием кадров данных. Этот уровень обслуживает запросы сетевого уровня и использует сервис физического уровня для приема и передачи пакетов. Спецификации IEEE 802.x делят канальный уровень на два подуровня: управление логическим каналом (LLC) и управление доступом к среде (MAC). LLC обеспечивает обслуживание сетевого уровня, а подуровень MAC регулирует доступ к разделяемой физической среде.

Протоколы канального уровня:

- ARCnet
- ATM
- CAN (Controller Area Network)
- Ethernet
- FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
- PPP (Point-to-Point Protocol)
- PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet)

Физический уровень

Физический уровень получает пакеты данных от вышележащего канального уровня и преобразует их в оптические или электрические сигналы, соответствующие 0 и 1 бинарного потока. Эти сигналы посылаются через среду передачи на приемный узел. Осуществляют передачу электрических или оптических сигналов в кабель или в радиоэфир и, соответственно, их приём и преобразование в биты данных в соответствии с методами кодирования цифровых сигналов.

На этом уровне также работают концентраторы, повторители сигнала и медиаконвертеры.

Протоколы физического уровня:

- IEEE 802.15 (Bluetooth)
- IRDA
- EIA RS-232
- RS-485
- DSL
- ISDN
- 802.11
- GSM

2.1.4 Функциональная применимость

Этот критерий отвечает за возможность покрывать несколько функциональных уровней системы умного дома. Таким образом, на основе этого критерия можно выделить две группы:

Многофункциональные протоколы (KNX, LON, BacNet), которые могут решить множество задач по автоматизации зданий

(управление освещением, сбор данных с датчиков, управление вентиляцией, кондиционированием и т.д.)

Узкоспециализированные протоколы, предназначенные для одной функции: DALI, DMX – протоколы управления освещением, OpenTherm – протокол для управления отопительными приборами.

В промышленной автоматике существует классическое деление протоколов автоматизации на три иерархических уровня. Это деление представлено на рисунках 2.4 и 2.5 и представляет собой следующие уровни:

Нижний уровень – исполнительный уровень: датчики, актуаторы, локальные контроллеры

Средний уровень – уровень автоматизации: комплексные системы управления и диспетчеризации (SCADA, HMI, MES)

Высокий уровень – уровень управления нижним и средним уровнем, аналитика, учет и диспетчеризация (ERP, BMS)

Дадим расшифровку вышеприведенным аббревиатурам:

- *BMS* – от англ. Building Management System, Автоматизированная Система Управления Зданием – АСУЗ.
- *MES* – от англ. Manufacturing Execution System, система управления производственными процессами.
- *SCADA* – от англ. Supervisory Control And Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных.
- *HMI* – от англ. Human Machine Interface, человеко-машинный интерфейс – ЧМИ.

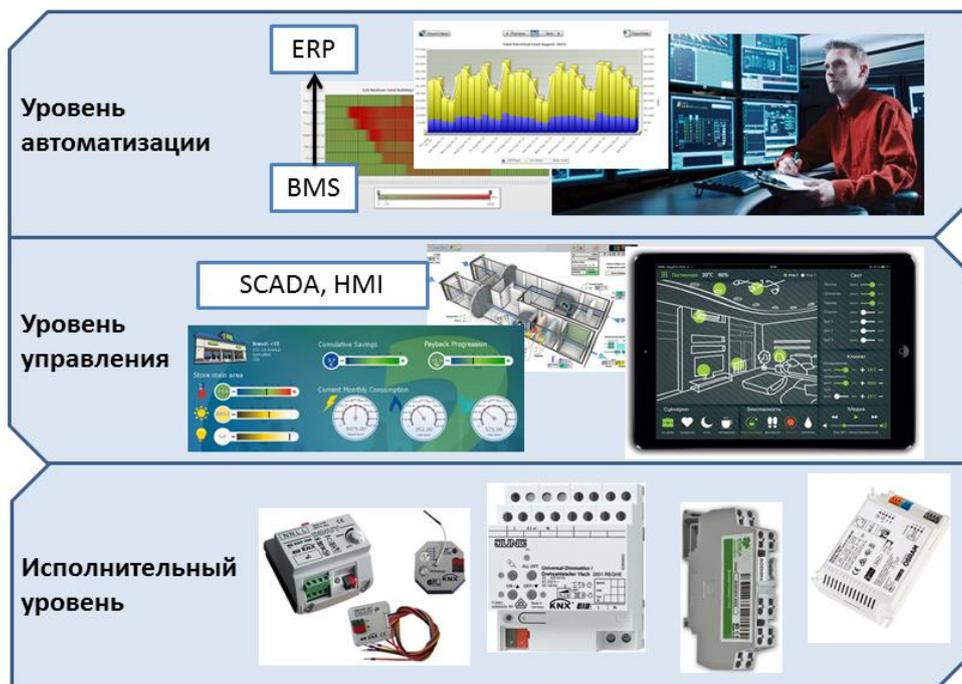


Рисунок 2.4 – Функциональные уровни автоматизации зданий

KNX (глава 3) и LonMark (раздел 2.2.1) больше нацелены на уровень автоматизации и исполнительный уровень. BacNet же был разработан для более высокоуровневых задач, то есть нацелен на уровень управления.

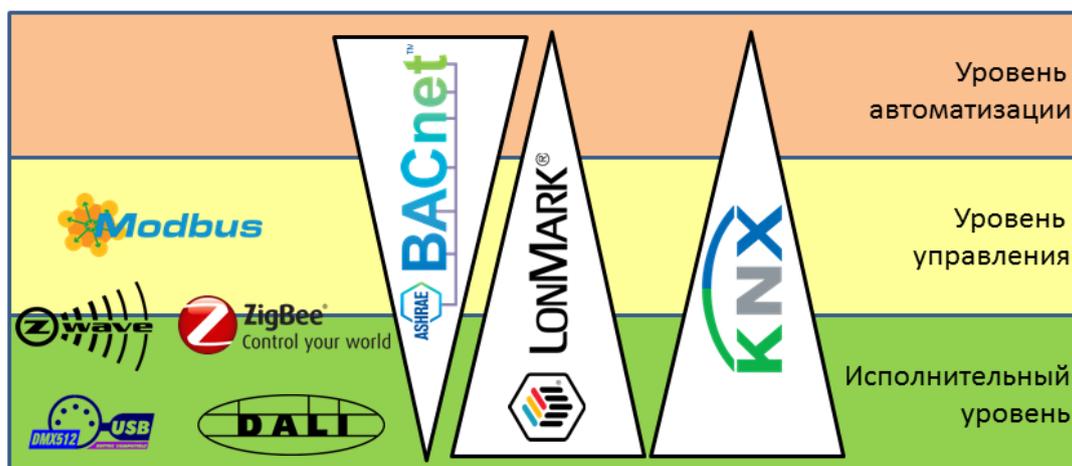


Рисунок 2.5 – Распределение протоколов на функциональных уровнях

Х. Ньюман [7] дает следующие определения трех принципиальных уровней автоматизация зданий:

На уровне управления находится функции операционного управления и анализа (например, службой эксплуатации). К этому уровню относятся взаимодействие с контроллерами разных подсистем, логирование ошибок, уведомлений, статистика и анализ, централизованное управление расходом энергоресурсов (электричество, вода и т.д.). *Устройства взаимодействия* с системой на этом уровне – персональные компьютеры, веб-интерфейсы, мобильные устройства со специально разработанными приложениями.

К уровню автоматизации относится большинство функций управления в реальном времени. Из устройств к этому уровню относятся в основном различные контроллеры, блоки логики, управления, протокольные шлюзы. К этому уровню можно отнести и пользовательские *устройства управления и взаимодействия* (клавишные панели и сенсорные панели, пользовательская визуализация на мобильных устройствах).

Исполнительный уровень включает в себя датчики, актуаторы, устройства ввода-вывода. Так же сюда обычно относят узкофункциональные контроллеры (например, блок управления электроприводами карнизов, штор, роллетов, метеостанции и т.д.)

2.2 Протоколы уровня автоматизации

2.2.1 BACNET

История и назначение протокола

Идея разработки протокола BACnet родилась в середине 80-х в стенах американского сообщества инженеров отопления, вентиляции, кондиционирования ASHRAE. С самого начала разработки назначением протокола была автоматизация зданий. Это и следует из его названия: протокол для Автоматизации Зданий и Управляющий сетей (protocol for Building Automation and Control networks BACnet).



Рисунок 2.6 – Логотип BACnet

Сегодня BACnet определяется двум набором стандартов ISO 16484-5 и ANSI/ASHRAE STANDARD 135. Протокол существенно отличается от других стандартизированных протоколов, в основном из-за своей нацеленности в большей степени на уровень управления и в меньшей на уровень автоматизации. Чаще всего его преимущества реализуются в проектах коммерческих зданий (бизнес-центры, гостиницы, места массового скопления людей, аэропорты, вокзалы, стадионы и т.д.). На основе этого протокола часто строятся системы централизованного контроля зданием BMS (building management system).

Протокол BACnet является наглядным примером открытого протокола, не привязанного к определенной элементной базе (в противовес проприетарному LonTalk). На нижних уровнях OSI-модели протокол довольно гибок. Разработчик волен выбирать протоколы физического и канального уровней из довольно широкого спектра:

- ARCNET
- Ethernet
- BACnet/IP
- Point-To-Point через RS-232
- Master-Slave/Token - Passing через RS-485
- LonTalk
- KNX-IP

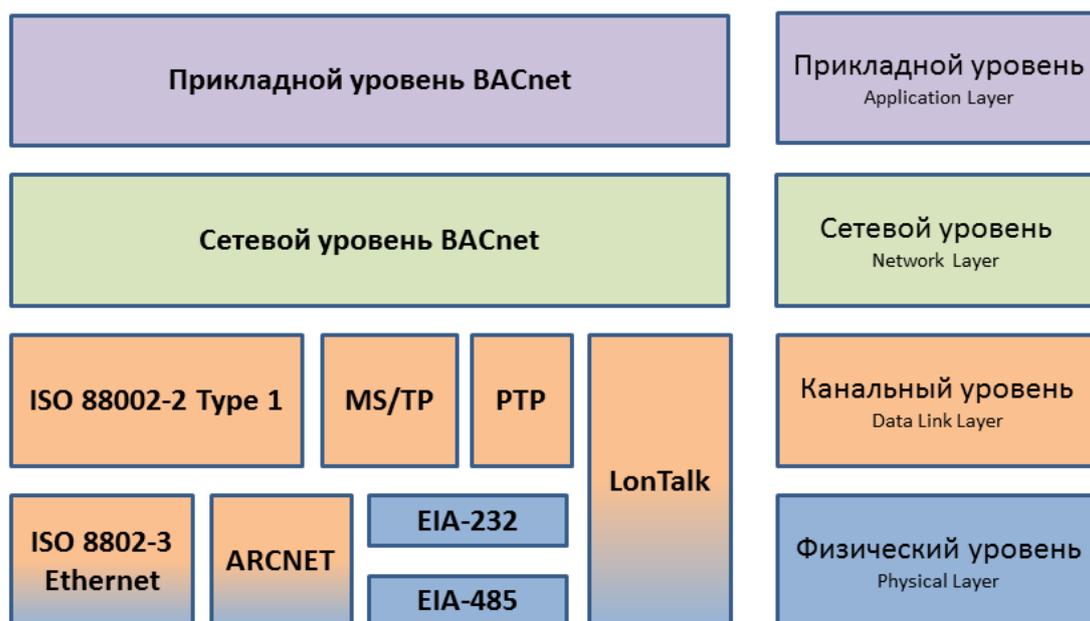


Рисунок 2.7 – Уровни протокола BACnet

Особенности реализации протокола

Между устройствами в протоколе BACnet информация передается посредством объектного представления. Сегодня существует 49 стандартизированных типов объектов, например:

- Устройство (Обязательно для любого BACnet устройства)
- Аналоговый вход/выход/значение
- Аналоговый вход/выход/значение
- Расписание
- Календарь
- Программа
- Файл
- Шлюз

Каждый объект имеет стандартизированные свойства: идентификатор, имя, тип и специализированные свойства, зависящие от типа объекта. В протоколе более ста стандартизированных свойств специального назначения. Свойства читаются и записываются вызовом определенных сервисов. Сервисы предназначены не только для чтения и записи свойств. Сервисы определяют то, каким образом одно BACnet-устройство получает информацию о другом устройстве, передает команду управления или уведомляет устройство или группу устройств о каком-либо событии.

Каждый запрос сервиса и уведомление от объекта к которому был обращен запрос преобразуется в сообщение (пакет), которое передается по сети. Все эти особенности протокола позволяют расширить границы применимости от традиционного управления климатическими системами, светом в малых и средних зданиях до централизованных систем управления зданием (BMS).

Протокол BACNet использует широковещательную передачу в некоторых случаях, например, для поиска устройств в сети. Однако, если сегменты сети объединены через IP-роутеры, то скорее всего широковещательные пакеты будут потеряны. В таком случае нужно использовать BBMD-устройства (Broadcast Management Device). Топология с использованием BBMD представлена на рисунке ___.

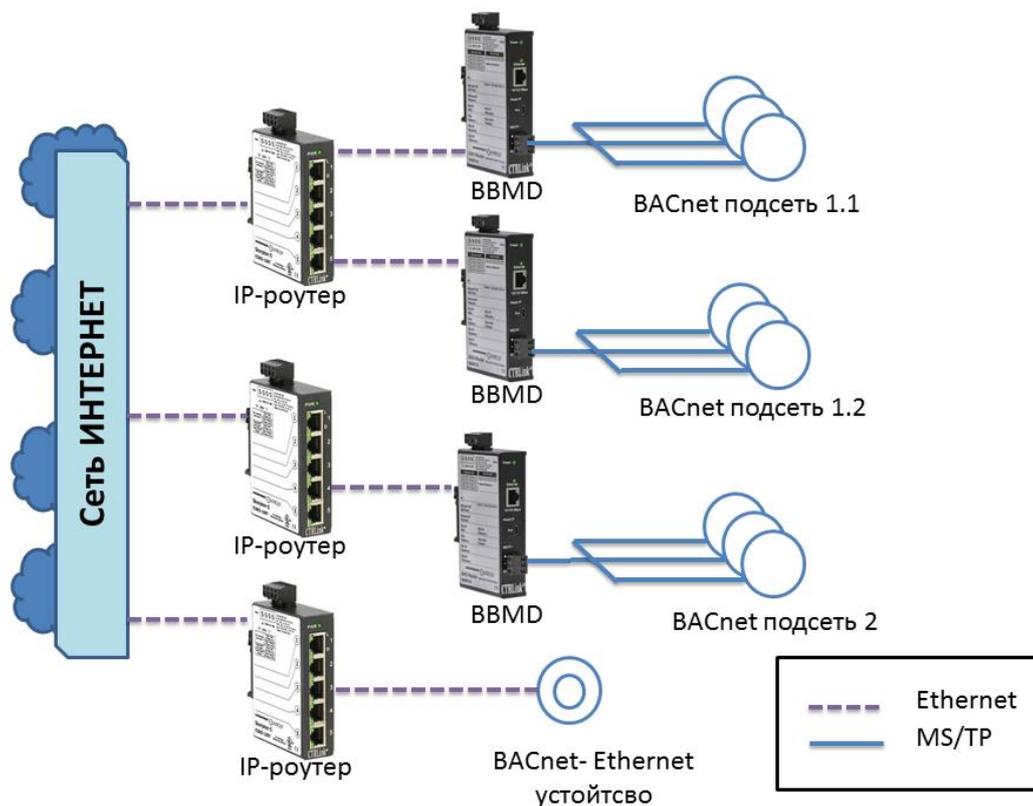


Рисунок 2.8 – Топология BACnet с использованием BBMD и IP-роутеров

Зачастую BMS включает контроль такими системами как вертикальная транспортная система, система лифтов, система учета энергопотребления, отходов и т.д.

Преимущества и недостатки

Значительное достоинство протокола BACnet в возможности объединения работы ранее несовместимых систем.

Что касается недостатков BACnet, то одним из них является отсутствие стандартного ПО для конфигурирования системы. Почти каждый производитель разрабатывает свое ПО для настройки.

Другая существенная проблема – некоторое оборудование различных производителей на 100% несовместимо друг с другом, как это подразумевалось стандартом. Причиной является желание некоторых производителей добавить дополнительный функционал, добавить дополнительные параметры, типы объектов. А другие не спешат добавлять поддержку этих нововведений. В том поэтому создаются Лаборатории

тестирования BACnet (BACnet Testing Laboratories (BTL)). Сегодня BACnet поддерживается списком более чем 500 компаниями-производителями включая: Siemens, Honeywell, Hyundai, Mitsubishi, ABB, WAGO, DOMAT Control, Тесо.

2.3 Протоколы уровня управления

В данном подразделе описаны три протокола уровня управления: LonTalk, беспроводные EnOcean и Z-Wave. Протокол KNX подробно описан в главе 3.

2.3.1 LonWorks / LonTalk

История и назначение протокола

LonWorks это платформа автоматизации, включающая в себя стандартизированный протокол LonTalk, разработанная в конце 90-х компанией Echelon. В противовес BACnet, KNX LonWorks и LonTalk не разрабатывались исключительно для задач автоматизации зданий.



Рисунок 2.9 – Логотип ассоциации LonWorks

Эта платформа довольно гибкая и успешно применяется и в других областях автоматизации и управления, таких как:

- Автоматизация железнодорожных комплексов, метрополитена
- Промышленно-производственная автоматизация
- Автоматизация нефтегазовых комплексов
- Автоматизация микроэлектронного производства
- Управление и контроль за городским освещением

Аналогично BACnet и KNX LonTalk поддерживается рядом международных стандартов:

- ISO/IEC 14908-1-4
- ANSI/IEC 709.1-B. Сетевое управление домашней автоматикой
- ANSI/ASHRAE 135-1995. Канальный MAC уровень (по модели OSI) для Автоматизации Зданий
- IEEE 1473-L. Внутри- и межтранспортный протокол для рельсового пассажирского транспорта
- AAR ECP. Американская Ассоциация пневматических тормозных систем рельсового транспорта.
- EN14908-1. Европейская ассоциация интеллектуальных зданий
- GB/Z 20177.1-2006. Китайский Комитет стандартов протоколов управления

- GB/T 20299.4-2006. Китайский Комитет цифровых стандартов автоматике для коммерческой и жилой недвижимости
- SEMI E54.16 Стандарт производителей полупроводников

Функциональные уровни иерархической модели на которых чаще всего применяет LonTalk – нижний и средний (исполнительный и уровень автоматизации, соответственно).

Особенности реализации протокола

В каждом Lon-устройстве должен быть стандартизированный микроэлектронный элемент – Neuron-чип. Каждая Neuron-микросхема имеет уникальный 48-битный серийный номер, без которого не обойтись при инсталляции устройства. Эта жёсткая необходимость для производителей оборудования использовать проприетарный компонент является одним из существенных недостатков LonWorks.



Рисунок 2.10 – Микросхема Neuron-chip

Этот Neuron-чип разрабатывается совместно компаниями Toshiba и Motorola и состоит из трех 8-битных процессоров. Два из них предназначены для непосредственного функционирования протокола, третий же доступен для пользовательский нужд:

- CPU1 – MAC-Уровень;
- CPU2 – Ответственен за обработку SNVT-переменных;
- CPU3 – Доступен для пользовательских приложений на языке “Neuron C”.

Передача данные и топология

Процесс коммуникации между элементами в сети LonTalk реализован через логическую связь между сетевыми переменными.

Каждое устройство имеет набор входных, выходных параметров, а также переменные, с помощью которых конфигурируются сетевые параметры. Тип этих переменных стандартизирован и может быть только лишь из стандартного набора SNVT (Standard Network Variable Types) – Стандартных Типов Сетевых Переменных.

Каждый SNVT-тип определен рядом специфических параметров. Например, если термостату требуется получить значение температуры из

какой-либо точки здания, то необходимо создать виртуальную логическую связь между переменными входа термостата и выхода температурного датчика (типы этих переменных должны быть одинаковыми и быть из набора SNVT). Стандартные SNVT- типы определяют переменные для напряжения, силы тока, температуры, длины, расходу электроэнергии и т.д.

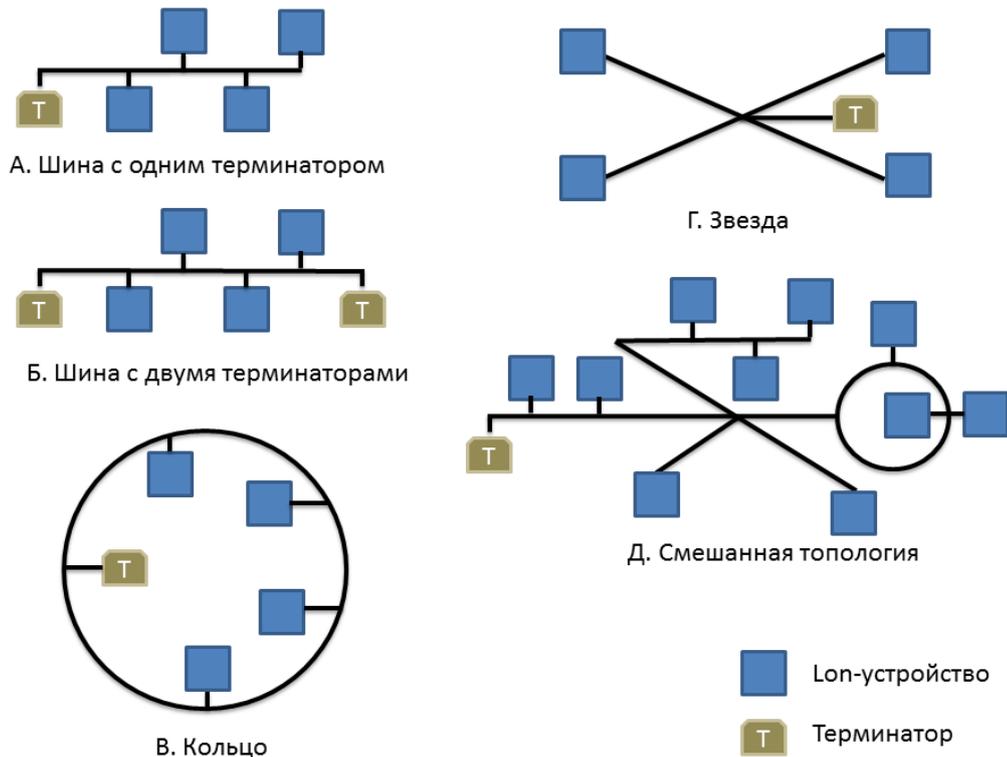


Рисунок 2.11 – Топология протокола LonTalk

Одна выходная переменная может быть связана с несколькими входными переменными. Этот подход LonTalk немного отличается от подхода в протоколе KNX, где связь между переменными реализуется групповыми адресами. В LonTalk измеряемые данные с выходов устройств отправляются при каком-либо событии:

- ◆ по изменению значения (АО –переменные);
- ◆ по изменению состояния (DO-переменные);
- ◆ через определенные промежутки времени при использовании настроенных таймеров;
- ◆ по обращению с другого устройства.

При использовании трансиверов свободной топологии (например, FTT-10) допускается смешанная топология сети. Следовательно, сегментная топология может быть представлена шиной, звездой, кольцом или их комбинацией. Различные топологии показаны на рисунке 2.11.

Узел может быть подключен к любой точке кабельного сегмента, пока количество узлов не превышает установленного предела. Должны также соблюдаться требования, касающиеся длины кабелей и расстояния между узлами. Для предотвращения отражения сигнала в конце сетевого сегмента необходима нагрузка – терминатор. Шинная топология имеет две конечных нагрузки, а топологии «звезда» и «кольцо» – только одну.

Таблица 2.1 – Ограничения по длине кабеля в сети LonTalk для шинной топологии

Сечение, мм ²	Тип	Марка	Длина линии, м	Макс. кол-во узлов
1,3	AWG 16	Belden 85102	2700	128
0,7	AWG 22	Level IV	1400	74
0,5	AWG 24	Cat 5	900	64

Таблица 2.2 – Ограничения по длине кабеля в сети LonTalk для свободной топологии

Сечение, мм ²	Тип	Марка	Расстояние между узлами, м	Общая длина линии, м
1,3	AWG 16	Belden 85102	500	500
0,7	AWG 22	Level IV	400	500
0,5	AWG 24	Cat 5	250	450

Всего существует шесть физических уровней которые используются для построения сетей LonTalk:

- Витая пара (часто используемый);
- Силовая линия 230В (часто используемый);
- Радиоканал;
- ИК-Канал;
- Коаксиальный кабель;
- Оптоволокно.

Так же существует популярный метод передачи LonTalk через сети Ethernet (LonTalk-over-IP). Для каждого физического уровня существуют специальные приемо-передатчики (шлюзы), преобразующие и передающие специализированные для каждого уровня сигналы в стандартные для микрочипов Neuron-Chips.

Сертификационные и правовые аспекты

Для поддержки и продвижения протокола была основана ассоциация LonMark. Основные задачи – вопросы стандартизации и совместимости. На сегодняшний день в нее входят более 400 членов, такие как: ABB, Honeywell, Thermokon, Shneider Electric, Somfy, WAGO. Стоит отметить,

что этот стандарт более популярен в Северной Америке, нежели в Европе, где лидирующие позиции занимает KNX.

LonTalk сегодня

Спектр производимого на основе LonWorks оборудования довольно широк: очень много задач домашней и коммерческой автоматизации можно решить с применением этого протокола. Однако стоимость оборудования LonWorks препятствует повсеместному использованию этого стандарта, в частности в домашней автоматизации.

2.3.2 EnOcean

История и назначение протокола

EnOcean – пример экологичного, «зеленого» стандарта автоматизации зданий. EnOcean был основан в 2001 году, отмежевавшись от корпорации Siemens, в стенах которой и был разработан протокол.



Рисунок 2.12 – Логотип EnOcean

Стандарт EnOcean является беспроводным и децентрализованным, каждый элемент сети имеет свой микроконтроллер который, т.е. может действовать независимо от других. Часто EnOcean используется в качестве подсистемы, интегрированный в другую систему (например, KNX, Lon). Но назвать протокол EnOcean специализированным нельзя.

К преимуществам EnOcean можно отнести:

- Надежная беспроводная передача данных
- Энергоэффективность, низкое потребление энергии
- Генерация энергии (за счет пьезогенераторов)
- Много устройств, не требующих наличия элементов питания
- Повышенная пожаробезопасность, низкое электромагнитное излучение

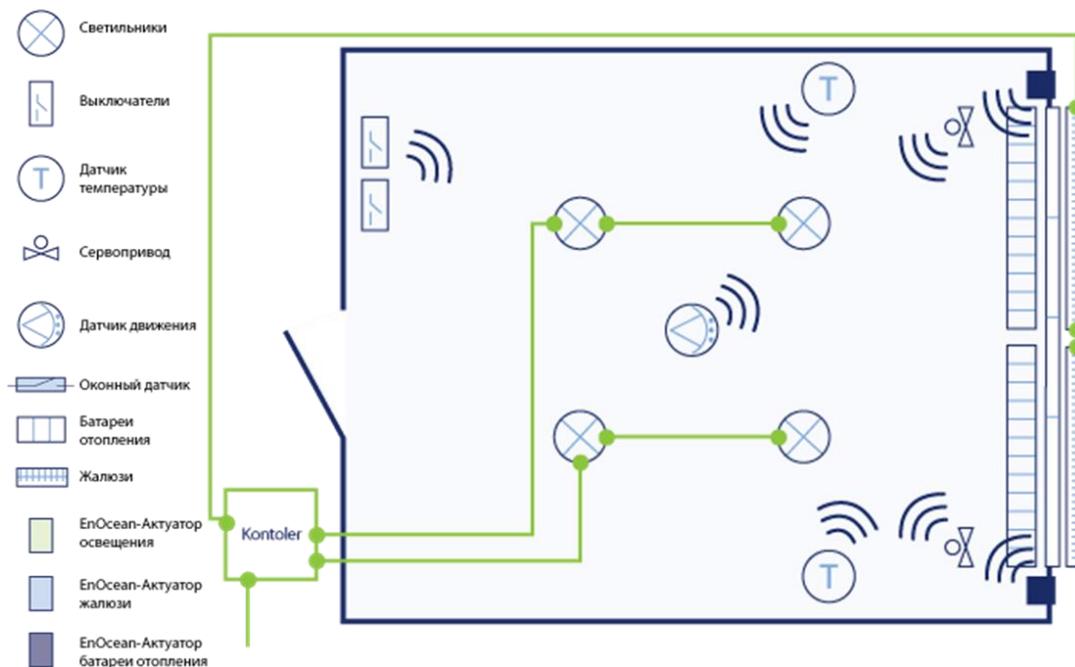


Рисунок 2.13 – Пример проекта на EnOcean

К недостаткам протокола можно отнести небольшую линейку EnOcean-устройств, особенно представленную на Российском рынке. Так же в устройствах, генерирующих энергию для отправки пакета, отсутствует подтверждение доставки пакета, что усложняет пусконаладку системы.

Особенности реализации протокола

Существует три типа устройств:

- Передающие устройства (беспроводные датчики);
- Принимающие устройства (актуаторы, исполнительные устройства);
- Приемо-передающие устройства (беспроводные датчики, актуаторы, шлюзы, повторители).

Устройства могут сами генерировать энергию (датчики, актуаторы), иметь встроенный сменный источник питания, т.е. питаться от батареи (датчики, актуаторы) либо питаться от сети (датчики, актуаторы, шлюзы, повторители).

Большое количество модулей являются энергогенерирующими, т.е. для них не требуется силовой линии или батареи. Такие элементы имеют генератор и конвертер энергии.

Существуют следующие типы энергогенерирующих устройств:

- Преобразователи кинетической энергии при нажатиях на кнопки выключателей, повороте ручек и т.д. Используются пьезогенераторы с циклом до 50000 срабатываний.
- Преобразователи солнечной энергии. Используются солнечные батареи, например, для отслеживания освещенности.

- Преобразователи разности температур. Используются элементы Пельтье

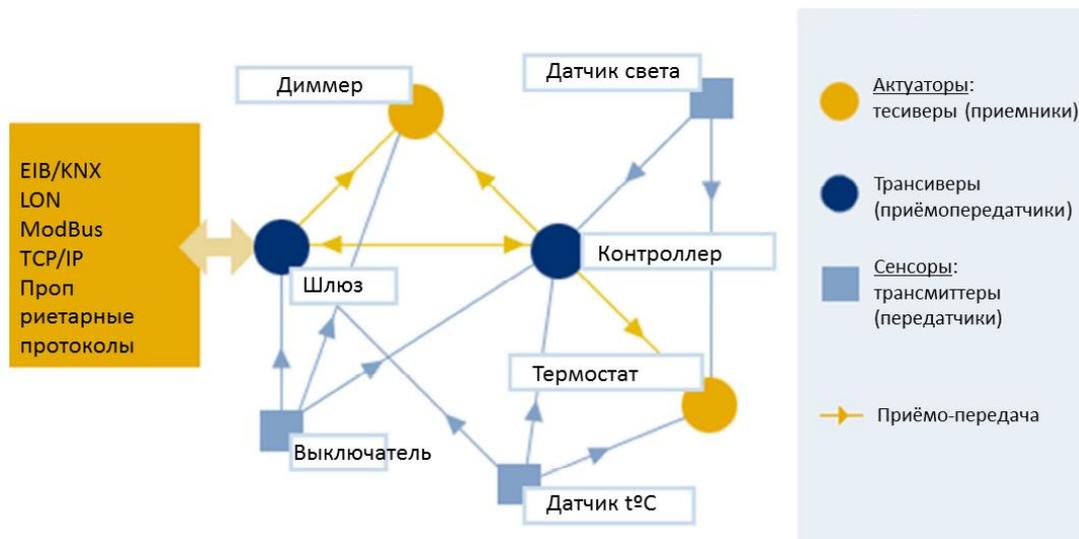


Рисунок 2.14 – Топология EnOcean

Физический уровень

Стандарт использует три частоты: 868.3 МГц для Европы и России, 315 МГц для Северной Америки и стран, не входящих в FCC.

Тех. Характеристики для Европы и России:

- Бесплатная лицензия для Европы при скважности не более 1% и ASK-модуляции (амплитудная).
- Пакеты состоят из 14 байт, 4 байта из которых представляют непосредственно данные. Например, при нажатии на клавишу выключателя отправляется 3 пакета. Эти пакеты отправляются через псевдослучайные промежутки времени для уменьшения вероятности коллизий.
- Радиус действия – 30м внутри здания и 300м на открытой местности.
- Ширина окна передачи – 1 мс.
- Скорость передачи данных 125 Кбит/с.
- Нет общих частот с WiFi или другими беспроводными системами.
- Каждое устройство имеет 32-битный идентификатор.
- Минимальная требуемая мощность для передачи сообщения – 50 мкВт.

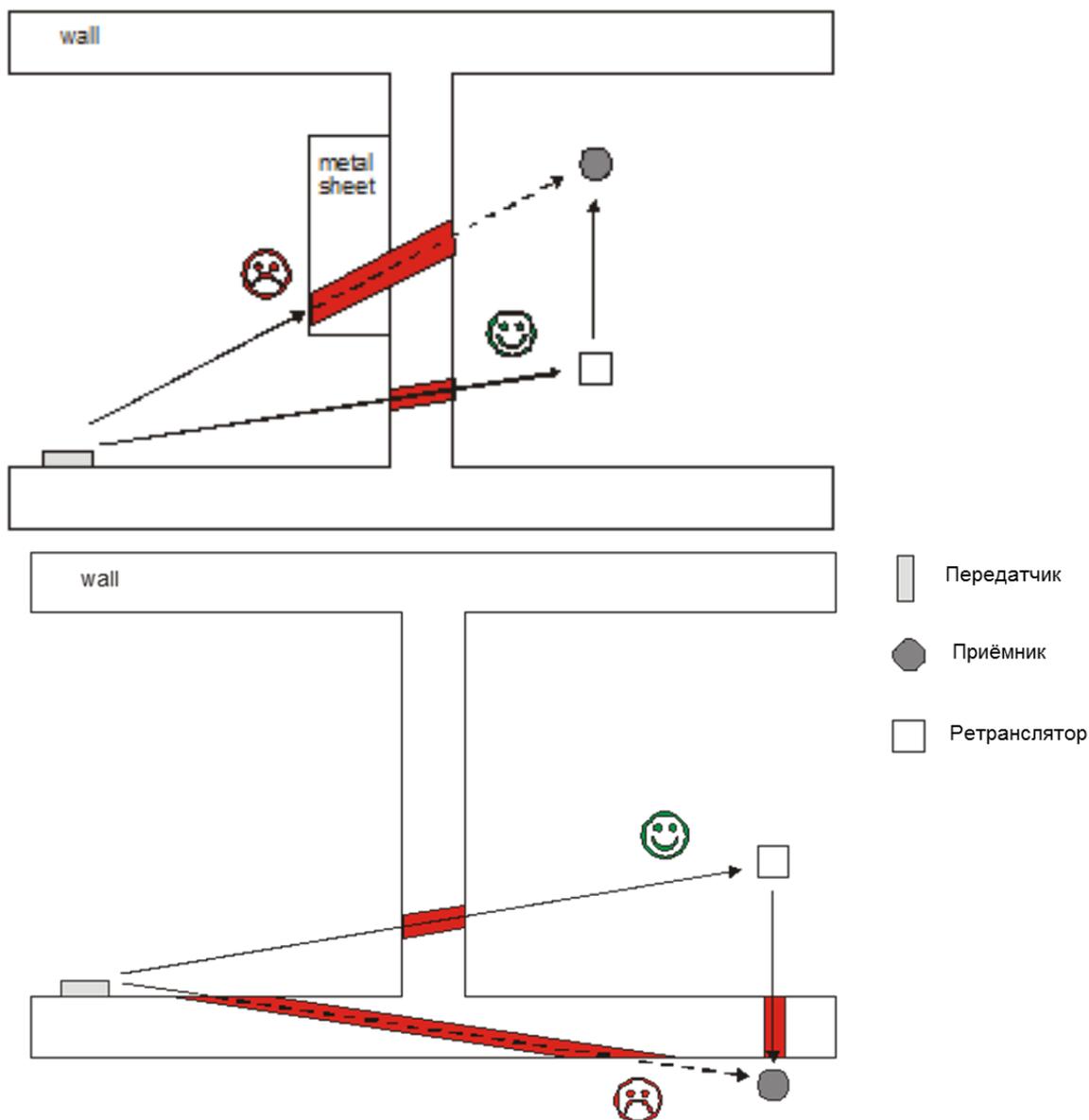


Рисунок 2.15 – Особенности использования повторителей в EnOcean
Сертификационные и правовые аспекты

В 2008 году была основана организация EnOcean Alliance в которую вошли Texas Instruments, Omnio, Sylvania, Masco, MK Electric.

На данный момент организация включает более 100 участников, в том числе Siemens, WAGO, Osram, Steute, Thermokon, VIPA, Phoenix Contact и т.д.

Применение EnOcean

EnOcean в основном используется в автоматизации зданий, часто при реконструкции зданий. Технология способна решать классические задачи:

- a. Управление освещением и электрокарнизами, роллетами и т.д.
- b. Контроль присутствия, состояния открытых\закрытых окон.
- c. Задачи климат-контроля.

d. Измерения различных показателей.

Существует множество межпротокольных шлюзов с основными стандартами, такими как KNX, Lon, Modbus, TCP/IP.

Помимо области автоматизации зданий протокол применяется и в других отраслях. Существуют пилотные проекты в автомобильной промышленности, в общественном транспорте, на производствах.

2.3.3 Z-Wave

История и назначение протокола

Z-Wave – беспроводной протокол домашней автоматизации, разработанный датской компанией Zen-Sys в 2001 году и купленный Sigma Designs в 2008 году.



Рисунок 2.16 – Логотип Z-Wave

Протокол разрабатывался для решения задач автоматизации небольших домов и квартир с количеством устройств в сети от 1-2 до 100. Возможна работа и с большим количеством устройств, но с использованием более производительных центральных контроллеров. Итак, область применения протокола следующая:

- Управление освещением (реле, диммеры, LED-ленты).
- Управление электрокарнизами, жалюзи, роллетами.
- Управление нагрузками (до 3.5 кВт).
- Климат-контроль (управление эл. Теплыми полами, сервоприводами радиаторов, кондиционерами по ИК-каналу).

Особенности реализации протокола

Стандартом строго определен микропроцессор, на основе которого стоит каждое Z-Wave устройство. Существует два решения: от Sigma Design и Mitsumi. Производители предлагают несколько вариантов исполнения: только минимально необходимый чип, либо чип с необходимой обвязкой для работы радио-модуля. Сейчас актуальны чипы пятого поколения от Sigma Design, потребляющие всего 32мА в режиме приёма-передачи и 1 мкА в режиме сна.

Каждой Z-Wave сети присваивается уникальный Z-Wave идентификатор – Home ID. В одной и той же точке могут независимо функционировать несколько Z-Wave сетей, имеющих разные Home ID. Это обеспечивается максимальной скважностью передачи, заложенной в протоколе, равной 1%. Каждому устройству присваивается уникальный Node ID. Всего в одной сети может быть до 232 устройства.

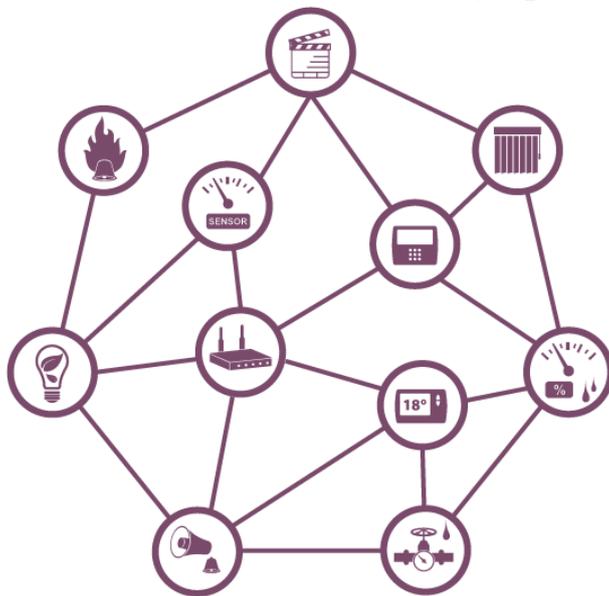


Рисунок 2.17 – Принцип mesh-сети

Сеть Z-Wave является mesh-сетью, то есть имеет ячеистую структуру. Каждый узел такой сети осведомлен об окружающих его узлах, а также может перенаправлять через себя пакеты до адресата. Система маршрутизации, предусмотренная в протоколе, позволяет искать обходные пути для гарантированной доставки пакетов. В центральных контроллерах предусмотрена система обновления маршрутов по запросу и расписанию. Это позволяет автоматически восстановить пропавшие маршруты, например, при перестановки мебели. Так же в версии протокола 4.5 появилась возможность отправлять специальный пакет Explore Frame, который проходит по всем узлам сети, пока не найдется искомый. То есть, если в сети присутствуют устройства, не поддерживающие версию протокола 4.5 и выше, то необходимо хотя бы раз в неделю обновлять маршруты через специальный скрипт на центральном контроллере.

Физический уровень

Протокол использует ряд частот в зависимости от региона: 869.0 МГц (Россия), 868.42 МГц (Европа, Китай, Сингапур, ОАЭ, ЮАР), 908.42 МГц (США, Мексика), 921.42 МГц (Австралия, Бразилия, Новая Зеландия), 919.8 МГц (Гонконг), 865.2 МГц (Индия), 868.2 МГц (Малайзия), Япония (951-956 и 922-926 МГц). Скорость передачи – до 42кБит/с. (в предыдущих версиях протокола – 100 кБит/с, 9.6 кБит/с). Используется FSK-модуляция

(частотная) при коэффициенте использования (скважности) не более 1%. Максимальная мощность передачи 1 мВт.

В протоколе заложен алгоритм маршрутизации Source Routing, означающий, что маршрут отправляется передающим устройством. Broadcast и multicast пакеты не маршрутизируются.

Пакеты Z-Wave довольно компактны, максимальный полезный размер передаваемых данных составляет 46 байт. Это означает малое занимаемое время в эфире, уменьшение потерь при передаче и высокую энергоэффективность передачи. С другой стороны, из-за этих особенностей протокол совсем не подходит для потоковой передачи потоковых данных.

Типы Z-Wave устройств

Протоколом предусмотрены следующие типы узлов:

Портативный контроллер (Portable Controller). Устройство, хранящее информацию о всех узлах и связях сети, способное на базе этой информации определить маршрут до любого устройства сети. К портативному контроллеру нельзя обратиться, оно не фигурирует в таблице маршрутизации. Но такой контроллер может отвечать на запросы других участников сети.

Пример устройства: пульт дистанционного управления

Статический контроллер (Static Controller). Статический контроллер аналогичен портативному, за исключением, что он не должен перемещаться в пространстве и призван быть всегда доступным другим участникам сети.

Пример устройства: ПК с донглом Z-Wave, центральный контроллер

Дочернее устройство (Slave). Дочернее устройство не хранит никаких данных о соседних участниках сети, никаких маршрутах. Такие устройства могут быть только опрашиваемыми другими участниками сети. Таких устройств уже не производят, но на рынке они ещё остались.

Пример устройства: датчик, подключенный к сети.

Дочернее маршрутизирующее устройство (Routing Slave). Такое устройство отличается от простого дочернего тем, что способно хранить до 4 маршрутов для 5 узлов (так называемые «обратные маршруты»). Эти устройства могут сами отправлять пакеты, опрашивать другие узлы сети, быть «спящими» или «часто слушающими» (отличие «спящих» устройств от «часто слушающих» будет освещено ниже).

Пример устройства: датчики, исполнители, неподвижные пульта управления

Продвинутое дочернее маршрутизирующее устройство (Routing Enhanced Slave). Это устройство идентично маршрутизирующему устройству, но хранящее маршруты ко всем узлам сети, а не только к 5.

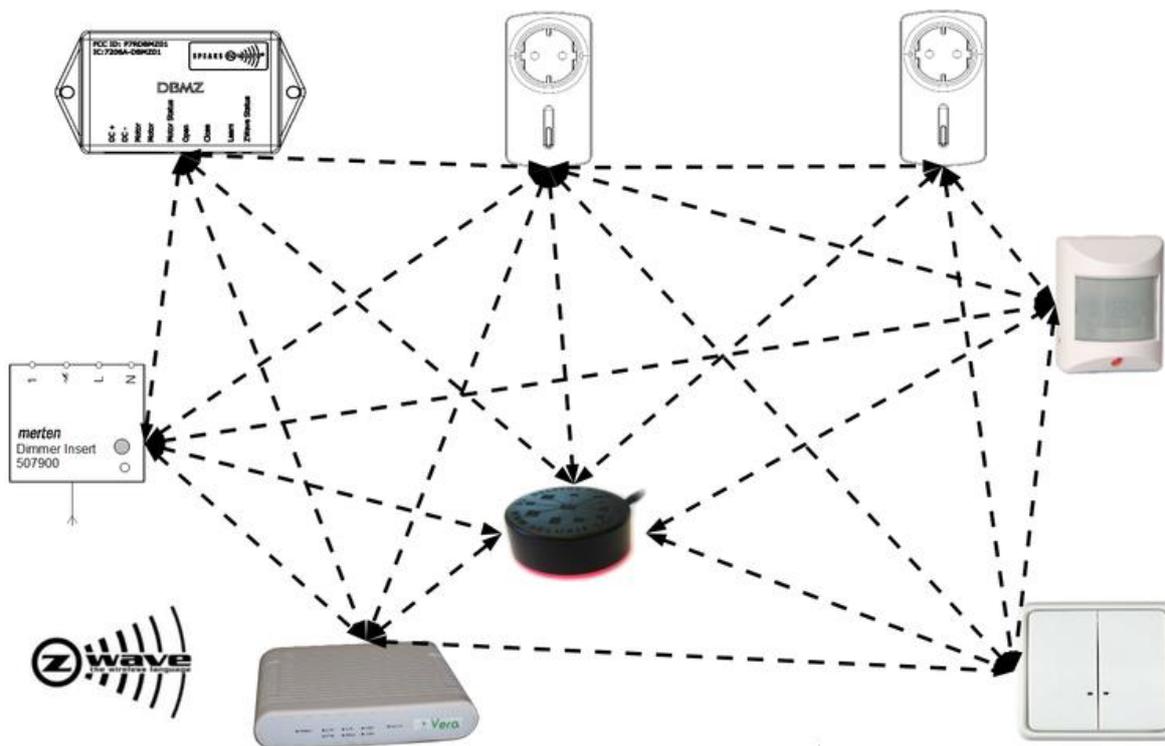


Рисунок 2.18 – Пример Z-Wave сети

В протоколе заложено, что большинство устройств знает маршруты до некоторых узлов через окружающих соседей. Вся информация о топологии сети хранится на контроллерах. На основе этих списков и формируются маршруты передачи пакетов. Отсюда следует, что все устройства, кроме портативных контроллеров не стоит перемещать в пространстве. Однако, функция Explorer Frame частично смягчила это условие. При каком-то перемещении узлов сети маршруты восстанавливаются автоматически.

Контроллеры по своему назначению делятся на два вида:

Первичный контроллер — центр координации маршрутизации сети. Только первичный контроллер способен добавлять в сеть новые узлы, исключать существующие. Так же самая последняя топология хранится на первичном контроллере. Помимо этого это устройство способно обновлять список соседей всех устройств. Сеть может содержать только один первичный контроллер.

Чаще всего первичным является контроллер, с которого началось построение сети. Однако, есть возможность делегировать эту роль другому устройству или сделать «горячую замену».

Вторичными контроллерами называются все остальные контроллеры сети. Они не могут менять списки маршрутов, топологию, а только лишь запрашивают эту информацию у первичного контроллера.

Работа от собственных источников питания (батареек)

Стандартом предусматривается возможность использования батареек для питания определенных устройств (выключателей, датчиков). По типу взаимодействия с сетью они делятся на два вида:

Спящие. Эти устройства не участвуют в маршрутизации пакетов, но могут отправлять данные по сети. Пробуждение регулируется классом команд «WakeUp». В этом случае устройство просыпается на небольшой интервал времени, ожидая сообщений от других устройств, а затем засыпая заново. Такой режим работы может обеспечить бессервисный интервал до нескольких лет. Спящими устройствами, например, являются портативные контроллеры.

Часто слушающие (FLiRS: Frequently Listening Routing Slave). Такие устройства просыпаются на несколько миллисекунд раз в 0.25 или 1 секунду. Другие узлы при отправке пакета на FLiRS-устройство посылают пакет «проснись» («wake up beam»). И часто слушающее устройство при наличии такого пакета «просыпается» и полноценно ведет приёмопередачу данных.

Сертификационные и правовые аспекты

Как было сказано в начале главы, собственником протокола является компания Sigma Designs. Функции координации производителей берет на себя организация Z-Wave Alliance.

Существуют две сертификационных центра (в США BuLogics и в Германии PepperOne), после процедуры проверки производитель может размещать на устройстве знак “Speaks Z-Wave”. Это означает полную совместимость с устройствами стандарта.

До 2012 года используемая в Европе частота 868.42 МГц не была разрешена ГКРЧ для использования в России. Однако, в феврале 2012 года Sigma Designs выделила отдельную частоту 869.0 МГц для России и она была одобрена ГКРЧ. Для этой частоты используется тот же чип, что и для европейской. То есть отличия между устройства для Европы и России только в прошивке.

2.4 Специализированные протоколы

Эта глава описывает ряд узкоспециализированных протоколов, которые часто используются в задачах автоматизации зданий.

Чаще всего специализированные протоколы используются в связке с многофункциональными, а шлюзом между ними выступает центральный контроллер. В этой главе описаны следующие протоколы:

- DALI – протокол управление освещением;
- DMX512 – протокол управления освещением, сценическими эффектами (выступления, концертный свет).

2.4.1 DALI

История и назначение протокола

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) это открытый протокол управления, предназначенный для управления и диммирования источниками искусственного освещения в здании. Протокол разрабатывался как замена устоявшемуся аналоговому способу управления по напряжению (0-10В). Сама логика управления может быть уже встроена в сам светильник, либо используются внешние DALI-балласты, к которым можно подключить светильники различного типа.



Рисунок 2.19 – Логотип DALI

С помощью этого протокола источник света может управлять как дискретно (включен-выключен), так и диммирован (логарифмическое диммирование 0,1-100%). Также возможно групповое управление, настройка сцен освещения. Отличительная особенность протокола, которую можно отнести к преимуществам – обратная связь от каждого источника освещения о параметрах балласта управления, ошибках, состоянии ламп.

Одна линия DALI поддерживает:

- до 64 устройств (master и slave);
- до 16 групп устройств – любое slave-устройство может быть относиться не более чем к 16 группам;
- до 16 световых сцен.

Команды управления (включение-выключение, значение яркости) может быть назначены отдельному устройству, группе устройств или всем slave-устройствам.

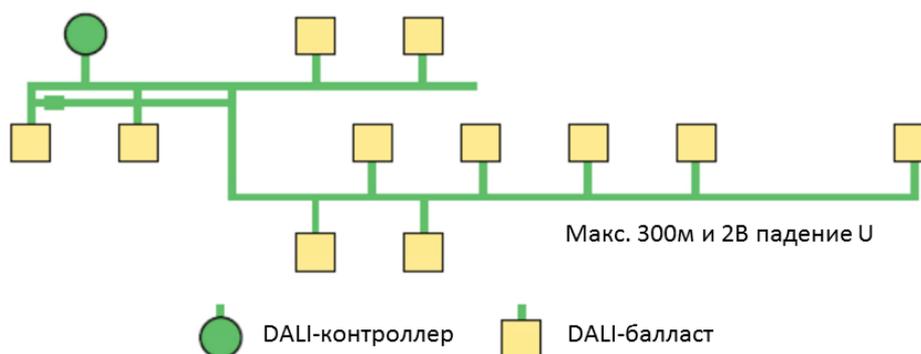


Рисунок 2.20 – Типовая структура проекта на основе DALI

Каждое slave-устройство имеет стандартный набор параметров, которые могут быть переконфигурированы master-устройством. Этот набор включает в себя:

- адрес устройства;

- принадлежность к той или иной группе;
- время и скорость плавного включения/ выключения;
- уровни яркость (по умолчанию, максимальный, при ошибке);
- яркость в зависимости от выбранной сцены.

Любой slave-устройство отправляет master-устройству отчет со следующей информацией:

- значение яркости (вкл/выкл, заданная яркость);
- текущее энергопотребление;
- состояние лампы – в случае ошибки.

Особенности протокола DALI. Реализация схемы Master-Slave

Протокол DALI строго сконфигурирован под структуру Master-Slave. Slave-устройствами выступают источники света, а master-устройствами – контроллеры, датчики, выключатели и другие устройства управления.

Протокол предусматривает два варианта Master-Slave системы:

1. Схема с одним Master-устройством – только одно Master – устройство на одной DALI-линии
2. Схема с несколькими Master-устройствами – возможно несколько Master-устройств на одной линии. В таком случае необходимо применять «правила перенаправления сообщений», чтобы избежать коллизий в канале.

Первые версии протокола поддерживали только схему с одним Master-устройством. Только новые устройства поддерживают мульти-мастерную схему. Однако, на данный момент есть на рынке и старые устройства, поддерживающие только схему с одним Master-элементом.

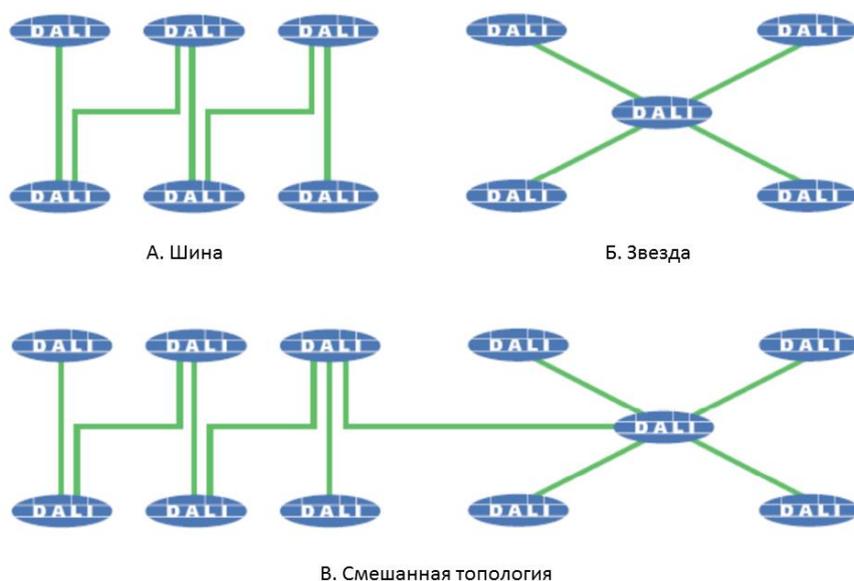


Рисунок 2.21 – Варианты топологий DALI

Базовый принцип управления в DALI протоколе следующий: Master-устройство получает сигнал с датчиков, выключателей, систем управления более высокого уровня (центральные контроллеры, BMS) и передает сообщение с управляющей командой slave-устройству (или группе устройств). Далее master-устройство получает обратную связь с информацией о состоянии. Сама обратная связь очень удобна и полезна особенно в эксплуатации больших зданий, складов, гостиниц, где упрощается процесс по замене перегоревших ламп.

Возможные схемы интеграции DALI в BMS здания

Существуют следующие схемы интеграции DALI в BMS зданием.

Полностью независимая от BMS система. В такой схеме, представленной на рисунке 2.22, нет никакой связи между BMS и системой управления освещением на основе DALI.

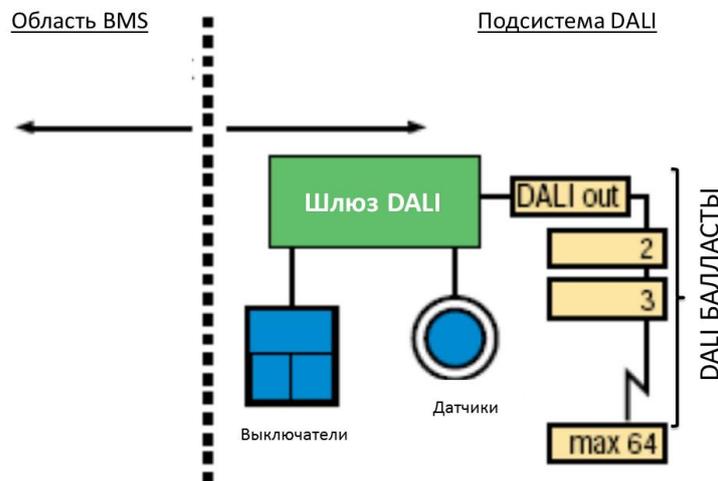


Рисунок 2.22 – DALI независима от BMS

Независимая подсистема BMS. В схеме, представленной на рисунке 2.23, интеграция с BMS есть. Однако, все устройства управления являются master-устройствами шины DALI. То есть интеграция с BMS подразумевает только лишь передачу информации об ошибках, состоянии и команд управления (как правило сценариев выключить\включить все, управление отдельными группами (этажами, корпусами и т.д.). Большинство же команд управления отправляется с локальных выключателей, датчиков движения, подключенных к шине DALI. В этом случае система управления освещением на основе DALI является обособленной и независимой от неисправностей центрального контроллера и BMS.

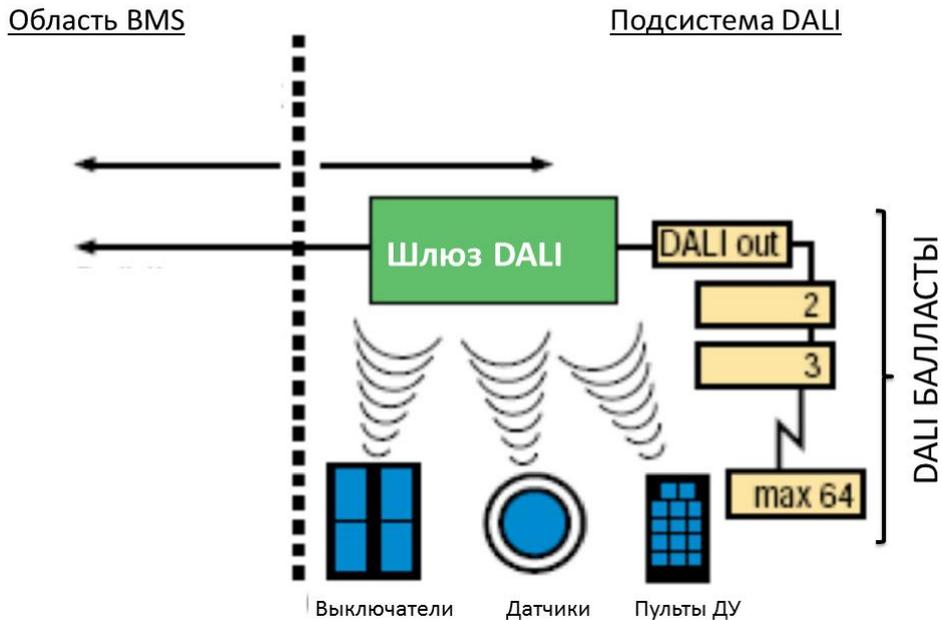


Рисунок 2.23 – DALI как независимая подсистема BMS

Полноценная подсистема BMS, представленная на рисунке 2.24, подразумевает полную зависимость DALI от BMS. То есть управляющие команды отправляются только через BMS. Это позволяет гибко подойти к организации освещения в здании. Например, в офисе на этапе строительства сначала монтируется система освещения на основе DALI. По мере сдачи частей офиса в аренду, образуются независимые зоны, управление и учет электроосвещения которых, нужно передать арендаторам. Тогда используя какой-либо стандарт (KNX, Lon, и т. д.) делается разводка сети управления освещением (выключатели, панели) для каждой зоны с учетом требований и пожеланий арендатора. Из трех схем, эта наиболее часто используемая.

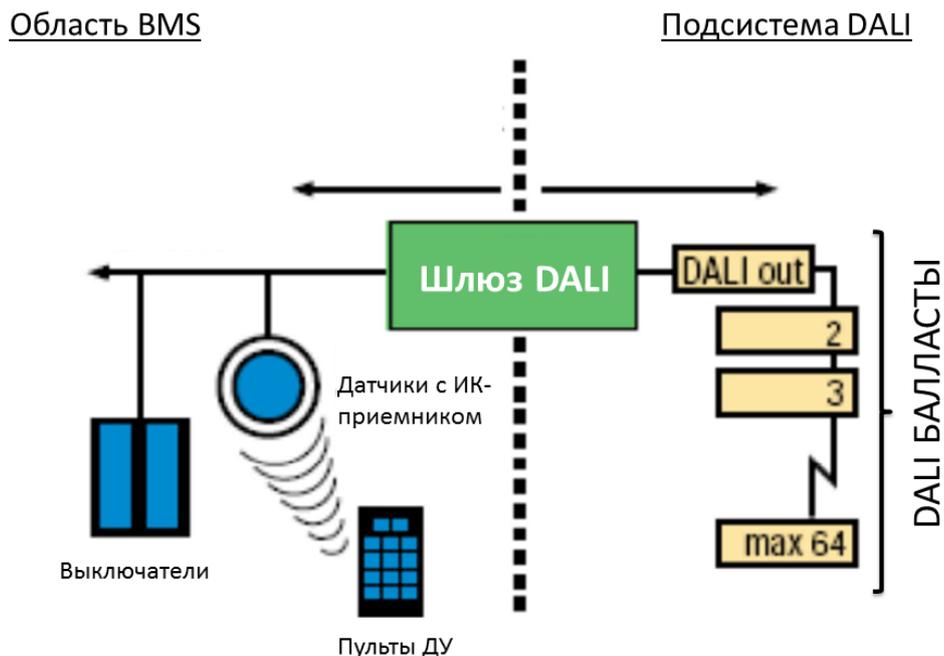


Рисунок 2.24 – Полноценная интеграция DALI в BMS

Особенности шины DALI

Используемый тип кабеля в DALI – двухпроводный с полярно-независимым подключением. Максимальная длина линии – 300 метров (макс. падение напряжения на линии – 2В) при максимальном количестве устройств – 64. Чаще всего к светильнику подводится кабель 5x1.5 мм, три жилы, которого служат для питания светильника (L, N, PE). Две оставшиеся используются для шины DALI.

Из-за низкой скорости передачи данных, нет особых требований к типу кабеля и установке терминального резистора на конце линии.

В преимуществах шины DALI – свобода выбора топологии. Возможны типы линия, звезда, кольцо, дерево. Напряжение питания шины допускается от 9.5В до 22.4В (обычно 16В). Максимальная скорость передачи 1200 b/s. DALI шина использует Манчестерское кодирование, что вкупе с высоким отношением сигнал\шум дает высокую надежность передачи. Максимальный ток в шине равен 250мА, каждое устройство может потреблять максимум 2мА.

Сертификационные и правовые аспекты

Протокол DALI стандартизирован Международной Электротехнической Комиссией IEC (стандарты №62386 и 60929).

Так же существует DALI ассоциация (DALI AG – action group), объединяющая производителей, институты и лаборатории, заинтересованные в развитии DALI. DALI AG следит за исполнением стандарта, техническими принципами, областями применения. В

ассоциацию входят более 40 компаний. Среди них такие как WAGO, ABB, Helvar, OSRAM, Philips Lighting, Tridonic.

DALI сегодня

К преимуществам протокола можно отнести следующее: Advantages

- Простота модификации, не требуется перекоммутация, переборка щитов для внесения изменений.
- Возможность диммирования дает потенциал для энергосбережения.
- Возможность гибко использовать естественный и искусственный свет в зависимости от датчиков движения, присутствия, освещенности.
- Более комфортное освещение (сцены, возможность модификации, добавления устройств управления).
- Отчет о вышедших из строя лампах, балластах.
- Высокая надежность протокола.
- Шлюзы со большинством mainstream- протоколами (ModBus, BaCnet, KNX, LonWorks, DMX512), Ethernet-шлюзы.

На сегодняшний день протокол видится слегка архаичным (что планируется исправить с следующей спецификацией DALI 3.0). Ввиду низкой скорости передачи, протокол не очень подходит для задач с требованиями к быстрому переключению, быстрому диммированию. Еще один недостаток заключается в наличии на рынке устройств, не поддерживающий мультимастерную схему работы. Длина линии в 300 м и ограничение в 64 устройства на одной линии иногда предстают препятствием для добавлению в шину одного дополнительного датчика движения. На данный момент это решается полноценной интеграцией с центральным контроллером (BMS), когда лишь источники света остаются на стороне DALI, а на стороне контроллера находятся датчики движения и устройства управления.

Ну и последний недостаток заключается в относительной узости рынка DALI, отсутствия множества компаний производителей балластов.

Однако, популярность протокола и активная работа группы DALI AG придает уверенности в дальнейшем развитии и успешном распространении этого стандарта.

2.4.2 DMX512

История и назначение протокола

DMX512 – довольно простой протокол последовательной передачи, разработанный специально для управления источниками света (диммерами, световыми прожекторами, другим оборудованием сценического света). Протокол начал разрабатываться в 1986 году Институтом театральных и сценических технологий США (USITT).

Мотивы были схожи с историей создания DALI, требовалась замена устаревшему стандарту управления светом 1-10В, где требуется прямое соединение с каждым устройством (топология «звезда»).



Рисунок 2.25 – Шинная топология DMX512

Базовый принцип протокола довольно прост: master-устройство периодически отправляет пакет размером 512 байт, содержащий команды управления для slave-устройств по линии RS-485. То есть DMX512 это симплексный протокол без обратной связи, без возможности обнаружения возможных ошибок.

Физический уровень

В качестве физического уровня DMX512 использует стандарт RS-485 (EIA-485). Таким образом, линия DMX512 представляет собой витую пару, заканчивающуюся терминальным резистором в 120 Ом. Максимальная длина линии равна 1200 м, без ограничения на количество сегментов. Используемый тип соединения 5- или 3-пиновые XLR коннекторы (еще их называют «микрофонными»).

Изначально использовались 5-пиновые соединители с двумя кабелями «витая пара»: одна использовалась для передачи данных, вторая по усмотрению производителя оборудования. Сейчас 3-пиновые разъемы – наиболее часто используемые.

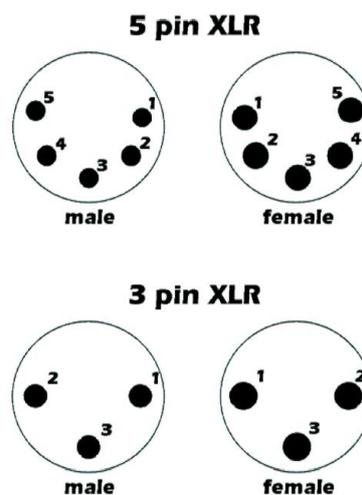


Рисунок 2.26 – Расключение разъемов DMX512 5-pin и 3-pin

Таблица расключения и типы разъемов представлены в таблице 2.3 и рисунке 2.26 соответственно.

Таблица 2.3 – Расключение разъёмов XLR в стандарте DMX512

# разъёма	3-pin XLR	5-pin XLR
1	Заземление	
2	TP1+ (первая пара)	
3	TP1– (первая пара)	
4	-	TP2+ (вторая пара)
5	-	TP2– (вторая пара)

Формат данных

Протокол DMX512 – последовательный и асинхронный со скоростью передачи данных равной 250 Кб/с. Пакет DMX512 состоит из 512 байт, каждый байт которой соответствует команде управления для каждого slave-устройств. В пакете каждый разряд соответствует адресу устройства, который может быть от 0 до 511.

Применяется DMX512 чаще всего для управление сценическим светом, эффектами или для сложных световых настроек, например:

- диммирование и управление светом;
- управление положением зеркал;
- управление электрокарнизами;
- управление дымовыми машинами.

Из-за существенного недостатка протокола в виде отсутствия возможности проверять и отслеживать ошибки, он не закрывает все сценические задачи. По этим причина он не используется в лазерных и пиротехнических шоу.

Сертификационные и правовые аспекты

В 2004 году DMX512 был стандартизирован организацией ANSI (E1.11-2004, USITT).

Главный недостаток протокола был исправлен в 2006 году, когда был зарегистрирован протокол RDM (Remote Device Management). RDM позволяет двунаправленную передачу данных поверх DMX512. DMX-устройства могут безболезненно быть заменены RDM-устройствами.

2.5 Прочие протоколы, производители, системы.

AMX (Netlinx) – Производитель предлагающий решения, оборудование и ПО для управления устройствами, коммутации аудио– и видеосигналов, IPTV, распределения аудио сигналов, цифровых информационных систем Digital Signage и автоматизированного управления ресурсами, управления системами умного дома. На рынке с 1982 года. Основной конкурент Crestron.

Crestron (Cresnet, e-Control) – Crestron Electronics из США начала производить инженерные системы в 1970-х годах. Основное направление ее деятельности – это выпуск полного комплекса управляющего, исполнительного, сенсорного и сетевого оборудования, предназначенного для автоматизации коммерческих и частных объектов.

Control4 (Ethernet, ZigBee) – американский производитель доступного и функционального оборудования, используемого для автоматизации домов, управления светом, энергосбережения, организации мультимедийных развлекательных систем мультимедиа. Control4 также предоставляет прикладное программное обеспечение и дополнительные сервисы для совместимых систем, выпускаемых другими производителями.

Loxone – доступная проводная система домашней автоматизации, построенная вокруг контроллера «Miniserver». Существуют расширения контроллера для основных задач автоматизации (реле, диммеры, универсальные входы). Miniserver может слушать шину KNX и реагировать на определенные телеграммы. Существует приложения для визуализации на iOS и Android.

Open Remote это middleware-платформа домашней автоматизации. Она может быть использована для интеграции с различными подсистемами домашней автоматизации, включая AMX, KNX, Lutron, Z-Wave. Для OpenRemote требуется устройство, выступающее центральным контроллером (это может быть ПК, NAS, контроллеры Z-Wave, Raspberry Pi). Интерфейсы управления доступны для iOS и Android-устройств и разрабатываются в онлайн-редакторе OpenRemote Designer.

M-bus (Meter-Bus) – коммуникационный протокол, основанный на стандартной архитектуре «клиент-сервер». Один из распространённых протоколов передачи данных для ряда специфических электронных устройств, таких как приборы учёта электрической энергии (электросчётчики), тепловой энергии (теплосчётчики), расходомеры воды и газа, некоторые исполнительные устройства и т.п. Данные передаются на компьютерную станцию (сервер) напрямую или через концентраторы шины M-Bus, а также усилители-повторители сигнала.

ZigBee – открытый беспроводной mesh-протокол, конкурент проприетарному Z-Wave. Спецификация ZigBee ориентирована на приложения, требующие гарантированной безопасной передачи данных при относительно небольших скоростях и возможности длительной работы сетевых устройств от автономных источников питания (батарей). Спецификация ZigBee содержит возможность выбора алгоритма маршрутизации, в зависимости от требований приложения и состояния сети, механизм стандартизации приложений — профили приложений, библиотека стандартных кластеров, конечные точки, привязки, гибкий механизм безопасности, а также обеспечивает простоту развертывания,

обслуживания и модернизации. В связи с открытостью производители оборудования вносят свои правки в протокол, что крайне негативно сказывается на совместимости между устройствами разных производителей. Часто используется для сбора данных с электросчетчиков при построении Smart Grid сетей в США

CAN (Controller Area Network) – стандарт промышленной сети, ориентированный прежде всего на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Режим передачи — последовательный, широкополосный, пакетный. Во всех высокотехнологических системах современного автомобиля применяется CAN-протокол для связи ЭБУ с дополнительными устройствами и контроллерами исполнительных механизмов и различных систем безопасности. В некоторых автомобилях CAN связывает ИМО, приборные панели, SRS блоки и т. д.

Глава 3. Стандарт KNX

3.1 Введение

3.1.1 История

Одним из самых известных и распространенных стандартов автоматизации зданий является Konnex (KNX/EIB). Он может использоваться для автоматизации как промышленных зданий и офисов, так и обычных жилых домов. Этот международный открытый стандарт, позволяющий связывать устройства разных производителей в единую систему.

Ассоциация KNX образована в 1999 г. Со штаб-квартирой в Брюсселе путем слияния европейских ассоциаций, продвигавших интеллектуальные здания и дома. На момент образования ассоциация состояла из 9 членов, в настоящее время в неё входит более 200 компаний, что составляет больше 80% европейского рынка инсталляционных устройств и домашней техники.

В конце 2003 г. стандарт KNX был утвержден как часть серии европейского стандарта EN 50090 электронных систем для дома и зданий. В конце 2006 года KNX был утвержден международным стандартом ISO/IEC 14543-3. В 2007 году международный стандарт был переведен на китайский язык и получил статус GB/Z20965.

3.1.2 Описание



Рисунок 3.1 – Пример соединения устройств в системе KNX

Необходимые для автоматизации здания устройства подключаются к единому каналу связи – шине KNX, с помощью которой происходит обмен информацией в виде телеграмм. На рисунке 3.1 показана типовая структура системы KNX. Стандарт может использоваться в разных средах передачи данных:

- витая пара (KNX.TP),

- силовые линии 230 В (KNX.PL),
- радио канал (KNX.RF),
- сети Ethernet (KNX-IP).

Кабель типа витая пара на практике чаще всего используется в новых зданиях, так как он дешевле и нет проблем при его прокладке, может прокладываться скрытым и поверхностным монтажом в сухих или влажных помещениях.

Остальные среды передачи данных могут использоваться в следующих случаях:

1. Если разделение кабеля невозможно или он уже установлен, можно использовать силовые линии передачи данных.
2. Радио сигнал используется, когда соединение проводами невозможно или неудобно.
3. Соединение по сети Ethernet может использоваться в офисных зданиях и для передачи данных на большие расстояния, например, между зданиями.

Простота планирования и разработки таких систем позволяет создавать более гибкие и функциональные решения, комфортные для потребителя. Все KNX устройства имеет свои собственные микроконтроллеры, которые можно в любой момент перепрограммировать и полностью поменять топологию системы. Это делает стандарт KNX максимально гибким и удобным как для разработчика так и для конечного пользователя.

3.1.3 Преимущества стандарта KNX

- Открытость и совместимость с другими стандартами автоматизации зданий
- Высокая безопасность за счет возможности децентрализации системы
- Значительная экономия энергоресурсов в процессе эксплуатации здания
- Высокая гибкость к требованиям заказчика при использовании различных сред передачи данных одновременно
- Широкий выбор компонентов от различных производителей
- Высокая надежность оборудования и системы

3.1.4 KNX сегодня

Сегодня в ассоциацию KNX входит более 300 членов. Производители предлагают решения почти для всех областей автоматизации.

Есть крупные компании предлагающие почти весь спектр устройства (ABB, Gira, Jung). Принципиально качество, цена линейки стандартного оборудования (реле, диммеры, цифровые входы) на одном уровне. Есть нюансы в функционале, но они не так существенны. Поэтому производители конкурируют в области дизайна оконечных устройств, функционала сенсорных панелей, центральных контроллеров, решений для мобильных ОС.

Так можно выделить следующие центральные контроллеры для стандарта KNX:

- ABB Comfort Touch.
- Gira HomeServer.
- Evika Logic Machine.
- Jung FAP Server.



А



Б



В



Г.

Рисунок 3.2 – Центральные контроллеры KNX: А – Evika Logic Machine, Б – Jung FAP server, В – Gira HomeServer, Г- ABB ComfortTouch

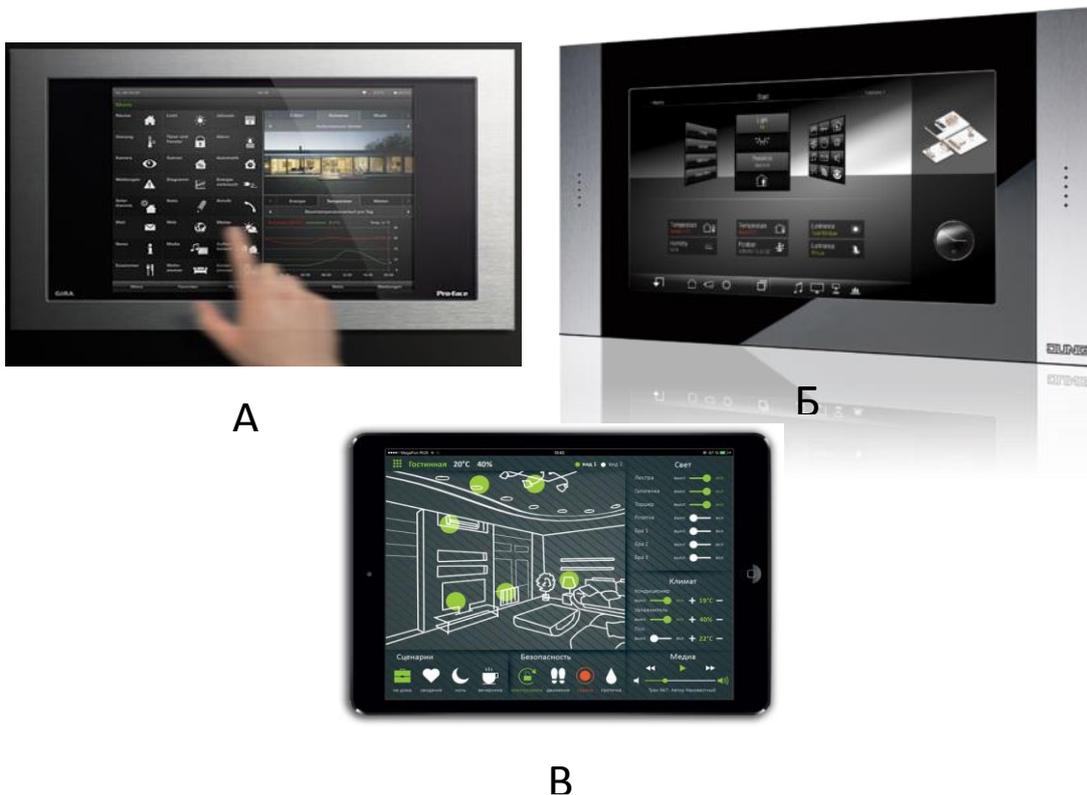


Рисунок 3.3 – А – Сенсорная панель Gira, Б – Сенсорная панель Jung, В – Ирад-визуализация Evika

Отдельно стоит выделить программный пакет для разработки мобильного интерфейса управления для iOS и Android – Iridium Mobile, российской разработки.

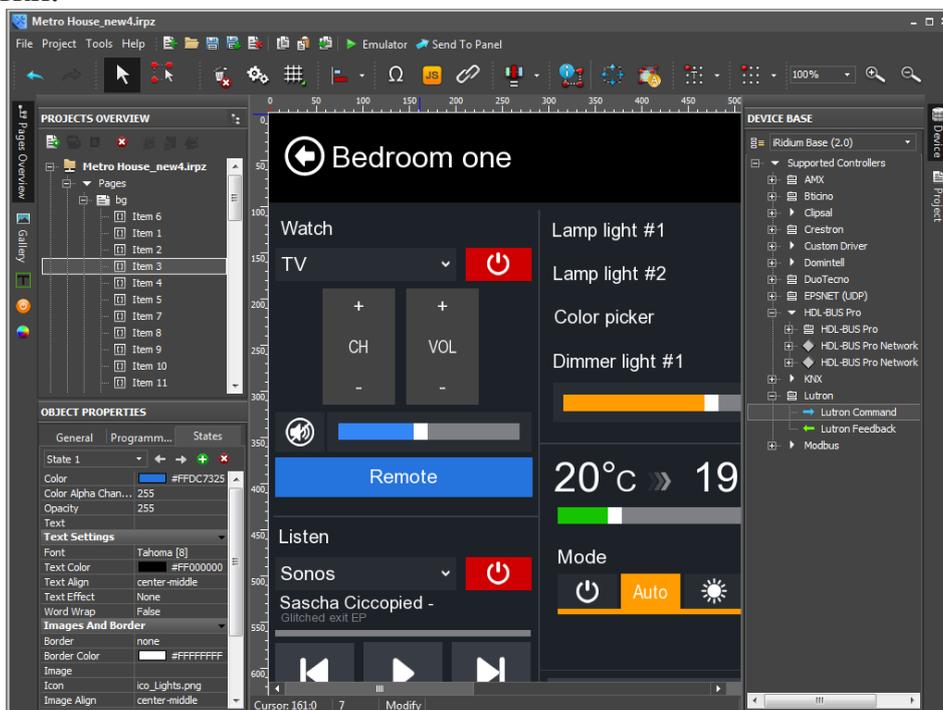


Рисунок 3.4 – Интерфейс iRidium GUI Editor

Существует много небольших европейских компаний, выпускающих нишевые продукты (например, Intesys – шлюзы для систем кондиционирования).

Так же пока несформировавшаяся область в KNX – мультимедийные системы. Пока нет полноценного решения для потокового аудио\видео мультитура. На данный момент стоит отметить такие продукты как Evika Amati Linea, Basalte Multiroom, Trivum.

3.2 Функциональный пример использования KNX

Покажем преимущество использования стандарта KNX на примере.

Одним из главных достоинств стандарта KNX является возможность гибкой настройки всех систем дома – создание сценариев работы системы KNX. Использование таких сценариев сводит управление домом к нажатию кнопки мобильного телефона или панели управления. Ниже представлены примеры таких сценариев.

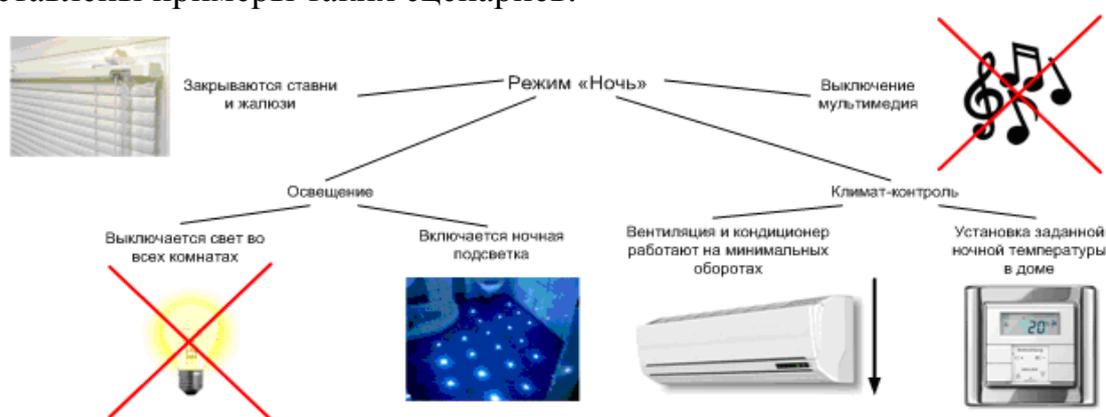


Рисунок 3.5 – Схема работы системы в режиме «Ночь»

После установки режима «Ночь» (см. рисунок 3.5) автоматически закрываются все ставни и жалюзи на окнах, плавно выключается свет во всех комнатах и включается ночная подсветка. При включении света в комнате в режиме «Ночь» яркость свечения ламп удерживается на таком уровне, чтобы не слепить человека резкой сменой освещенности. Температура в доме автоматически удерживается на заданном уровне, при этом работа вентиляции и кондиционера удерживается на низких оборотах. Также в этом режиме выключаются все мультимедийные устройства, например, телевизоры и музыкальные центры.



Рисунок 3.6 – Схема работы системы в режиме «Гости»

Другой пример иллюстрирует работу сценария «Гости» (см. рисунок 3.6). В этом режиме работы освещение устанавливается на максимальный уровень освещенности для удобства гостей, устанавливается комфортная температура в доме, а также усиливается работа вентиляции и кондиционера, включается фоновая музыка.

Таким образом, системы KNX являются достаточно гибкими, позволяют создавать автоматические сценарии работы системы, которые можно менять по своему желанию достигая максимального комфорта.

3.3 Основные принципы систем KNX.TP

В рамках курса в качестве среды передачи данных будет рассматриваться **витая пара (KNX.TP)**. Такой метод организации системы KNX наиболее распространенный и актуальный.

3.3.1 Типы устройств и основные принципы работы системы

Шинные устройства KNX, которые перечислены в каталогах производителей, можно поделить на четыре основные группы:

1. Системные компоненты (блоки питания, аккумуляторы, линейные усилители и повторители, интерфейсы RS-232 и USB)
2. Сенсоры (датчики движения, KNX-выключатели, клавишные панели)
3. Исполнительные устройства (реле, приводы штор или жалюзи)
4. Другие устройства, например, логические компоненты и управляющие панели
5. Контроллеры (логические модули, центральные контроллеры и серверы)

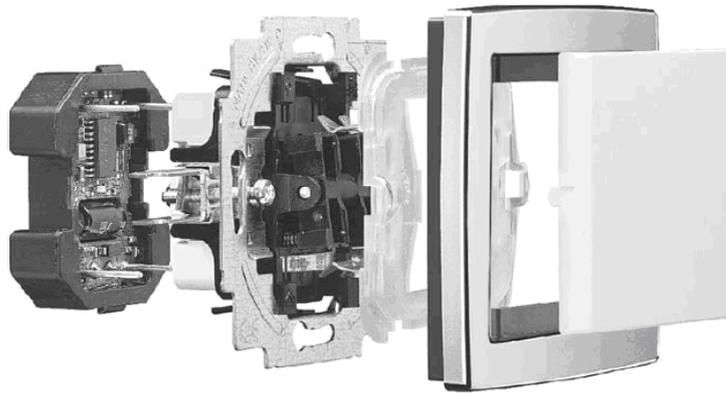


Рисунок 3.7 – Модуль управления Bush-Jaeger Electro, встроенный в выключатель

Эти устройства могут быть выполнены в разных формах и исполнениях, например, для скрытого или поверхностного монтажа, встроенные в другие устройства (см. рисунок 3.7), или крепится на DIN-рейку (см рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Дроссель питания шины KNX EVIKA CHOKE-KNXv2 с креплением на DIN-рейку

Устройства скрытого монтажа часто применяются при использовании радио-модулей, поверхностный монтаж чаще всего применяется для контрольных панелей, устройства внутреннего монтажа укладываются в специальные полости (коробку) или подвесные потолки, устройства с креплением на рейку устанавливаются в шкафы управления.

В зависимости от маркировки ШУ его настройка и программирование может быть осуществлено различными способами:

1. Простой способ (E-режим настройки) – конфигурация происходит без помощи персонального компьютера и без использования центрального контроллера. Обычно такие устройства имеют ограниченный функционал и используются в системах среднего размера.
2. Системный инсталляционный способ (S-режим настройки) – проектирование и конфигурирование происходит с помощью

ПК с установленными ПО ETS, разработанное ассоциацией KNX. Этот тип конфигурирования чаще всего используется в системах большого размера.

Минимальная инсталляция KNX.TP должна иметь следующие компоненты:

- Источник питания (29 В постоянного тока)
- Дроссель (может быть интегрирован в источник питания)
- Сенсор (устройство, генерирующее управляющий сигнал, например, датчик движения)
- Исполнительное устройство (например, реле)
- Шинный кабель (необходимы только 2 проводника шинного кабеля)

3.3.2 Физическая адресация

В пределах инсталляции KNX каждое устройство должно иметь уникальный индивидуальный адрес – *физический адрес*. Его назначение производится с помощью ПО ETS или автоматически.

Физический адрес имеет следующий формат: //Зона//Линия//Устройство// (например, адрес 1.2.5 определяет пятое устройство во второй линии первой зоны).

3.3.3 Групповая адресация

«Общение» между устройствами в шине осуществляется посредством групповых телеграмм.

KNX различает два вида групповых адресов:

1. Групповой адрес с главной группой и подгруппой (двухуровневая адресация)
2. Групповой адрес с главной, средней группой и подгруппой (трехуровневая адресация)

Исполнительным устройствам (получателям телеграмм) может быть назначено несколько групповых адресов.

Групповые адреса задаются в ETS или автоматически без участия пользователя в зависимости от типа устройства.

3.3.4 Источник питания

Источник питания обеспечивает устройствам на линии необходимое постоянное напряжение 24-29 В. Существует два вида источника питания: с выходной силой тока до 640 мА для 64 устройств, и силой тока до 320 мА для 32 устройств соответственно. Выбор источника питания зависит от количества устройств, которое планируется использовать на линии.

Преимуществом использования источников питания на каждой линии в том, что при отключении одной из линии или при поломке источника питания одной из линии, остальная система будет не затронута и будет функционировать. Конечно, если поломка произошла на главной или системной линии, то подавляющее большинство связей будет нарушено.

3.3.5 Передача сигнала KNX.TP

Ассоциация KNX сертифицировала несколько типов кабеля, самый распространенный из них YCYM 2x2x0.8, который содержит две пары скрученных проводов. Каждая пара экранирована алюминиевой фольгой. Красная (+) и черная (-) пара проводов используется для питания устройств и одновременно для передачи данных. Желтая и белая пара используется для резервного питания.

Сигнал представляет собой разность напряжений между красным положительным проводом (Линия А) и черным отрицательным проводом (линия Б).

На рисунке_ кривая показывает первые пять элементов сигнала пакета данных KNX. Первые три бита всегда нулевые, затем следует 10 бит информации высокого приоритета. Кривая показывает потенциальную кривую для этой строки на линии А и Б. Разность потенциалов U_{AB} имеет номинально 24 В постоянного напряжения если нет никакой активности в шине или посылается бит «1».

Применяются следующие соотношения:

$$0.25 B \leq U_{AB}, U_{AB} \leq 5 B$$

$$U_L = 1.7 U_A \leq 5 B$$

Приемник анализирует разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B = U_{AB}$.

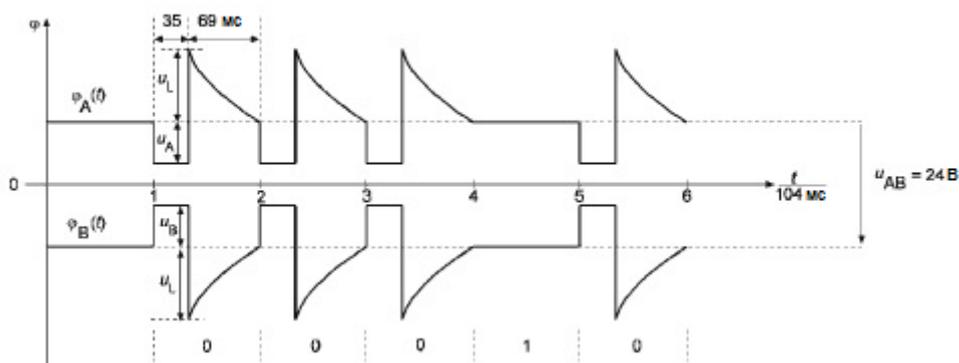


Рисунок 3.9 – Потенциальная кривая на кабеле А и Б витой пары

Кривая на рисунке_ показывает идеальную потенциальную кривую. Вид этого сигнала зависит от:

- 1) Количества узлов
- 2) Расстояния между источниками питания (емкостные потери кабеля и пр.)

3) Внешние помехи

Когда сигнал проходит от линии к линейному отрезку (сегменту), соединители и линейные повторители восстанавливают сигнал, что позволяет передавать его к удаленному получателю.

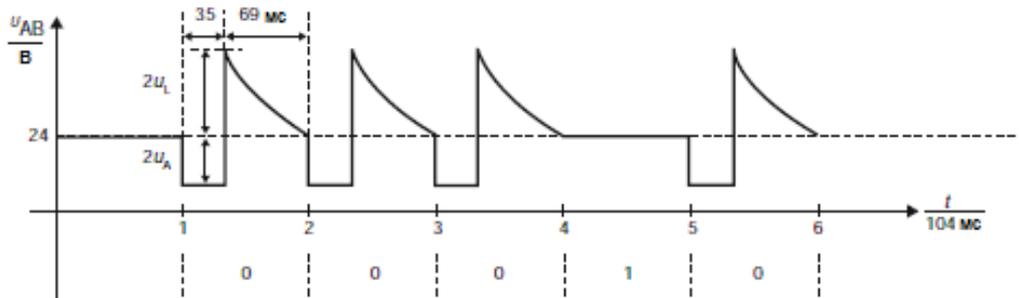


Рисунок 3.10 – Кривая напряжения витой пары

Для передачи данных с минимальной ошибкой и минимальной задержкой выдвигаются следующие требования (см. рисунок 3.11):

- 1) Длина линии не может быть больше 1000 м.
- 2) Длина кабеля, между двумя шинными устройствами не должна превышать 700 м.
- 3) Длина кабеля между источником питания и устройством не должна превышать 350 м.
- 4) Минимальное расстояние между двумя источниками питания на линии составляет 200 м.

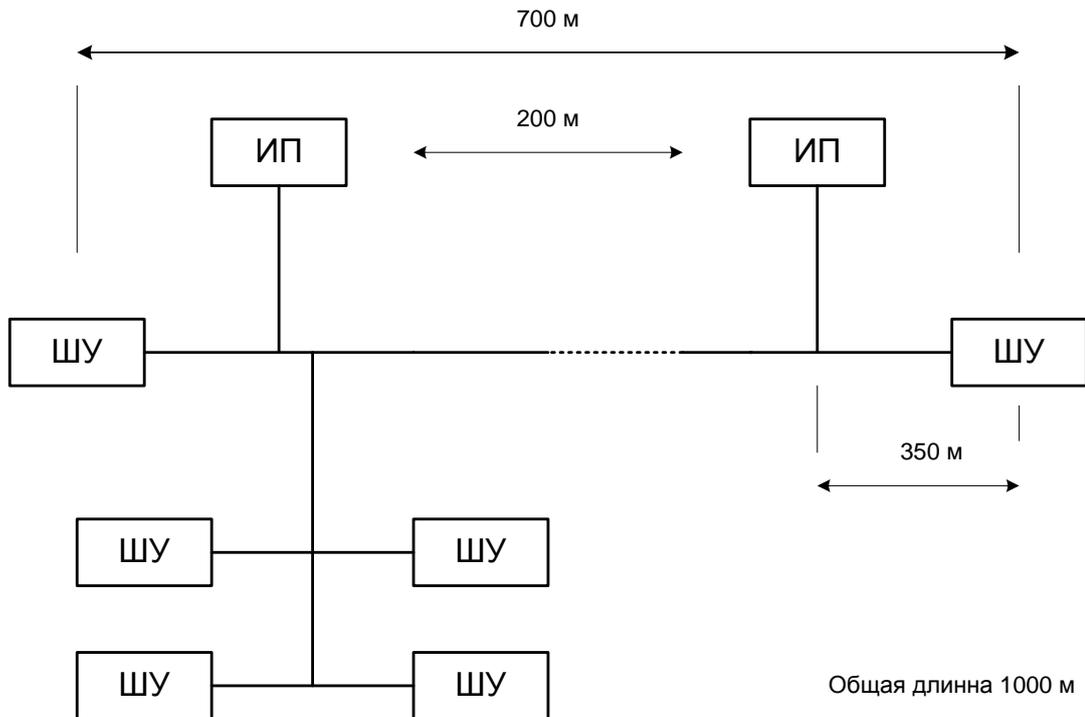


Рисунок 3.11 – Ограничение на длину кабеля

Требования, предъявляемые к прокладке шинного кабеля, в основном не отличаются от требований к прокладке кабелей силовых сетей 230/400 В (см. рисунок 3.12).

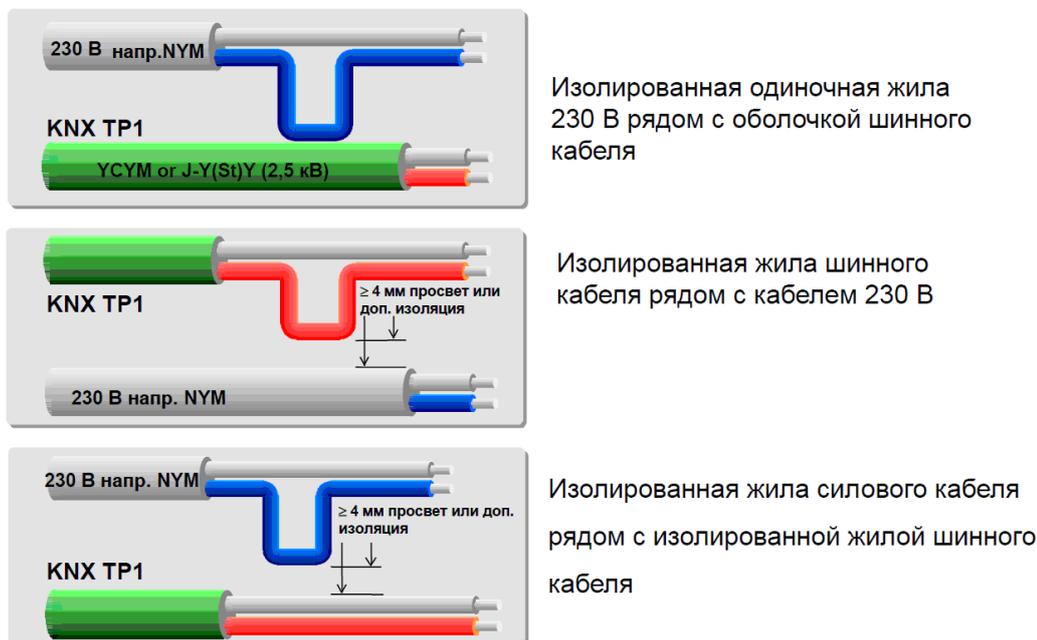


Рисунок 3.12 – Требования по прокладке кабеля

3.4 Топология систем KNX

3.4.1 Линия, зона, несколько зон

При проектировании системы управления требуется рассчитать количество шинных устройств, сенсоров и исполнительных устройств. Топология описывает, как устройства соединяются между собой и обычно выполняется в виде диаграмм.

Топология системы KNX основывается на стандартной топологии «Дерево», которая имеет следующую иерархическую структуру:

1. Устройства (Узлы) соединяются в линию
2. Несколько линий соединяются между собой через главную линию в зону
3. Несколько зон соединяются между собой через системную линию.

В качестве зоны, например, может выступать этаж здания, каждая комната которого будет являться линией, к которой присоединяются устройства.

Небольшие системы обычно состоят из нескольких устройств, которые подключаются к одной зоне, состоящей из одной линии. Число узлов, линий и зон зависит от размеров системы и числа установленных устройств.

Каждая линия может содержать до четырех сегментов, каждый из которых, может содержать до 64 устройств (см. рисунок 3.13). Каждый сегмент должен иметь собственный источник питания. Сегменты линии объединяются с помощью линейных повторителей (см. рисунок 3.14). Главная причина использования нескольких сегментов линии в том, чтобы распределить нагрузку на шину.

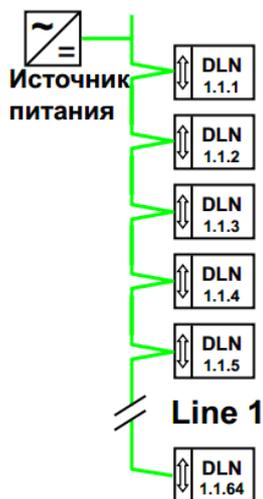


Рисунок 3.13 – Топология системы KNX типа «Линия»

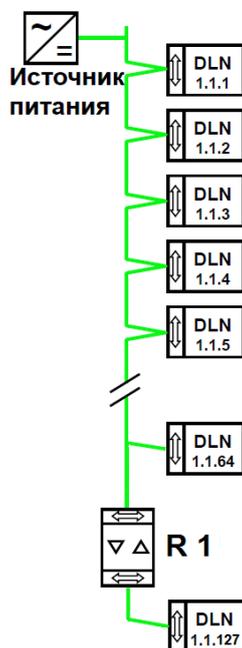


Рисунок 3.14 – Расширение линии с помощью линейного повторителя

Если предполагается использование более чем одной линии, или линейная топология шины не подходит в конкретном случае, то несколько линий (максимум - 15) могут быть соединены между собой в зону при помощи линейных соединителей (см. рисунок 3.15).

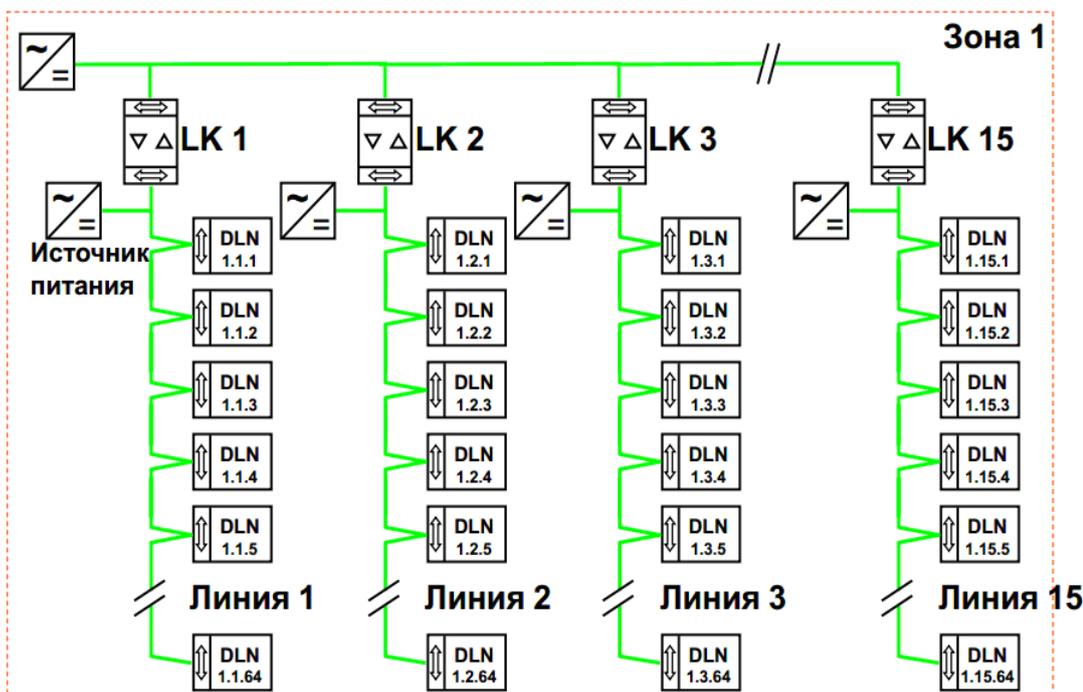


Рисунок 3.15 – Объединение нескольких линий в зону

Система KNX может быть расширена с помощью системной линии, которая соединяет до 15 зон (см. рисунок 3.16). Полная система может объединять более 58000 устройств.

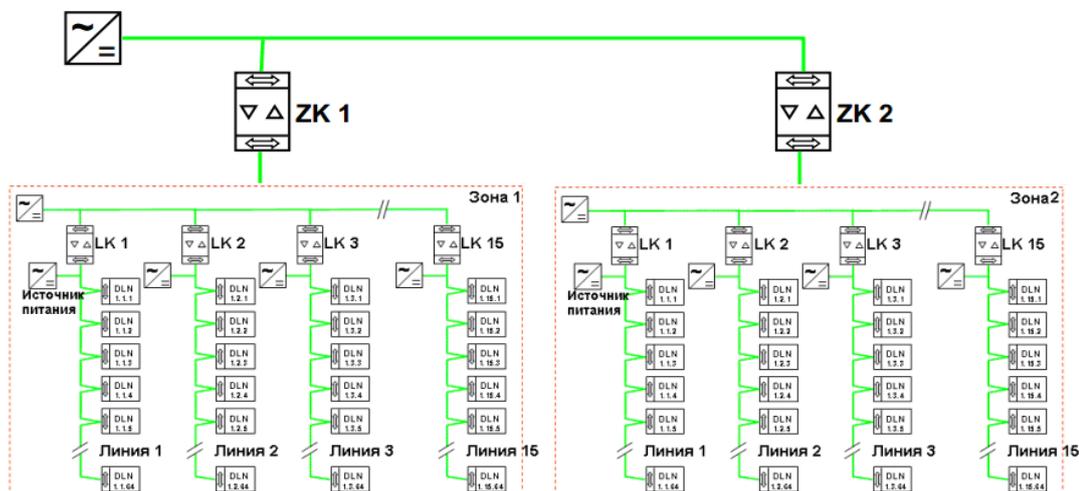


Рисунок 3.16 – Объединение двух зон с помощью системной шины

Сенсоры, исполнительные устройства и соединители являются узлами, которые взаимодействуют друг с другом путем обмена данными, каждому из них назначен физический адрес. Каждой линии (сегменту линии, главной линии, системной линии) необходим собственный источник питания с дросселем.

3.4.2 Линейные соединители

Линейный соединитель служит не только для увеличения количества устройств на линии (линейный повторитель), но и для фильтрации телеграмм, а также для обеспечения электрической изоляции (гальванической развязки) между линией и сегментом.

Линейные соединители и магистральные соединители всегда питаются от источника питания на подчиненной линии, что означает:

1. Линейный соединитель питается от источника питания на своей фактической линии (сегмент линии 0)
2. Системный соединитель питается от источника питания главной линии
3. Линейный повторитель питается от источника питания на подчиненном сегменте линии (сегменты 1-3)

При проектировании системы нужно учитывать 20% запас на линии, не более 50 узлов, в случае необходимости расширения системы. За счет этого не придется добавлять новые линии позже.

Соединитель, как системный компонент, может быть использован в качестве линейного повторителя, линейного соединителя или системного соединителя. Его роль определяется во время настройки, назначения физического адреса и выбора соответствующей аппликационной программы.

Линии и сегменты линии соединяются между собой линейными соединителями, системными соединителями и линейными повторителями, которые электрически изолированы.

Можно использовать соединитель как линейный повторитель чтобы расширить линию, которая имеет только один сегмент линии (нулевой), включающий в себя более 64 устройств, или для увеличения длины линии. Максимально можно добавить три линейных сегмента (1-3).

Линия может соединять 256 узлов, с помощью четырех линейных сегментов, по 64 устройства в каждом. Первый, второй и третий линейные сегменты могут быть параллельными.

Для линии:

1. Линейный сегмент 0 может содержать до 64 устройств или 63 устройства + один линейный соединитель
2. Каждый из линейных сегментов 1-3 может содержать линейный повторитель + 63 устройства.

Линейный соединитель объединяет линии в зоны на главной линии, а системный соединитель объединяет главные линии на системной линии.

Также при назначении параметров в блок соединителя загружается таблица фильтрации. Все групповые телеграммы пропускаются через соединитель, если их адреса включены в таблицу фильтрации этого

соединителя. Таким образом, каждая линия работает независимо от других. Линейный повторитель таблицы фильтрации не имеет, поэтому пропускает все телеграммы.

3.4.3 Физическая адресация устройств

Для однозначного определения устройства в системе используется физическая адресация. Физический адрес уникален для каждого устройства и загружается в его EEPROM память при нажатии на специальную кнопку (Е-режим настройки) или при настройке системы в ETS (S-режим). Физический адрес четко идентифицирует устройство и, в тоже время, предоставляет информацию о расположении его в топологии сети: //Зона//Линия//Узел// (например, 1.5.35). Номер зоны, линии и узла в физическом адресе разделяется точкой.



Рисунок 3.17 – Формат физического адреса

На рисунке 3.17 показано распределение 16 бит информации, которое зарезервировано под физический адрес. Это означает, что максимальное количество зон $2^4 = 16$, $2^4 = 16$ линий и $2^8 = 256$ устройств дает нам в сумме $2^{16} = 65536$ устройств. Однако максимальные возможности используются редко. В частности, к главной и системной линии не подключаются устройства кроме линейных соединителей, что позволяет снизить задержку передачи данных.

Физическая адресация линейных соединителей, магистральных соединителей и линейных повторителей придерживается следующих правил:

1. //Зона//Линия//.0 для линейных соединителей
2. //Зона//.0.0 для магистральных соединителей

Линейные повторители должны иметь номер узла на один больше чем ноль, например, 1.1.64.

Например:

1. Адрес 1.2.2 указывает на второй узел второй линии в первой зоне
2. Адрес 1.12.0 указывает на линейный соединитель, который связывает двенадцатую линию первой зоны с главной линией.
3. Адрес 2.0.0 указывает на системный соединитель, который связывает вторую зону главной линии с системной линией.

4.4.4 Групповая адресация узлов

KNX различает два вида групповых адресов:

3. Групповой адрес с главной группой и подгруппой (двухуровневая адресация)
4. Групповой адрес с главной, средней группой и подгруппой (трехуровневая адресация)

Под групповой адрес выделено 16 бит в пакете данных, 15 из которых могут быть использованы.

Двухуровневая групповая адресация использует 4 бита для главной группы и 11 бит для подгрупп. Таким образом, доступно $2^4 = 16$ главных групп (0-15) и $2^{11} = 2048$ подгрупп (0-2047). Номера групп и подгрупп разделяются знаком «/». Двухуровневая адресация указывается как: **Главная группа / Подгруппа.**

Например:

1. 1/1 Освещение гостиной
2. 1/2 Освещение кабинета
3. 2/1 Жалюзи гостиной
4. 2/2 Жалюзи кабинета

Трехуровневая групповая адресация использует 4 бита для главной группы, 3 бита для средней группы и 8 бит для подгрупп. Таким образом, доступно $2^4 = 16$ главных групп (0-15), $2^3 = 8$ средних групп (0-7) и $2^8 = 256$ подгрупп (0-255). Трехуровневая адресация указывается как: **Главная группа / Средняя группа / Подгруппа.**

Например:

1. 1/1/1 Освещение потолка гостиной
2. 1/1/2 Торшер гостиной
3. 1/2/1 Освещение потолка кабинета
4. 1/2/2 Настольная лампа кабинета

Трехуровневая групповая адресация используется чаще всего, так как обладает большей точностью, чем двухуровневая.

В обоих видах адресации главная группа 0 зарезервирована для аварийных функций, 1-15 группы используются для различных функций например освещение или отопление.

Флаг адреса назначения – специальный бит, который указывает, какому адресу, физическому или групповому, адресована информация. Если он равен 0 – адрес физический, если 1 – групповой.

Исполнительным устройствам (получателям информации) может быть назначено несколько групповых адресов. Датчики (отправители) также

могут иметь несколько групповых адресов, но отправляют телеграммы только по одному заданному групповому адресу.

Групповые адреса задаются в ETS (S-режим) или автоматически без участия пользователя (E-режим).

3.4.5 Телеграммы

Когда происходит некое событие (например, нажатие кнопки), шинное устройство отправляет по шине телеграмму.



Рисунок 3.18 – Процесс передачи телеграммы

Передача начинается, если шина не занята в течение времени t_1 (см. рисунок 3.18). Как только телеграмма отправлена устройство ждет время t_2 , чтобы удостовериться, что телеграмма была правильно принята. Все шинные устройства, к которым адресована телеграмма, передают подтверждение о её приеме (Ack – acknowledgment) одновременно.

Телеграмма состоит из блоков данных: служебного, информационного послания, в котором сообщается о событии (нажатие кнопки, например), и контрольной информации, позволяющей обнаружить ошибки передачи данных.



Рисунок 3.19 – Структура телеграммы

Данные контрольного поля и поля защиты необходимы для бесперебойного обмена телеграммами. Они обрабатываются шинными устройствами, которым они адресованы. Адресное поле содержит исходный адрес (адрес источника сигнала) и адрес назначения (адрес получателя). Адрес источника сигнала – всегда физический адрес. Он указывает, к какой зоне и к какой линии относится посылающий сигнал прибор. Адрес назначения определяет участников коммуникации. При этом получателем, которому отправляется телеграмма, может быть как отдельный прибор, так и группа приборов, подключенных к одной линии, или же распределенных по разным линиям. Поле данных служит для передачи непосредственно самого информационного послания, например,

команд, сообщений, установочных параметров, данных измерений и т.д. Информация передается побайтно в виде пакетов. Тестовые данные для обнаружения ошибок при передаче также передаются в той же телеграмме.

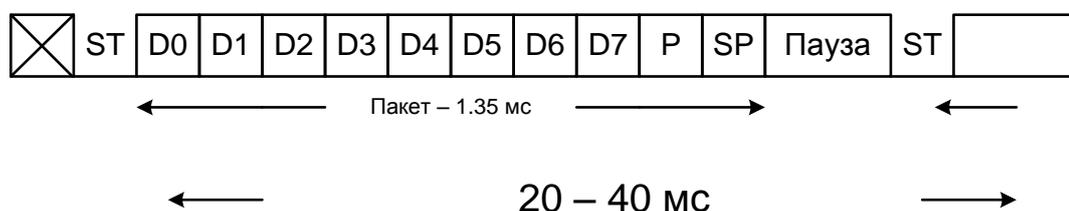


Рисунок 3.20 – Временные интервалы передачи телеграммы

Телеграмма передается со скоростью 9600 бит/с, т.е. 1 бит занимает шину на 104 мкс. Каждый пакет с учетом дополнительных битов фактически составляет 11 бит. Вместе с паузой (2 бита) перед передачей следующего пакета время передачи 1,35 мс. Телеграмма может содержать от 8 до 23 пакетов информации, в зависимости от типа информации. Телеграмма подтверждения (Ack) требует передачи только одного пакета. С учетом времени паузы шины ($t_1=50$ бит) и временем перед отправлением подтверждения ($t_2=13$ бит), общее время передачи телеграммы составляет от 20 до 40 мс. Передача телеграммы включения (вместе с подтверждением) занимает шину на 20 мс, телеграмма передачи текстовой информации – до 40 мс (см. рисунок 3.20).

Устройство-получатель проверяет телеграмму при помощи контрольного байта, чтобы проверить достоверность данных и отправляет соответствующее подтверждение.

Таблица 3.1 – Пример сообщений, полученных устройством-получателем

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Направление чтения битов
N	N	0	0	B	B	0	0	Сообщение подтверждения
1	1	0	0	0	0	0	0	BUSY (шина занята)
0	0	0	0	1	1	0	0	NACK (прием с ошибкой)
1	1	0	0	1	1	0	0	ACK (прием правильный)

Если получено подтверждение NACK (прием с ошибкой), то устройство-отправитель повторяет телеграмму (до трех раз). Если получено подтверждение BUSY (шина занята), то устройство-отправитель выжидает время перед попыткой повторения передачи телеграммы. Если устройство-отправитель не получает никакого подтверждения, то

телеграмма повторяется три раза перед тем, как остановить передачу запроса.

Если хотя бы одно из адресуемых телеграммой устройств приняло телеграмму с ошибкой, оно формирует отрицательное подтверждение (NACK) и необходимо отправить телеграмму снова, то бит запроса повтора устанавливается в 0. Таким образом, остальные шинные устройства, получившие телеграмму корректно, не будут исполнять повторную команду.

Если несколько устройств начинают передачу одновременно, то возникает столкновение телеграмм, разрешаемое в соответствии с протоколом CSMA/CA (Carrier Sensible Multiple Access with Collision Avoidance) – «множественный доступ к шине с контролем несущей и избежание столкновений».

Шинные устройства «слушают» шину при передаче данных. Если устройство, передающее в данный момент бит «1», обнаруживает наличие тока в шине (бит «0»), оно прекращает передачу с тем чтобы освободить шину для передачи телеграммы с более высоким приоритетом. Устройство, прервавшее свою передачу, «слушает» шину, ожидает окончания передачи телеграммы, а затем передает свои данные. Таким образом, если несколько устройств пытаются одновременно передать данные, процедуры регулировки протокола CSMA/CA гарантируют, что только одно из устройств закончит свою передачу без прерывания. За счет этого оптимизируется поток данных и данные не теряются.

Приоритет передачи выполняется, если несколько устройств пытаются передать информацию одновременно. Для каждого объекта связи требуемый приоритет можно установить с помощью программного обеспечения ETS. По умолчанию приоритет объектов установлен как низкий.

Приведем пример передачи данных на линии.

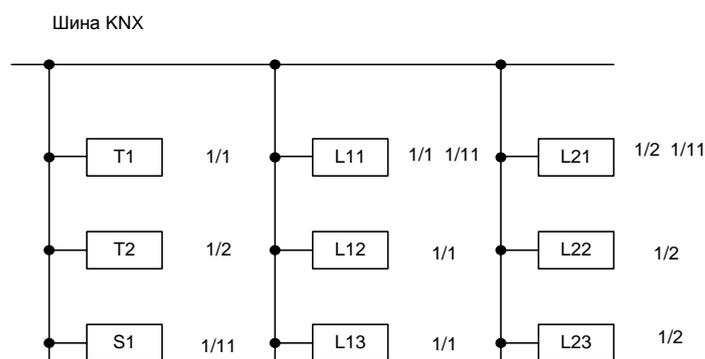


Рисунок 3.21 – Пример передачи телеграммы на линии

Нажатие кнопки T1 (см. рисунок 3.21) ведет к отправке телеграммы с групповым адресом 1/1. Хотя все устройства получают телеграмму из шины, команду выполняют только исполнительные устройства для ламп

L11, L12 и L13, так как только они имеют групповой адрес 1/1. Если датчик освещенности S1 отправляет телеграмму с групповым адресом 1/11, то команду выполняют только исполнительные устройства ламп L11 и L21, хотя телеграмма получена всеми устройствами линии.

Ниже представлен пример передачи данных с линии на линию.

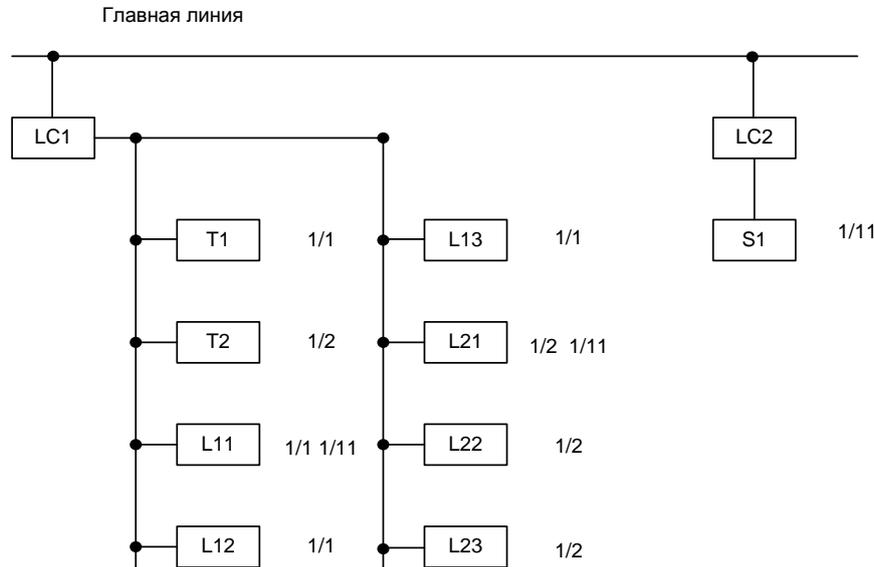


Рисунок 3.22 – Пример передачи телеграммы с линии на линию

Если датчик освещенности S1 (см. рисунок 3.22) не подключен к той же линии, что и исполнительные устройства ламп L11 и L21, которыми этот датчик управляет, возникает необходимость передавать его телеграммы через главную линию зоны.

Параметры, назначенные линейному соединителю LC2, содержат всю необходимую информацию, следовательно, этот соединитель «знает», что вне линии 2, которую он обслуживает, есть устройства, к которым обращается датчик освещенности S1. Поэтому телеграммы с групповым адресом 1/11 будут пропущены соединителем LC2 в главную линию. Линейный соединитель LC1 «знает», что в линии 1, к которой он подключен, есть устройства, которые реагируют на телеграммы с групповым адресом 1/11 и, следовательно, пропускает эти телеграммы в свою линию.

Все устройства линии 1 получают телеграмму от датчика освещенности, но только исполнительные устройства для ламп L11 и L21 выполняют команду.

3.4.6 Топология KNX-IP

Как известно, на различных уровнях системы могут устанавливаться шлюзы для передачи данных в другие системы. Все чаще такое решение приходится принимать в больших проектах, как правило, для выполнения более высоких требований заказчика.

Частой причиной возникновения повышенной нагрузки в KNX сети из-за большого количества передаваемых телеграмм, является применение программного обеспечения для визуализации работы системы и устройств с большим количеством каналов, с заданной опцией для автоматической многократной отправки подтверждения статуса. В это случаи, главные и системные линии KNX.TP топологии оказываются перегруженными в связи с тем, что скорость передачи данных по этим линиям ограничена скоростью до 9.6 кбит/с.

Если возникновение такого явления очевидно уже на этапе проектирования, то в этом случае можно в качестве замены TP-главной и TP-системной линий использовать IP-сеть с помощью IP-маршрутизатора.

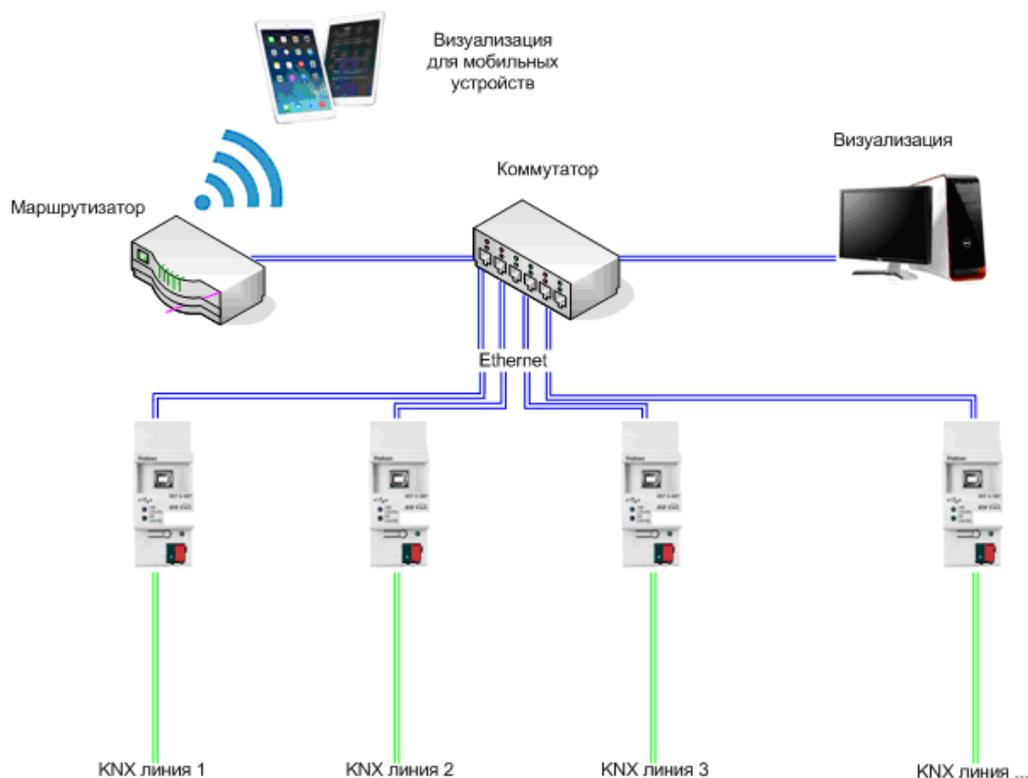


Рисунок 3.23 – Использование IP-сети в качестве главной линии

Как видно из рисунка 3.23, главная линия заменена на IP-сеть. В этом случае скорость двунаправленной вертикальной передачи данных между диспетчерским пунктом и KNX системой теперь определяется только скоростью передачи по вторичной линии KNX.TP. Очевидно, что параллельное соединение нескольких линий уже не является проблемой. Стандартизированный вид связи применяемый здесь называется «туннелирование». К диспетчерскому пункту здания можно подключить одновременно несколько шлюзов, умножив общую скорость передачи данных.

Другой пример, это непосредственное соединение нескольких линий KNX.TP. В этом случае IP-роутер работает в режиме «маршрутизация», выполняя функцию линейного соединителя. В этом случае роутер, который

должен передавать данные в другую линию, отправлять данные в сеть Ethernet в режиме групповой IP адресации (IP Multicast). Остальные IP-роутеры системы, связанные между собой по средством группового IP-адреса, получают и обрабатывают эту телеграмму. Далее включается обычная функция линейного соединителя, то есть обязательное сравнение с данным таблицы фильтрации или непосредственно с физическими адресами. После чего – игнорирование полученной телеграммы или передача телеграммы далее в линию.

IP-маршрутизатор может применяться не только в качестве линейного соединителя, но и как системный соединитель.

3.5 Устройства KNX

3.5.1 Понятия BCU AM AP

Любое активное шинное устройство (например, диммер, многофункциональный выключатель и другие) фактически состоит из трех частей:

- Блок сопряжения с шиной (BCU=Bus Coupling Unit)
- Внешний модуль приложений (AM=Application module или AU=Application Unit)
- Прикладная или аппликационная программа (AP=Application Program)

Блок сопряжения с шиной и модуль приложений могут конструктивно выполняться как в едином корпусе, так и отдельно. Если это отдельные изделия, то модуль приложений подключается к блоку сопряжения с шиной при помощи стандартного прикладного интерфейса, так называемого интерфейса физического уровня (PEI=Physical External Interface). Этот интерфейс фактически представляет собой 10- или 12-штырьковый разъем.

В случае применения в качестве среды передачи данных витой пары KNX.TP, подключение шинных устройств к шине, в большинстве случаев, выполняется посредством универсального шинного клеммника (см. рисунок 3.24).



Рисунок 3.24 – Шинный клеммник KNX WAGO 243-211

Каждое шинное устройство имеет микроконтроллер, который осуществляет связь блока сопряжения и шины. В этом суть децентрализации системы KNX, которая не требует наличия центрального блока управления (например, компьютера). Тем не менее, в случае необходимости, централизованные функции (например, мониторинг системы и диспетчеризация) могут быть реализованы с помощью специальных программ для ПК, предназначенных для визуализации и контроля систем KNX, или управляющих контроллеров.

В случае если устройство – сенсор, модуль приложений передает информацию в блок сопряжения с шиной, который, в свою очередь, кодирует данные и передает их в шину. Блок сопряжения с шиной циклически «проверяет» состояние модуля приложений.

Если устройство – исполнительное, блок сопряжения принимает телеграммы из шины, декодирует их и передает информацию в модуль приложений для исполнения.

В S-режиме настройки шинное устройство становится функциональным только после того как прикладная программа, подходящая для работы с данным модулем приложений будет загружена в универсальный блок сопряжения с шиной (чаще всего это делается при помощи программа ETS – EIB Tool Software).

E-режим настройки чаще всего уже являются полностью функциональными на момент подключения к шине KNX. Программа загружается в блок сопряжения уже при изготовлении устройства на заводе производителя. Логическая связь между такими KNX-устройствами и установка соответствующих параметров выполняется аппаратно либо через центральный контроллер.

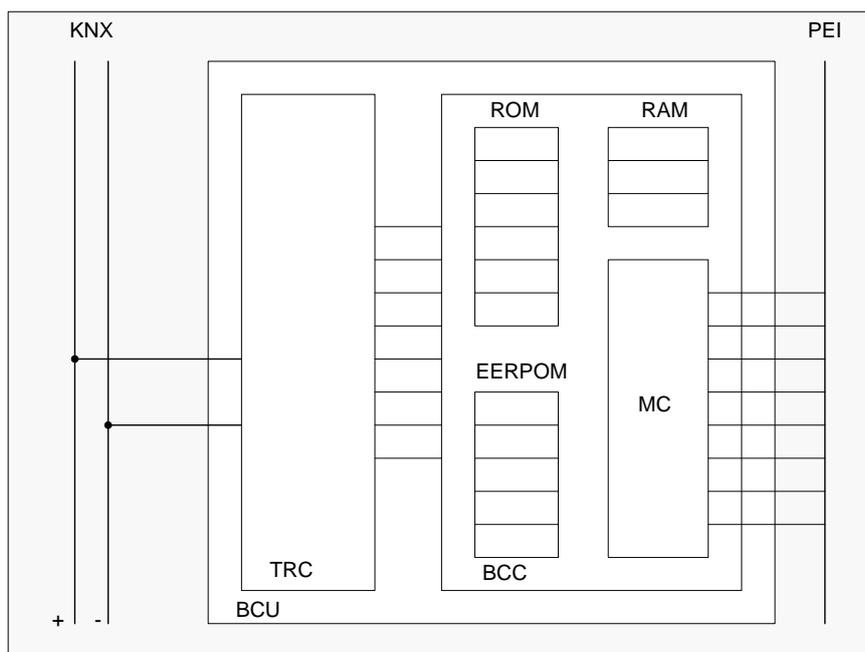


Рисунок 3.25 – Внутренняя структура VCU

3.5.2 Внутренняя структура VCU

Блок сопряжения с шиной KNX функционально состоит из двух частей: контроллера (VCC) и приемопередатчика (TRC) для соответствующей среды обмена данными (см. рисунок 3.25). Контроллер, в свою очередь, состоит из микропроцессора (MC), связанного с несколькими запоминающими устройствами разных типов:

- Системное ПО, которое записывается в ПЗУ (ROM) или Flash-память и не может быть изменено.
- RAM (ОЗУ) – оперативная энергозависимая (несохраняемая) память – содержит используемые во время работы шинного устройства переменные значения. В случае отключения устройства от шины, эти данные теряются (если только они не сохранены в EEPROM или Flash-память).
- EEPROM или Flash-память – содержит прикладное программное обеспечение, физические и групповые адреса, дополнительные параметры.

Для конфигурируемых в S-режиме шинных устройств производители выпускают прикладные программы в виде базы данных ETS, которые затем загружаются в эти устройства. Для загрузки программы из базы данных в память контроллера шинного устройства строго необходимо, чтобы код поставщика прикладной программы и код производителя блока сопряжения с шиной VCU совпадали.

Глава 4. ETS

4.1 Введение

Engineering Tool Software (ETS) – программа для проектирования, ввода в эксплуатацию и диагностики систем KNX. Версия ETS 3 Professional, в отличие от предыдущих версий, не требует использование сторонних программных пакетов, интерфейс адаптирован к текущим стандартам ОС Microsoft Windows.

4.2 Ввод в эксплуатацию проекта

4.2.1 Начало работы с ETS

При первом запуске ETS 3 Professional будет создана база данных с именем eib.db в стандартной директории **C:\Program Files\Ets\Database** (при условии, что установка программы установлен путь C:\Program Files). Эта база данных является центральной для всех проектов. Она содержит как данные об изделиях различных производителей, так и данные проектов, создаваемых самими пользователями. Эта база данных

изначально пустая, таким образом, первый шаг заключается в импорте данных из базы данных производителя.

Для этого вызывается меню **Файл/Импортировать**. Необходимые аппликационные программы предоставляются вместе с устройствами на CD-дисках или на сайте производителя.

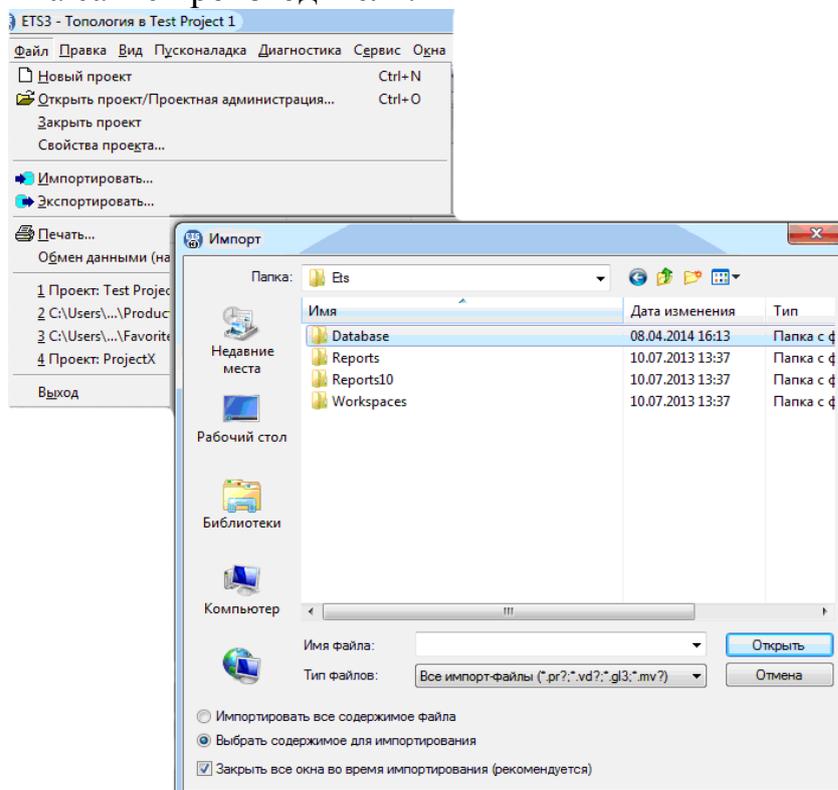


Рисунок 4.1 – Окно импорт

Строка **«Импортировать»** позволяет импортировать как изделия, так и проекты. Базы данных с информацией об изделиях имеют файловое расширение .vd?. Вопросительный знак в данном случае может иметь следующие значения:

1. Файлы с расширением .vd4 и .vd5 предназначены только для ETS версии 3.0d и выше.
2. Файлы с расширением .vd3 содержат информацию, сохраненную в формате ETS 3 Professional.
3. Файлы с расширением .vd2 – это файлы, разработанные для ETS 2 V1.3 и V1.2. При импорте в ETS 3 эти файлы будут конвертированы в формат ETS 3 Professional.
4. Файлы с расширением .vd1 и .vdx содержат данные об изделиях в формате ETS 2 V1.1 или V1.0. Они также будут конвертированы в формат ETS 3 Professional при импортировании.

После импортирования в текущую базу данных ETS 3 Professional представляется обзор производителей с помощью каталога изделий.

Каталог может быть открыт с помощью символа «Открыть каталог» в строке инструментов.

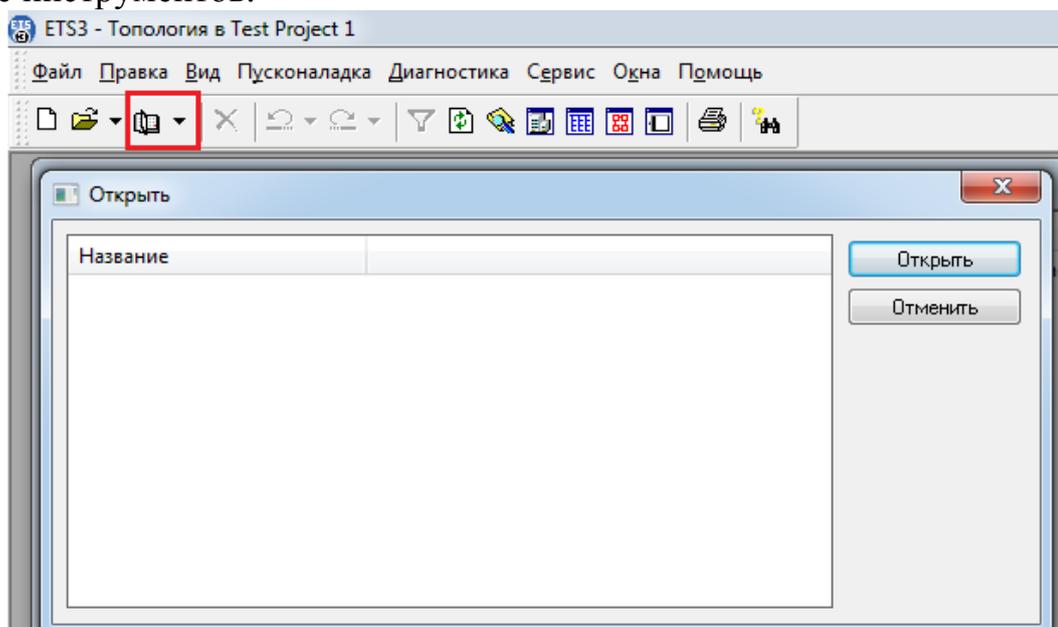


Рисунок 4.2 – Вызов окна каталога производителей

4.2.2 Создание нового проекта

Нажмите кнопку  в строке документа или выберите команду **Файлы/Новый проект** для создания нового проекта. Откроется диалоговое окно «**Добавить новый проект**», в котором необходимо задать имя проекта, среду передачи данных: TP – для витой пары, PL – для Powerline. Если выбрана функция **Создать Линию 1.1**, то сразу же создается линия и область. Первоначально проект не имеет топологической структуры.

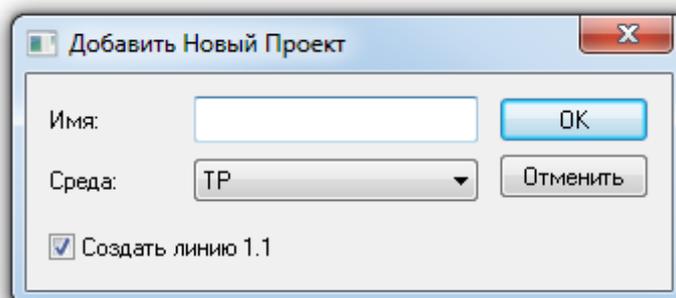


Рисунок 4.3 – Окно создания нового проекта

Для открытия уже созданного проекта выберите строку «**Открыть проект**» в меню **Файл** или нажмите кнопку . Выберите требуемый проект из списка и нажмите «**Открыть**» чтобы приступить к редактированию проекта.

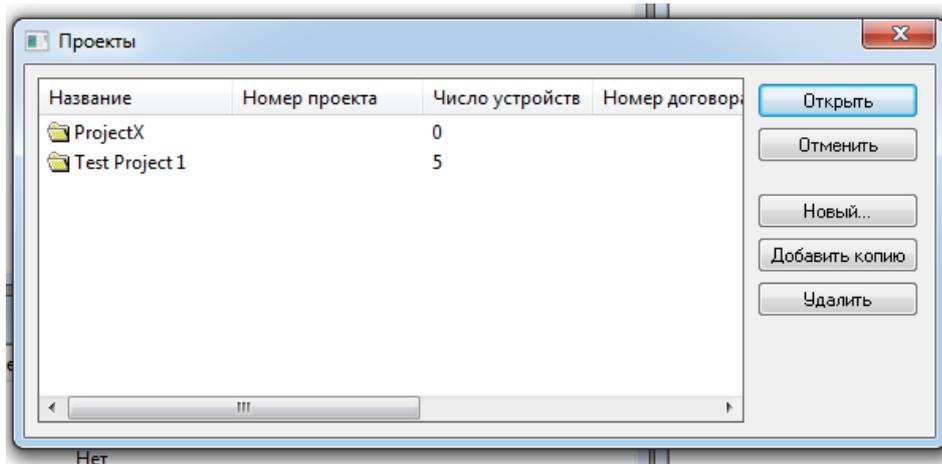


Рисунок 4.4 – Окно выбора ранее созданных проектов

4.2.3 Структурные представления в разработке проектов

Программа ETS 3 Professional представляет проекты с помощью четырех окон редактирования, которые могут использоваться как отдельно, так и параллельно:

1. Структурное представление Топология.
2. Структурное представление Зданий и Функций.
3. Структурное представление Групповых адресов.
4. Окно устройств.

При создании проекта автоматически открываются первые три окна. Все эти окна могут быть открыты нажатием на соответствующую пиктограмму в строке инструментов или выбором соответствующей функции в меню «**Вид/Виды проекта**».

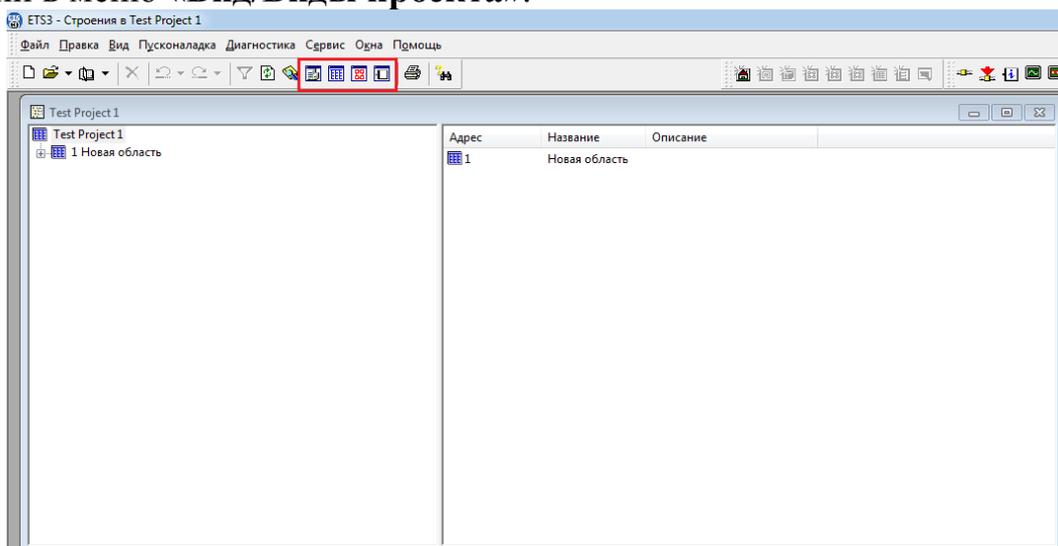


Рисунок 4.5 – Кнопки переключения окон структурного представления проекта

Структурное представление Здания является ключевым окном ETS 3 Professional и используется для построения проектов KNX в соответствии с физической структурой здания. Устройства могут вставляться в помещения и распределительные шкафы.

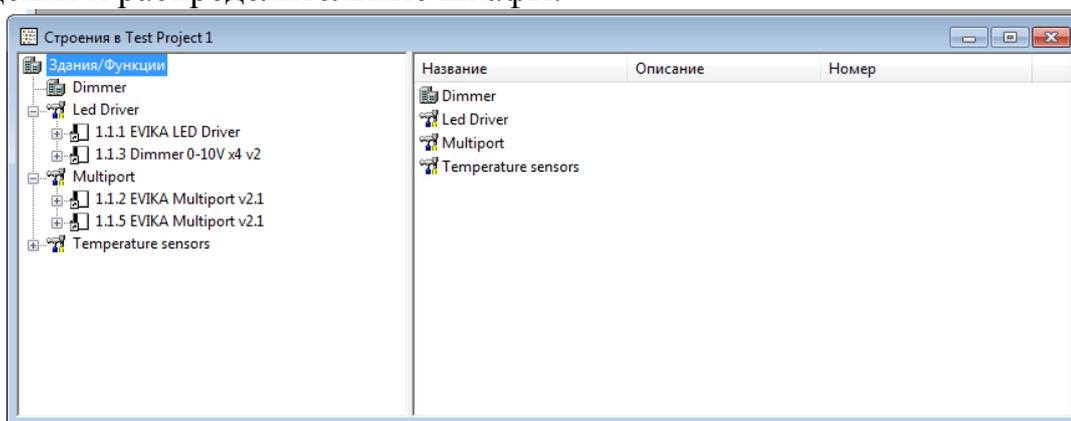


Рисунок 4.6 – Окно структурного представления здания

Структурное представление групповых адресов позволяет создавать и редактировать групповые адреса. В зависимости от установок групповые адреса отображаются в виде двух- или трехуровневой структуры.

Отображение групповых адресов с различными уровнями не имеет никакого функционального значения и используется для удобства пользователя. В примере используется трехуровневая структура.

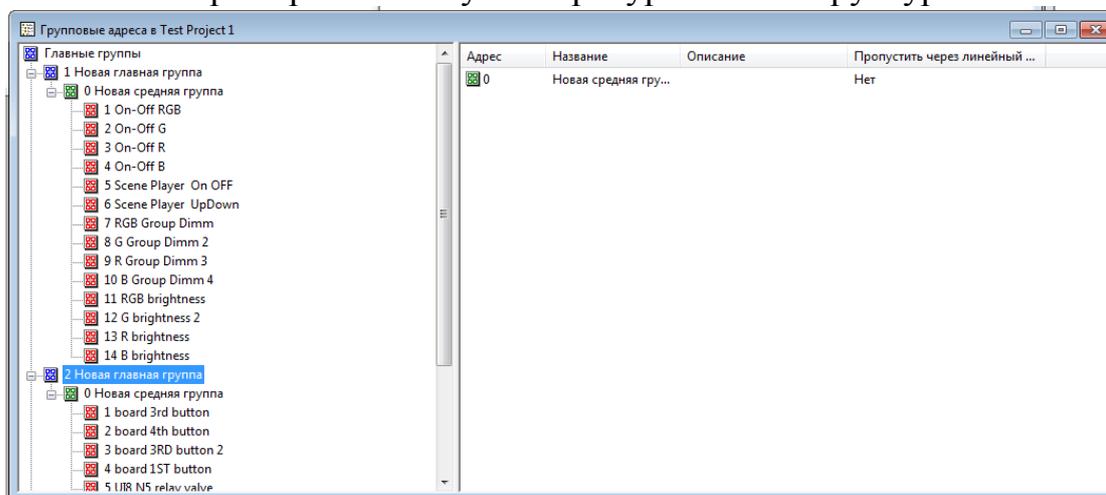


Рисунок 4.7 – Окно структурного представления групповых адресов

Окно топологии позволяет определять физическую структуру шины и присваивать физические адреса шинным устройствам. В левой части окно показывает общую топологию проекта, а в правой части – объекты связи устройства, выделенного в левой части.

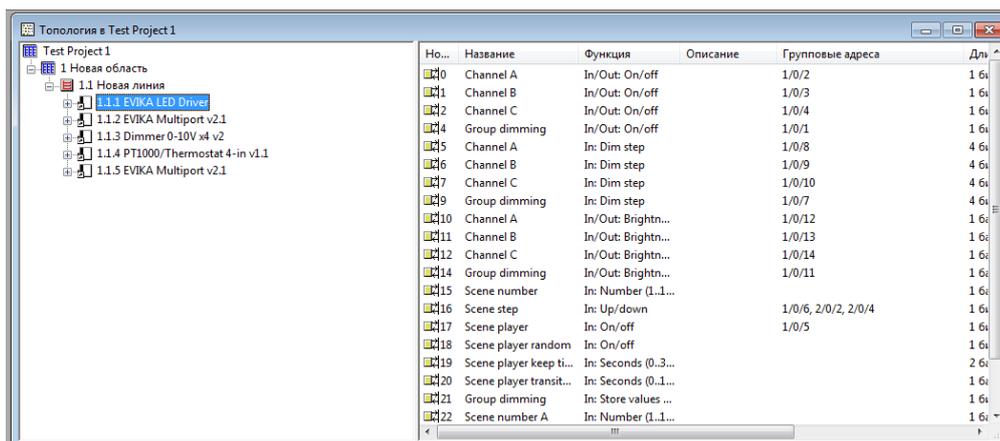


Рисунок 4.8 – Окно структурного представления топологии

Структура топологии обычно создается автоматически во время присвоения физических адресов в окнах «Здания/Функции» и «Топология», но также возможно редактирование физических адресов в ручную.

В окне «Все устройства» будут показаны все добавленные в ваш проект устройства, в том числе и те, которые не были размещены в здании, функции или линии. Это окно позволяет увидеть общую картину проекта, проверить наличие всех устройств в проекте, присвоены ли им физические адреса и групповые адреса. Здесь также как и в других окнах возможно редактирование устройств.

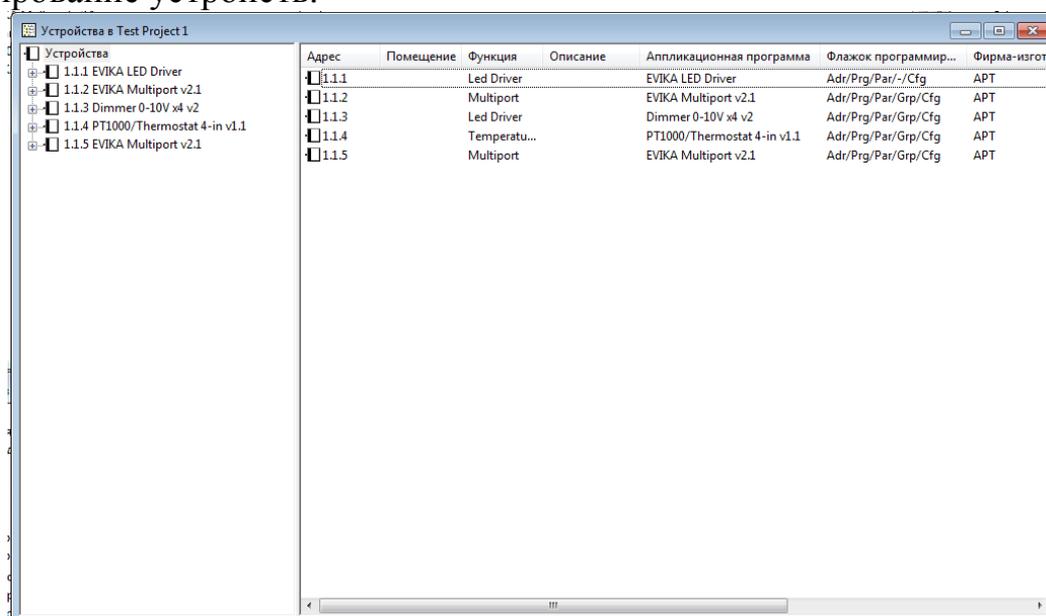


Рисунок 4.9 – Окно «Все устройства»

4.3 Разработка проекта в ETS

Проиллюстрируем процесс разработки небольшого проекта на примере. Создадим новый проект, для этого нажмите кнопку «Новый проект». Введите имя проекта и подтвердите ввод нажатием кнопки «Ок».

Для создания проекта воспользуемся окном «Здания/Функции». Устройства могут устанавливаться в помещения и в распределительные шкафы, поэтому, сначала создадим структуру здания. Для создания этой структуры руководствуйтесь следующей последовательностью:

1. Выберите окно вида Здания.
2. Нажмите на кнопку  в строке инструментов для добавления здания. Оно будет отображаться под именем «**Новое здание**».
3. Чтобы поменять название здания дважды кликните по нему левой кнопкой мыши.
4. В открывшемся окне Свойства измените имя здания.
5. Теперь вы можете добавить помещение в здании с помощью кнопки , которое будет отображаться под именем «**Новое помещение**»
6. Смените название помещения аналогичным с названием здания образом.

Далее вы можете добавить в структуру здания распределительные шкафы и устройства. Для добавления устройств в проект необходимо выбрать помещение или распределительный шкаф и нажать на кнопку  поиска продуктов.

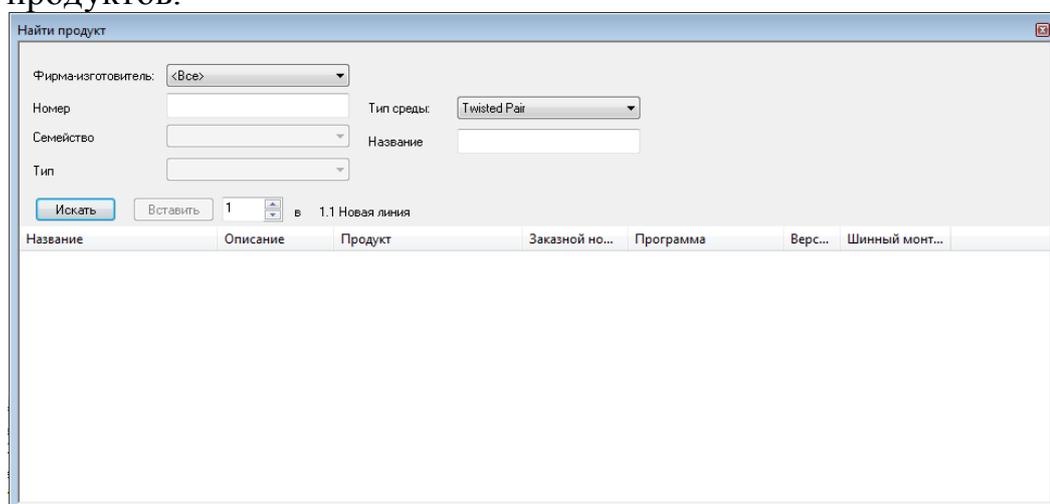


Рисунок 4.10 – Окно поиска устройств

Для выбора требуемых устройств доступны различные фильтры. После определения критериев поиска нажмите «**Искать**». Результат будет отображен в виде списка. Для добавления устройства с соответствующим приложением выберите его мышкой и нажмите кнопку «**Вставить**». Выбрав количество устройств для добавления можно добавить несколько одинаковых устройств. Физические адреса присваиваются автоматически в порядке возрастания, если эта опция не была запрещена в меню **Сервис/Опции/Изображение**.

После добавления устройства оно будет отображено в структуре здания. Вы можете открыть диалог «Свойства» двойным щелчком мыши на значке устройства. С помощью стрелок можно переключить вкладки с информацией. На основной странице «Общее» вы можете менять физический адрес.

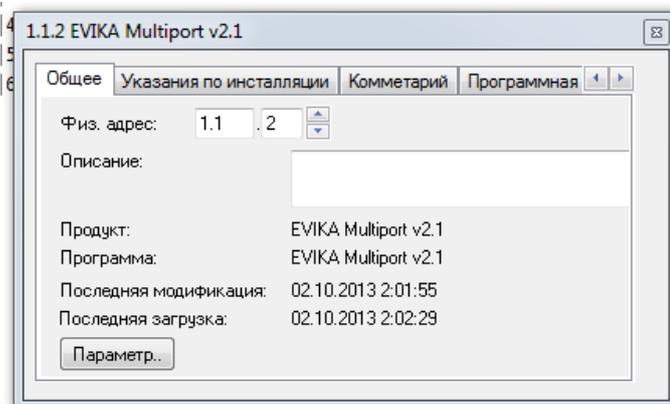


Рисунок 4.11 – Окно свойств устройства

Нажав на кнопку «Параметр» откроется окно «Обработка параметров» для настройки конкретных функций устройства. В примере на рисунке можно установить режимы работы портов контроллера ввода/вывода.

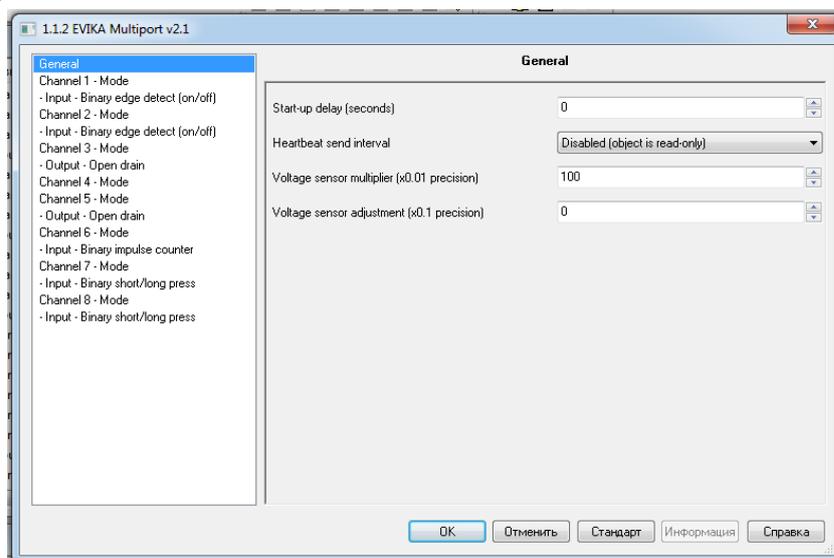


Рисунок 4.12 – Окно параметров устройства

Кнопка «Стандарт» сбрасывает все параметры к значениям по умолчанию, заданные производителем.

Для доступа к объектам связи устройства, нажмите на символ  в древовидной структуре в правой части окна. Двойной щелчок на любом из объектов откроет окно «Свойства» этого объекта. Здесь можно поменять установленный по умолчанию приоритет отправки телеграмм, а также задать тип передаваемых данных. Можно установить следующие приоритеты:

1. Низкий для некритичных ко времени функций.
2. Высокий для функций ручного управления.
3. Аварийный для функций, критичных ко времени.

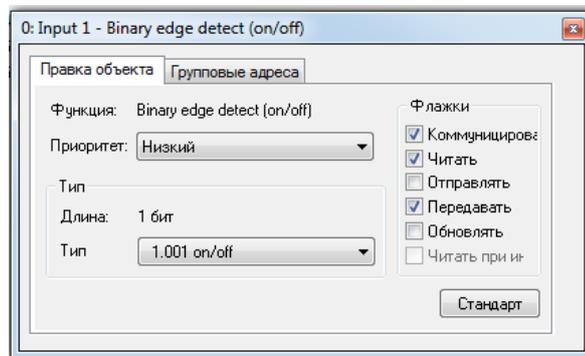


Рисунок 4.13 – Окно свойств объекта связи

Поведение каждого объекта связи на шине может быть установлено с помощью флагов (режимов передачи данных) в зависимости от типа объекта связи. Так, например, для датчиков устанавливаются флаги «Коммуникации» и «Передать».

В проекте устройства, принадлежащие одной функциональной группе «логически» связываются друг с другом с помощью группой адресации.

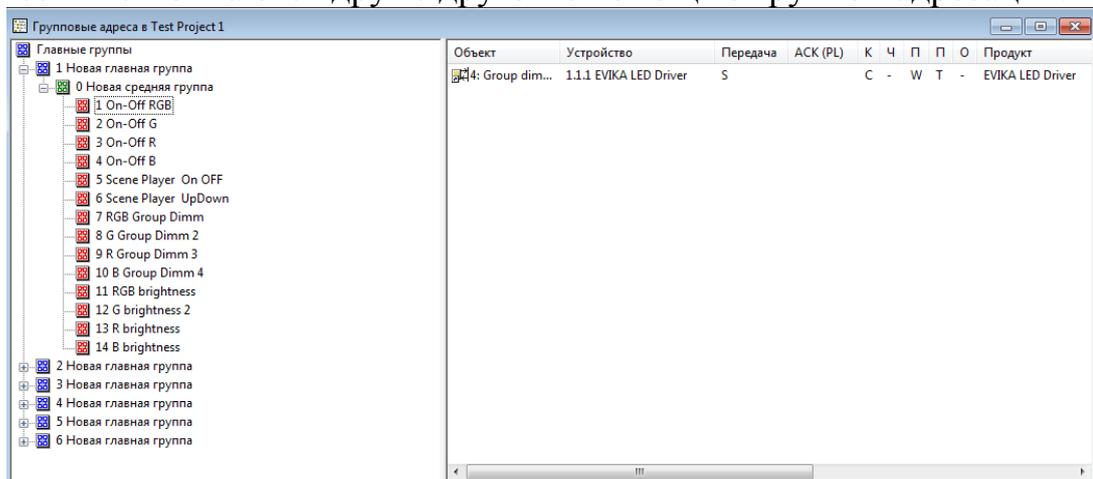


Рисунок 4.14 – Пример структуры групповых адресов

Формат групповых адресов устанавливается в меню **Сервис/Опции/Изображение**. Рекомендовано выбирать структуру групповых адресов исходя из сложности разрабатываемого проекта.

Структура групповых адресов, показанная на рисунке выше, создается с помощью соответствующих кнопок так же, как в окне «Здания/Функции». Для присвоения параметру группового адреса необходимо выбрать устройство в окне «Здания/Функции», в правой части окна выбрать параметр, вызвать меню с помощью правой кнопки мыши и выбрать «Соединить с...»

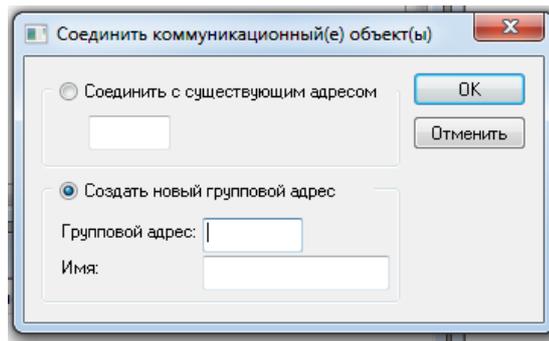


Рисунок 4.15 – Окно задания группового адреса

В открывшемся окне можно выбрать уже созданный групповой адрес или создать новый.

Другой способ связи требует параллельного использования окон «Групповой адрес» и «Здания/Функции». Удерживая нажатой левой клавишу мыши, перетащите требуемый групповой адрес на соответствующие объекты связи (или объект связи на групповой адрес). Затем отпустите клавишу мыши для их связи.

4.4 Ввод в эксплуатацию проекта ETS

Для наладки инсталляции KNX не обязательно иметь полную и законченную систему со всеми устройствами. В больших проектах можно посоветовать, например, предварительно запрограммировать устройства в лаборатории (офисе). Либо, другой вариант наладки: так как при загрузке необязательно загружать в устройство сразу все параметры, то можно в начале в лаборатории загрузить в блоки сопряжения с шиной (BCU) физические адреса, а затем, уже непосредственно на собранной инсталляции, все остальные параметры.

Независимо от того, где делается наладка, прикладные устройства, устанавливаемые в монтажные коробки, на этом этапе не устанавливаются. Благодаря этому остаются открытыми кнопки для программирования физического адреса и светодиода программирования (контроля). В распределительных щитах на этом этапе рекомендуется не устанавливать верхние панели, чтобы также оставался свободный доступ к кнопкам и светодиодам программирования KNX устройств. Для встраиваемых устройств – удобнее запрограммировать физические адреса заранее – в лаборатории, так как доступ к ним после инсталляции на объекте будет затруднен.

Персональный компьютер, с помощью которого делается наладка, должен иметь свободный последовательный интерфейс. Начиная с ETS 3, программирование инсталляции KNX также можно производить через порт USB.

Для наладки или диагностики используются такие иконки (см. рисунок_):

- «Он-лайн» - подготовка ПК для связи с шиной.

- «Программировать» - открывает окно «Загрузка» для загрузки физического адреса и параметров.
- «Устройство информация» - открывает окно «Информация об устройствах».
- «Мониторинг шин» - открывает окно «Мониторинг шины».
- «Групповой мониторинг» - открывает окно «Групповой мониторинг».

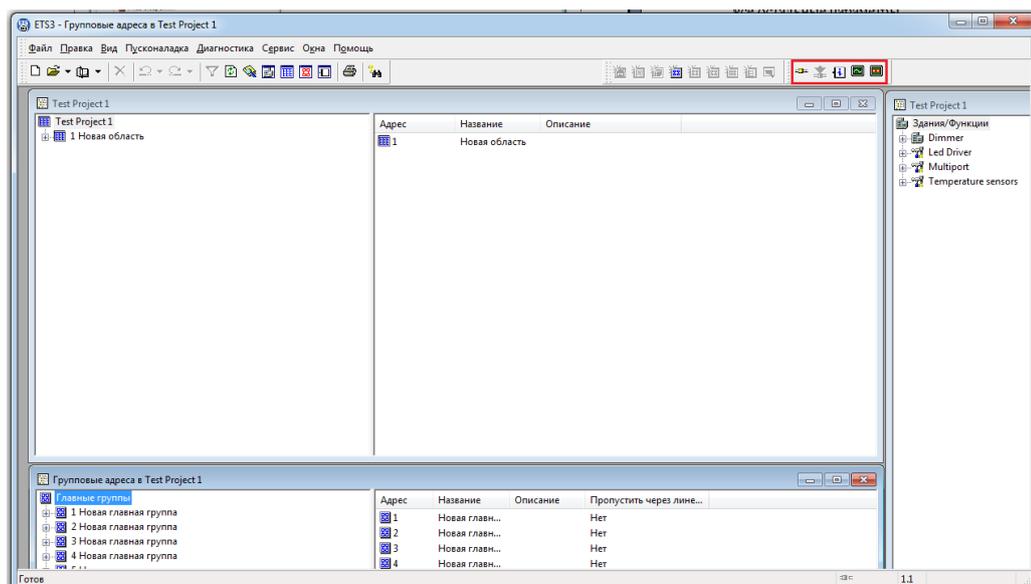


Рисунок 4.16 – Кнопки, используемые для наладки проекта

Для начала наладки необходим интерфейс для связи с ПК. Для этого должен быть сконфигурирован свободный последовательный интерфейс компьютера. Затем этот интерфейс (RS232 или USB) подключается к инсталляции KNX соответствующим кабелем. Перед началом наладки необходимо обязательно проверить настройки параметров коммуникации ETS. Для этого вызовите меню **Сервис/Опции/Коммуникация**.

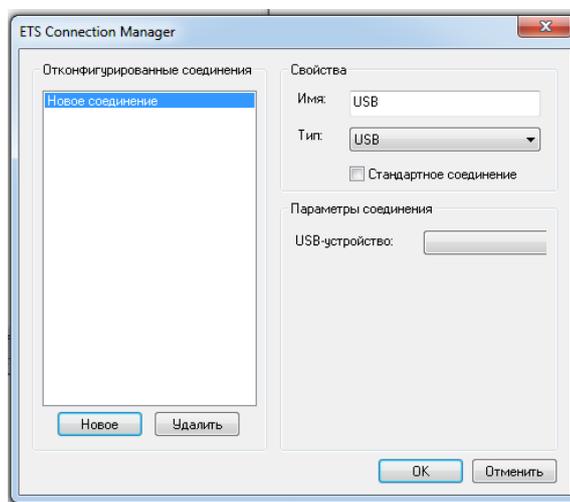


Рисунок 4.17 – Окно конфигурации интерфейса

Во вкладке «**Коммуникация**» нажмите кнопку «**Конфигурация интерфейсов**», откроется окно «**ETS Connection Manager**» (см. рисунок_). В «**Свойствах**» можно выбрать следующие опции:

- USB – передача через USB
- RS.232 Стандарт – стандартный последовательный порт
- RS.232 FT1.2 – передача через VCU2
- IP (EIBlib/IP) – передача через TCP/UDP
- EIBnet/IP – KNXnet/IP переход

Необходимо выбрать один из пунктов, провести его настройку и нажать на кнопку «**Ок**».

При нажатии кнопки «**Конфигурация**» на вкладке «**Коммуникация**» открывается диалоговое окно «**Установки локального интерфейса**». Здесь нужно ввести физический адрес интерфейса (см. рисунок_).

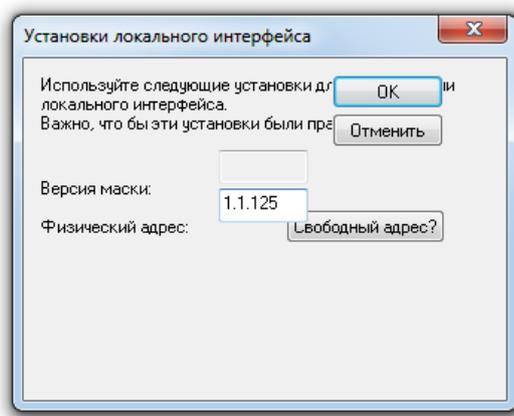


Рисунок 4.18 – Окно установки локального интерфейса

Локальным считается интерфейс VCU, к которому в текущий момент времени подключен компьютер. Физический адрес, присваиваемый интерфейсу должен соответствовать диапазону адресов настраиваемой инсталляции. При этом назначенный физический адрес не должен совпадать с физическим адресом какого-либо устройства в проекте. Удобнее всего ставить максимально большой порядковый номер устройства, который вряд ли будет присвоен какому-либо устройству.

Если вы выбрали режим передачи «**EIBnet/IP**», программа настройки «**KNXnet/IP**» поможет вам сделать необходимые установки (см. рисунок 4.19). EIBnet/IP используется в том случае, если ПК подключен через Интернет к KNX устройству, которое преобразует IP в KNX телеграммы.

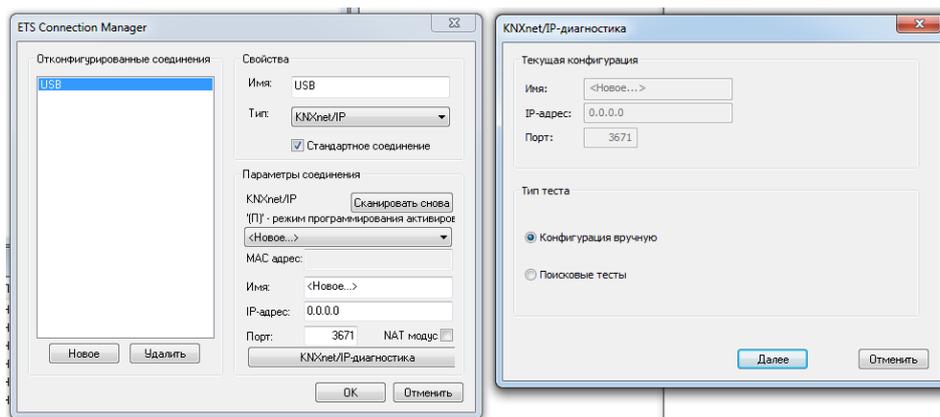


Рисунок 4.19 – Настройка интерфейса EIBnet/IP

После того, как установлены параметры интерфейса, кнопкой «Открыть проект» открыть окно, в котором выбрать проект, который подлежит наладке. Проверьте, назначены ли все необходимые физические и групповые адреса.

4.5 Загрузка

4.5.1 Локальная загрузка

Если для наладки используется интерфейс, устанавливаемый на ВСУ, который затем будет использоваться в инсталляции (например, на него будут установлены клавиши), то его необходимо загрузить **локально** (см. рисунок 4.20). Для этого выделите соответствующее шинное устройство в структуре Здания или Топологии и нажмите кнопку «**Программировать**». В открывшемся диалоге установить режим «**Доступ локально**». Затем нажмите «**Загрузить физический адрес**» - физический адрес запишется в ВСУ, к которому подключен интерфейс. **При этом кнопку программирования на ВСУ нажимать не нужно!**

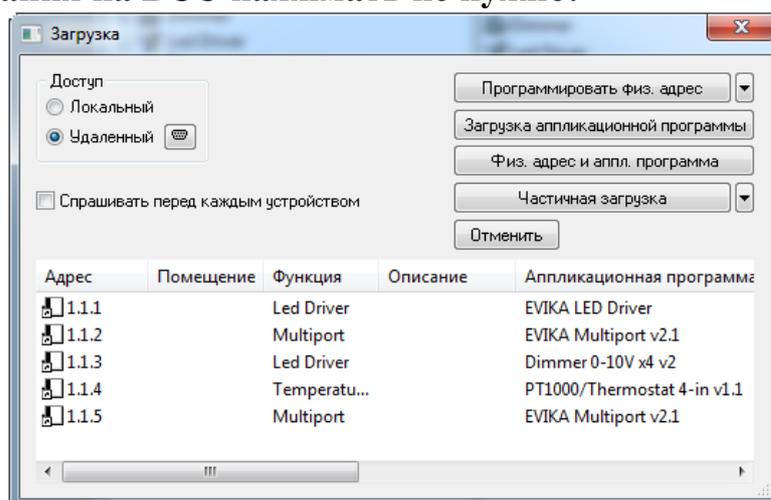


Рисунок 4.20 – Окно загрузки физического адреса и аппликационных программ

Затем нажмите кнопку «**Загрузка аппликационной программы**» - в ВСУ будут загружены программа, групповые адреса и установки

параметров. Локальная загрузка прикладной программы необходима, если на ВСУ устанавливается модуль приложений, например, кнопочный сенсор.

4.5.2 Загрузка по шине

Если перед вами не стоит задача запрограммировать какое-либо устройство локально, то программирование можно произвести по шине, т.е. ПК подключается не к данному ВСУ, а к общей KNX шине через интерфейс данных соответствующего типа.

Порядок работы в этом случае следующий:

В устройство, в первую очередь, должен быть загружен его физический адрес. Чтобы это сделать, выделите программируемые устройства в окне «Здания», «Топология» или «Измененные устройства». Затем нажмите кнопку «Программировать». В строке инструментов. В диалоговом окне «Загрузка» выберите режим доступа «Удаленный». Далее, при выборе функции «Программировать физический адрес» ETS 3 откроет дополнительное окно с просьбой нажать кнопку программирования устройства. Загружаемые устройства выводятся в списке в том порядке, в котором они обрабатываются. Если физический адрес загружен в устройство, то в окне «Топология» в колонке «Флажок программирования» напротив данного устройства появится отметка «Adr».

Для загрузки прикладной программы соответствующее KNX-устройство должно быть выделено в окне «Здания», «Топология» или «Измененные устройства». Затем вызывается окно «Программировать». Для начала загрузки необходимо нажать кнопку «Загрузка аппликационной программы». Процесс загрузки можно контролировать по выводимым сообщениям и индикации процесса загрузки (см. рисунок 4.21).

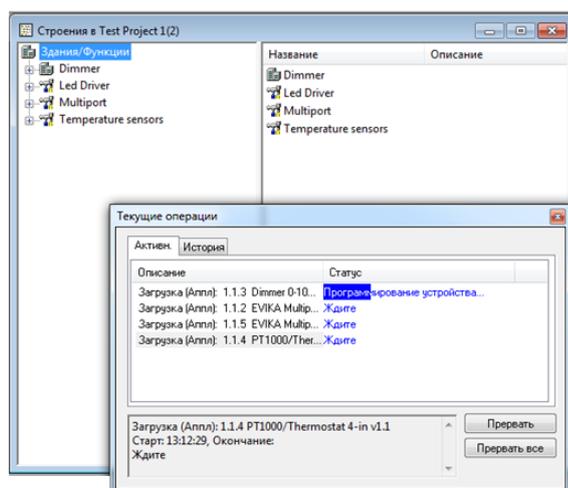


Рисунок 4.21 – Процесс загрузки аппликационной программы

После загрузки прикладной программы ETS 3 выводит в окне «Топология» напротив каждого загруженного устройства отметки в колонке «Флажки программирования»:

Adr – Физический адрес загружен

Prg – Прикладная программа загружена

Par – Параметры загружены

Grp – Групповые адреса загружены

Cfg – Установки, зависящие от типа носителя информации загружены

Если при наладке были сделаны изменения групповых адресов для отдельных адресов, принадлежащих разным линиям, необходимо переписать таблицу фильтрации. Это выполняется частичной загрузкой – только групповых адресов в соответствующие линейные соединители. Конечно же, в линейный соединитель может быть загружена и полная прикладная программа.

Устройство, которое было загружено некорректно, может быть полностью очищено (выгружено) через подменю «**Выгрузить**» в меню «Пусконаладка». Очистка может быть выполнена как для локального устройства, так и для любого другого, находящегося на шине. Одновременно можно выгружать несколько устройств, для этого необходимо выделить соответствующие позиции в структуре Здания или Топология.

Кнопкой «**Удалить аппликационную программу**» из шинного устройства удаляется только прикладная программа, а физический адрес остается в устройстве. Если же должен быть удален и он, нажмите на кнопку «**Удалить адрес и аппликационную программу**». Для безопасности проекта ETS 3 попросит подтвердить очистку устройства. Если шинное устройство очищается полностью, то физический адрес сбрасывается на исходное значение (незагруженные шинные устройства имеют физический адрес 15.15.255).

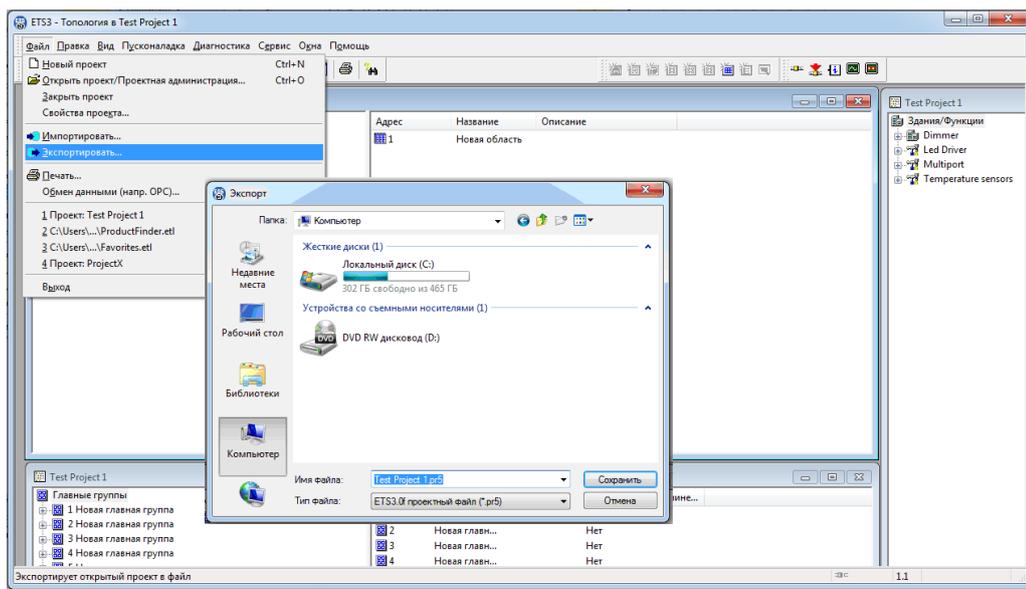


Рисунок 4.22 – Экспорт проекта

Для сохранности данных имеющиеся проекты можно архивировать. Для этого необходимо вызвать строку «Экспортировать» в меню «Файл» (см. рисунок 4.22). При экспортировании сохраняются все соответствующие данные:

- Структура здания
- Все сконфигурированные устройства KNX со связями и параметрами
- Групповые адреса и структура групповых адресов
- Связи групповых адресов и установки флагов
- Топология

Глава 5. Практическая часть

5.1. Описание стенда

Для проведения практических и лабораторных работ разработан стенд, имитирующий работу «умного» дома. Функциональная схема стенда представлена на рисунке 5.1.

Стенд содержит управляющий блок оператора, систему управления освещением, систему климат-контроля, блок управления водоснабжением и систему охраны.

Блок оператора состоит из:

- Персонального компьютера
- Управляющего контроллера Evika Logic Machine 2
- Маршрутизатора ASUS W1-520GU

Система управления освещением состоит из следующих компонентов:

- Диммер и секвенсор световых сцен Evika LED3-KNX
- Трехцветная светодиодная лента RTW-5000E 12V
- Диммер четырех каналов 1-10 В Evika AODIM4-KNX
- Диммер DINUY RE EL 2000
- Лампа накаливания

Система климат-контроля содержит в себе:

- Контроллер датчиков температуры Evika IPT4-KNX
- Датчики температуры PT1000
- Контроллер управления с аналоговыми выходами 0-10 В
- Термоэлектрический сервопривод Oventrop 1012825

Блок управления водоснабжением состоит из:

- Шарового крана Neptun Bugatti 220
- Реле WAGO 788-304
- Датчика протечки Нептун SW005

Система охраны включает в себя:

- Датчик движения Pyronix Colt Quad PI
- Геркон

Блок управления водоснабжением, система охраны, а также электросчетчик Меркурий 201.2 подключены к универсальному контроллеру ввода/вывода Evika MULTIPORT UIO8v2-KNX.

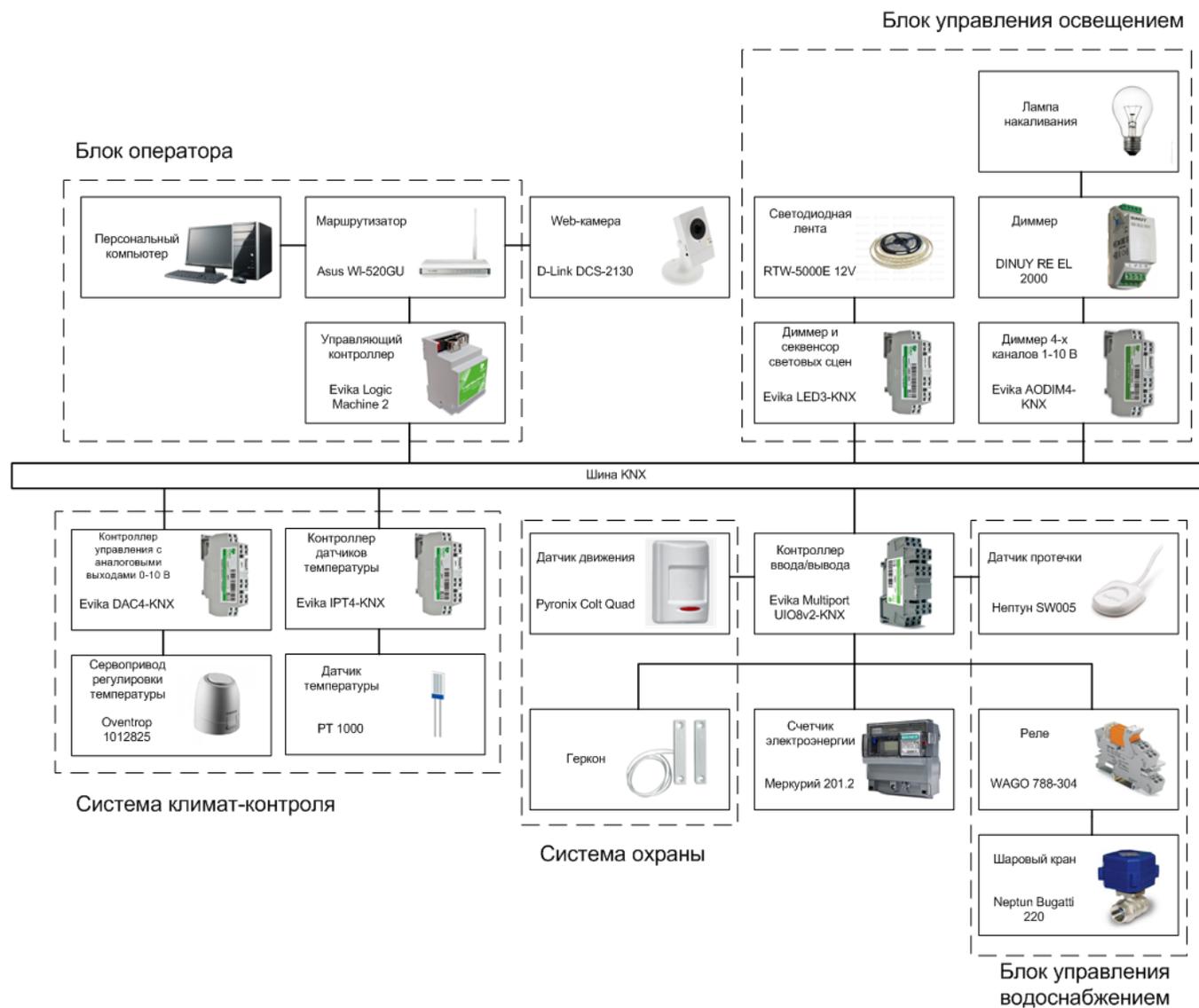


Рисунок 5.1 – Функциональная схема лабораторного стенда

5.2. Лабораторные работы

5.2.1 Система управления освещением

Разработать систему управления освещением, позволяющую управлять и диммировать (плавно управлять яркостью) световые группы. Предусмотреть возможность диммирования светодиодной ленты и лампы накаливания, управления выбором заранее созданных световых сцен (не менее пяти) и яркостью свечения. Управление системой осуществить с помощью выключателей. Распределение функций по кнопкам выключателей представлено в таблице.

Таблица 5.1 – Распределение функций системы по клавишам выключателя

Клавиша	Функция
Первая клавиша верх	Включение лампы накаливания
Первая клавиша вниз	Выключение лампы накаливания
Первая клавиша вверх удерживая	Увеличение яркости свечения лампы накаливания
Первая клавиша вниз удерживая	Уменьшение яркости свечения лампы накаливания
Вторая клавиша верх	Включение светодиодной ленты
Вторая клавиша вниз	Выключение светодиодной ленты
Вторая клавиша вверх удерживая	Увеличение яркости свечения светодиодной ленты
Вторая клавиша вниз удерживая	Уменьшение яркости свечения светодиодной ленты
Третья клавиша верх	Переключение световой сцены вперед
Третья клавиша вниз	Переключение световой сцены назад

5.2.2 Создание системы безопасности

Разработать систему управления водоснабжением и безопасности, позволяющую в автоматическом режиме перекрывать подачу воды при обнаружении протечки. Систему безопасности разработать на основе датчика движения и геркона. При обнаружении движения в охраняемой зоне осуществить автоматическое включение лампы накаливания, а при разъединении контактов геркона включение охранной сигнализации в виде сирены.

5.2.3 Визуализация работы системы

Разработать пользовательский интерфейс для управления системами управления, разработанными в ходе выполнения работ 1 и 2. Управление включением/выключением лампы накаливания и светодиодной лентой, а также управление световыми сценами, осуществить с помощью кнопок, диммирование и изменение цвета светодиодной ленты с помощью

ползунков. Отобразить в отдельном окне текущее состояние освещения (вкл/выкл, процент освещенности, текущая световая сцена или цвет светодиодной ленты), системы управления водоснабжением и системы безопасности. Предусмотреть возможность перекрытия водоснабжения вручную и отключения системы безопасности в виде кнопок.

5.2.4 Логирование показания электросчетчика и датчиков температуры

Разработать систему учета потребляемой электроэнергии и измеряемой температуры воздуха в помещении. Записывать показания электросчетчика и датчиков температуры с определенной преподавателем частотой в базу данных. Отобразить с помощью пользовательского интерфейса, разработанного в работе 3, текущее значение датчиков температуры. На основе записанных показаний, выводить в отдельном окне графики изменения температуры и потребляемой мощности в течение суток.

5.2.5 Программирование сценариев работы системы

Разработать сценарии работы «Я ушел» и «Я дома» систем, созданных в лабораторных работах 1 и 2.

При активации сценария «Я ушел» осуществить автоматическое выключение световых групп и включение системы безопасности. При срабатывании датчика протечки, датчика движения или геркона передавать соответствующее сообщение на email и twitter хозяина.

При активации сценария «Я дома» осуществить включение световых групп на заранее заданное значение и отключение системы безопасности. При срабатывании датчика протечки изменить текущий цвет светодиодной ленты на красный.

Список литературы

1. EnOcean. Case Studies. [Режим доступа <http://www.enocean.com/en/case-studies/>].
2. EnOcean. EnOcean - Self-powered Wireless Sensors. [Online] [Режим доступа <http://www.enocean.com/>].
3. Wolfgang Granzer, Wolfgang Kastner, Christian Reinisch. Gateway-free Integration of BACnet and KNX using Multi-Protocol Devices. — Vienna : Vienna University of Technology, Automation Systems Group, 2008.
4. Othmar Kyas , Joerg Nestle. How To Smart Home: A Step by Step Guide Using Internet, Z-Wave, KNX & OpenRemote. — Key Concept Press, 2014.
5. Hermann Merz , Thomas Hansemann, Christof Hübner. Building Automation: Communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet. — Springer, 2009.
6. Michael H. Newman. BACnet Goes to Europe and Beyond. BACnet.org. [Режим доступа <http://www.bacnet.org/Bibliography/HPAC-10-98.html>].
7. Michael H. Newman. BACnet: The Global Standard for Building Automation and Control Networks. — Momentum Press, 2013.
8. Dr. Christian Paetz. Z-Wave Basics: Remote Control in Smart Homes Paperback – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.
9. Bill Swan. The Language of BACnet-Objects, Properties and Services. BACnet.org. [Режим доступа <http://www.bacnet.org/Bibliography/ES-7-96/ES-7-96.htm>].



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

КАФЕДРА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАТИКИ

Кафедра Систем управления и информатики факультета Компьютерных технологий и управления является одним из крупнейших научных и учебных подразделений Университета. Кафедра осуществляет подготовку бакалавров и инженеров по специальности «Управление в технических системах», а также специалистов высшей квалификации (преподавателей и научных работников) по специальности «Системный анализ и управление», «Мехатроника и робототехника» и др.; выполняет исследования по научному направлению 50-03: Теория автоматического управления в соответствии с Государственными программами, программами Минобразования, по индивидуальным и групповым конкурсным проектам(грантам), а также по совместным проектам с ведущими Российскими и Европейскими научными центрами и промышленными предприятиями.

В настоящее время кафедра является одним из ведущих российских научных образовательных центров, ориентированным на фундаментальные и прикладные исследования в области автоматических систем и прикладной информатики, подготовке высококвалифицированных специалистов XXI-го столетия.

Среди основных направлений кафедры СУиИ можно выделить: Нелинейное управление; Адаптивные, робастные и самообучающиеся системы; Обработка информации и системы телемеханики. Прикладные исследования сосредоточены на алгоритмах, прикладном программном обеспечении и методах машинного проектирования электромеханических объектов, роботов и мехатронных систем.

Кремлев Артем Сергеевич
Титов Антон Валерьевич
Щукин Александр Николаевич

**Проектирование систем интеллектуального
управления домашней автоматикой. Элементы теории
и практикум.**

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 70 экз.

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского национального
исследовательского университета
информационных технологий, механики
и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

