

Промышленные сети

- Технические потребности
- Компоненты сетей
- Информационные технологии в промышленности
- Техническая политика Schneider Electric

9.1	Введение	218
9.2	История	218
9.3	Требования рынка и возможные решения	219
9.4	Сетевые технологии	221
9.5	Сети, рекомендуемые Schneider Electric	223
9.6	Сеть Ethernet TCP/IP	224
9.7	Web-сервисы и концепция Transparent Ready	227
9.8	Промышленная шина CANopen	234
9.9	Совместная работа Ethernet и CANopen	242
9.10	Промышленная шина AS-interface (AS-i)	242
9.11	Заключение	249

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

C

Рассмотрим электрические соединения, необходимые для функционирования системы автоматизации на предприятии. Обычно рассматривают две категории таких соединений:

- *для силового распределения электроэнергии, что обеспечивает соединение электрических и энергетических компонент с сетью электропитания и нагрузкой; мы не будем останавливаться на этой теме, но рекомендуем читателю ознакомиться с разделами об источниках питания и частотно-регулируемом электроприводе;*
- *слаботочные связи, соединяющие компоненты диалога человека-оператора, устройства обработки информации и управления с технологической средой.*

9.1 Введение

При создании систем, включающих электрооборудование, используются кабели. Международный стандарт МЭК 60 204-1 и национальные стандарты имеют четкие соглашения по его сечению, качеству изоляционного материала и цветовой маркировке. Большинство этих связей используют гибкие провода сечением 1,5-2,5 мм² (AWG 16 и 14), защищенные с обоих концов. Если в прошлых десятилетиях такие решения удовлетворяли всем требованиям по передаче дискретных и аналоговых сигналов, в последние годы в ряде случаев (например, при управлении серводвигателем) возникла необходимость использования экранированных кабелей для предотвращения электромагнитных помех.

Под влиянием информационных технологий и стандартов автомобильной промышленности приход цифровых технологий в другие производственные сферы оказал сильное воздействие на проектирование и конструирование систем с электрооборудованием.

Обмен цифровыми данными повлек использование коммуникационных сетей, которым необходимы соединительные разъемы и подготовленные соединения. Это облегчило создание систем с электрооборудованием, уменьшив ошибки в проводных соединениях, и упростило техническое обслуживание.

Поскольку стандартные информационные технологии широко известны, мы посвятим эту главу коммуникационным сетям, используемым в промышленности.

9.2 История

В 1968 году компания Modicon разработала концепцию программируемого логического контроллера - устройства, отвечающего широкому кругу потребностей, возникающих при управлении технологическими процессами, и обладающего малыми размерами. Программируемый логический контроллер (ПЛК или просто «контроллер») - это устройство, аналогичное компьютеру, используемое для того, чтобы автоматизировать технологический процесс, например, управление оборудованием на сборочной линии завода. Там, где старые автоматические системы использовали сотни и тысячи исполнительных реле и кулачковых механизмов, стал нужен один контроллер. ПЛК состоит из центрального устройства управления (ЦПУ), источника питания (на основе постоянного или переменного тока) и модулей в соответствии с требованиями решаемой задачи, таких как:

- модули ввода для подключения датчиков, кнопок и других входных сигналов;
- модули вывода для подключения исполнительных механизмов, световой индикации, клапанов и т.п.;
- коммуникационные модули;
- модули удаленного ввода-вывода;
- специализированные, так называемые «экспертные» модули, такие как высокоскоростные счетчики, модули взвешивания;
- модули управления перемещениями рабочих органов станков и машин.

ПЛК работает строго циклически: получение входов (значения входов из модулей формируют образ памяти ЦПУ) – обработка данных в памяти и вычисления по программе – обновление выходов. Время цикла контроллера зависит от размера программы, сложности обработки и мощности ЦПУ. Время цикла обычно составляет величину порядка нескольких десятков миллисекунд и ограничено сверху встроенным механизмом защиты, называемым «сторожевой таймер». ПЛК отличается от компьютера надежностью работы и простотой обслуживания. Модули ПЛК можно легко заменять, и контроллер возобновляет работу очень быстро.

Высокая гибкость использования ПЛК дает множество преимуществ на каждом этапе жизненного цикла технологического оборудования.

Коммуникационные сети появлялись постепенно, сначала в виде шин последовательного обмена. Обмены данными были формализованы в виде протоколов, таких как MODBUS (1979, сокращение от MODIcon BUS). Этот протокол за короткое время стал фактическим стандартом последовательного обмена цифровыми данными в промышленности.

В течение последнего десятилетия начали широко применяться сети и полевые шины (1). Это основа архитектуры систем автоматизации технологических процессов. Они являются мощными средствами обмена данными, мониторинга и диагностирования подключенных к ним устройств. Полевые шины и сети постепенно привели к пересмотру архитектуры системы автоматизации технологическими процессами:

- исчезает необходимость в традиционном удаленном подключении устройств ввода-вывода с помощью сигнальных соединений;
- интерфейсы ввода-вывода рассредоточены;
- система управления строится как децентрализованная и распределенная система;
- организована связь с Интернетом.

В 1970-е годы был предложен протокол Xerox PARC Ethernet – объединение метафизического эфира (ether) с сетью (network) – который через десятилетие стал международным стандартом практически для всего компьютерного оборудования. Первоначально его применяли для обмена файлами, сообщениями и передачи web-страниц. Распространение информационных технологий во всех областях промышленности к 1990-м годам обострило проблему информационных потоков.

World Wide Web (WWW, «всемирная паутина») была предложена Европейским институтом ядерных исследований (CERN, Женева) в 1989 г. изначально для обмена информацией между рабочими группами, находящимися в различных странах. Система WWW (или web) обеспечивает совместное использование документов и ссылок на них с помощью простого протокола HTTP, применяемого программой просмотра (браузером) для доступа к web-страницам на сервере. Эти страницы описаны на языках разметки HTML, XML или подобных им. В 1994 г. был учрежден Консорциум всемирной сети (W3C) для управления техническим развитием сети (<http://www.w3.org>).

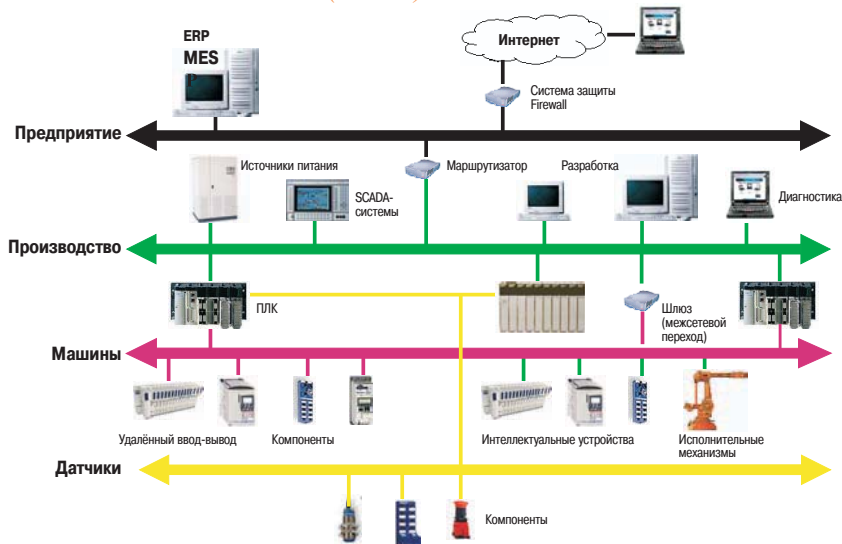
В 1996 компания Schneider Electric начала развивать промышленный Ethernet для объединения бизнес-системы и технологической системы (2) с помощью программируемых логических контроллеров и разработала концепцию Transparent Ready, основанную на дополнении существующих стандартных элементов Ethernet промышленным инструментарием и специальными протоколами, включающими Modbus.

(1) В случае если требуется подчеркнуть различие между понятиями «сеть» и «шина», считают, что в сети все узлы равноправны и любой из них может вызвать обмен данными, а в шине имеется один ведущий узел («мастер», «арбитр» и т.п.), который организует обмены, остальные же узлы являются ведомыми, подчиненными (примечание редакторов перевода).

(2) Используемому в настоящее время понятию «бизнес-система» соответствует устаревшее понятие АСУП (автоматизированная система управления предприятием), а технологической системе – АСУТП (автоматизированная система управления технологическими процессами). См. также сводку терминов в п. 10.6. В соответствии со складывающейся терминологией задачи, которые решались АСУП и АСУТП, реализуется в настоящее время в системах ERP – MES – SCADA (примечание редакторов перевода).

9.3 Требования рынка и возможные решения

В настоящее время с учетом потребностей пользователей, технологических возможностей и требований стандартов в архитектуре систем управления выделяют четыре отдельных уровня, объединенных промышленными сетями как в пределах каждого уровня, так и между уровнями (⇒ Рис. 1).



↑ Рис. 1

Архитектура системы управления на предприятии

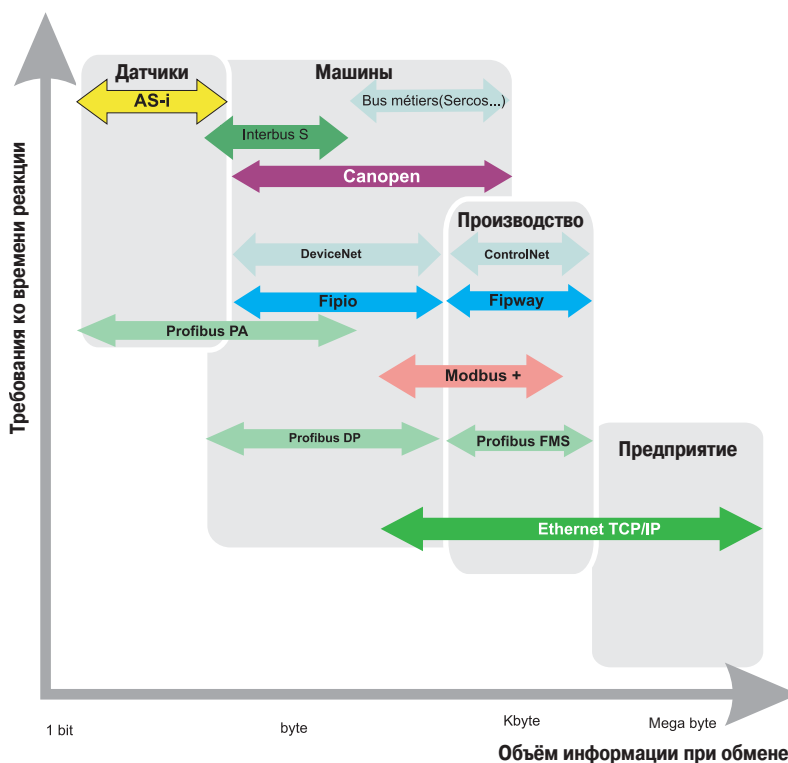
Перед анализом коммуникационных сетей необходимо определить основные требования на каждом из рассматриваемых уровней. Характеристики, указанные в таблице на *Рис. 2*, более подробно описываются в следующих параграфах.

Уровень	Требования	Объем данных при передаче	Время реакции	Расстояние	Топология сети	Кол-во адресов	Физическая среда передачи
Предприятие	Обмен данными Компьютерная безопасность Стандарты передачи программных пакетов	Файлы Мбиты	1 мин	Без ограничений	Шина, звезда	Неограниченно	Электрические, оптоволоконные, радио
Производство	Синхронизация ПЛК при передаче данных в пределах локальной системы в режиме «клиент/сервер» со средствами управления (ЧМИ, SCADA) Режим реального времени	Данные Кбиты	50-500 мс	2-40 Км	Шина, звезда	10-100	Электрические, оптоволоконные, радио
Машины	Распределенная архитектура Интегрированные функции и обмен Прозрачность Минимальные затраты на подключение	Данные Кбиты	5-100 мс (цикл ПЛК)	От 10 м до 1 Км	Шина, звезда	10-100	Электрические, оптоволоконные, радио
Датчики	Упрощение подключения источников питания для датчиков и исполнительных устройств Оптимизированные затраты на монтаж	Данные Биты		1- 100м	Без ограничений	10-50	Электрические, радио

↑ *Рис. 2* Коммуникационные требования и ограничения

Можно принять, что основными характеристиками в этой таблице требований являются:
 - объём информации при передаче;
 - необходимое время реакции.

Такой подход позволяет позиционировать основные сети так, как это показано на *Рис. 3*.



↑ *Рис. 3* Основные промышленные сети

9.4 Сетевые технологии

Ниже приведено краткое описание принципов, лежащих в основе сетевых технологий.

■ Топология сети

Промышленные сети состоят из программируемых логических контроллеров (ПЛК или PLC), диалоговых панелей для работы человека-оператора (человеко-машинный интерфейс – ЧМИ), компьютеров и устройств ввода/вывода, объединенных вместе с помощью электрических и оптоволоконных кабелей, радиосвязи, а также вспомогательных коммуникационных устройств, таких как сетевые карты и шлюзы. Физическая топология сети – это топология технических средств или сетевая архитектура.

Для процесса передачи информации и обмена между узлами иногда используют термин **программной топологии**.

Обычно выделяют следующие виды топологий:

- шина;
- звезда;
- кольцо;
- сеть.

• Топология «шина»

Это самая простая топология. Все элементы соединены вместе вдоль одной линии передачи. Здесь слово «шина» относится к физической линии. Данная топология легко реализуема. Выход из строя узла или элемента не препятствует работоспособности остальных устройств. Сети на уровнях машин и датчиков, также известные как полевые шины, используют именно эту систему.

Топология «шина» реализуется подключением к основному кабелю через соединительные коробки или путем соединения устройств цепочкой (⇒ Рис. 4).

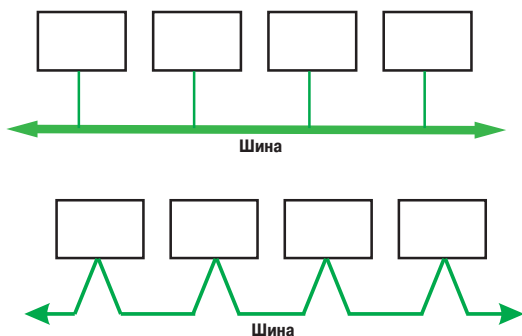
• Топология «звезда»

Это топология Ethernet, наиболее часто используемая на уровнях предприятия и производства (⇒ Рис. 5). Ее преимущество в большой гибкости при модернизациях и при устранении неполадок. Конечные станции объединяются через промежуточные устройства (повторители, концентраторы, коммутаторы). Выход из строя узла не препятствует работе всей сети в целом, однако промежуточные устройства, соединяющие узлы, являются слабыми звеньями, критичными к неисправностям.

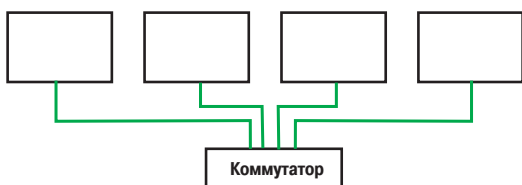
• Остальные топологии (⇒ Рис. 6)

- **Топология «кольцо»** использует обычно те же аппаратные средства, что и «звезда», но обеспечивает более высокую степень готовности системы.

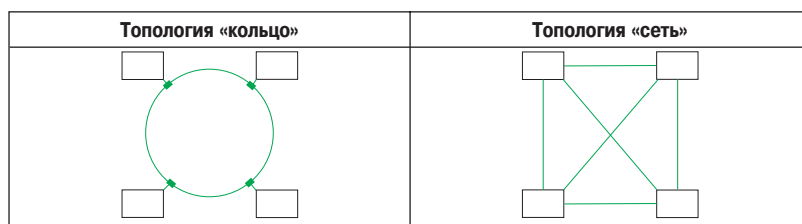
- **Топология «сеть»** не получила широкого распространения в промышленности, её недостаток в большом количестве соединений.



↑ Рис. 4 Топология «шина»



↑ Рис. 5 Топология «звезда»



↑ Рис. 6 Другие топологии

■ Протокол

Протокол связи определяет набор правил для заданного типа коммуникаций. Первоначально слово «протокол» использовалось для описания процесса взаимодействия разных устройств на одном уровне рассмотрения. Теперь этот термин расширился до обозначения правил взаимодействия между несколькими уровнями в одной системе.

Модель OSI (Open System Interconnection – модель взаимодействия открытых систем) была создана ISO (International Organization for Standardization - Международная организация по стандартизации), которая опубликовала стандарт ISO 7498 в качестве основы описания компьютерных сетей. В этой модели набор сетевых протоколов делится на 7 частей, называемых уровнями OSI и пронумерованных от 1 до 7. Уровни OSI работают по следующим принципам:

- каждый уровень поддерживается протоколом независимо от остальных уровней;
- каждый уровень предоставляет обслуживание (сервисы) уровню, расположенному непосредственно выше него;
- уровень 7 предоставляет сервисы пользователю или приложению;
- каждому уровню, кроме первого, необходимы сервисы уровня, расположенного непосредственно ниже него;
- уровень 1 описывает канал связи.

При сеансе связи пользователь в сети вызывает сервисы 7-го уровня в программе - приложении. Данный уровень формирует данные, переданные ему программой согласно протоколу, и посылает их на предыдущий (т.е.нижележащий) уровень, как только запрашивается сервис. Каждый уровень изменяет формат данных и добавляет служебную информацию, соответствующую используемому протоколу. Окончательно эти данные отсылаются в канал связи и доходят до другого сетевого узла. Они опять проходят через все уровни конечного узла и доставляются принимающей программе очищенными от всей служебной информации протоколов.

Семиуровневая модель OSI (⇔ Рис. 7) была реализована некоторыми разработчиками, но никогда не имела коммерческого успеха на рынке, предпочитавшем четырехуровневую модель TCP/IP. Последнюю проще понять и использовать, она уже была реализована в ряде областей. Однако модель OSI теоретически имеет некоторые преимущества, несмотря на то, что 4 уровня модели TCP/IP не имеют четких эквивалентов в модели OSI. Эти уровни будут описаны в подразделе, посвященном Ethernet.

№	Уровень OSI	Функция уровня	Примеры
7	Прикладной	Обеспечивает интерфейс пользовательских приложений с сетью, посылает запросы уровню представления данных	HTTP, SMTP, POP3, FTP, Modbus
6	Представление данных	Определяет, как будут представлены и кодированы данные, может шифровать данные	HTML, XML
5	Сеансовый	Отвечает за поддержание сеанса связи, открывает и закрывает сессии связи на сетевых устройствах	ISO8327, RPC, Netbios
4	Транспортный	Управляет коммуникацией взаимодействующих устройств, сегментацией данных и их сборкой, управляет потоками, находит и исправляет ошибки	TCP, UDP, RTP, SPX, ATP
3	Сетевой	Маршрутизирует пакеты данных (датаграммы) по сети, отвечает за сопоставление логических имен и физических адресов	IP, ICMP, IPX, WDS
2	Канальный	Организует безошибочную связь через канал связи	ARCnet, PPP, Ethernet, Token ring
1	Физический	Определяет протоколы битовых потоков и их электрические, механические и функциональные характеристики	CSMA, RS-232, 10 Base-T, ADSL

↑ Рис. 7 Уровни модели взаимодействия открытых систем

■ Фрейм

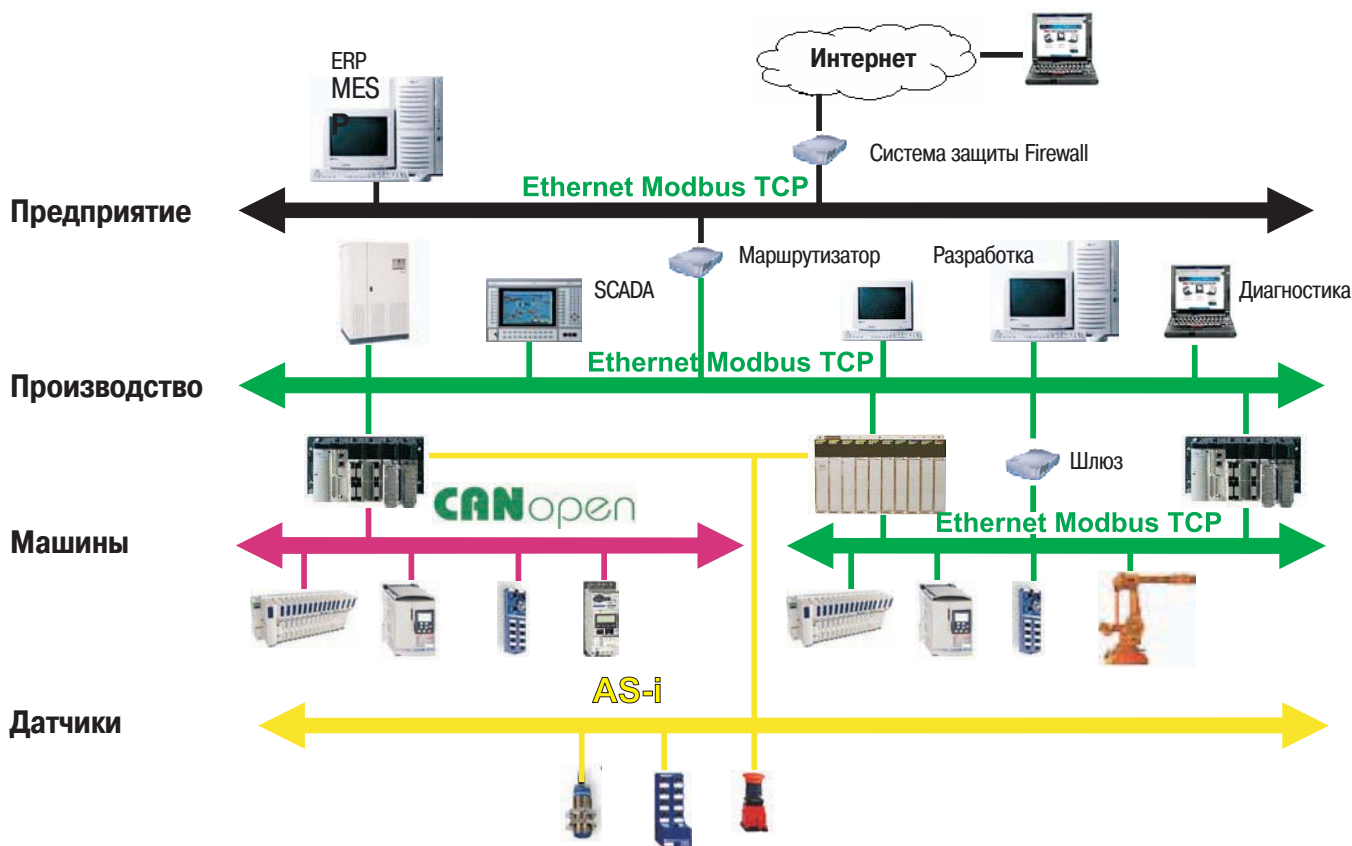
Фрейм (⇒ Рис. 8) представляет собой набор данных, пересылаемых по сети в одном блоке. Его также называют пакетом. Каждый фрейм имеет одинаковый формат и включает в себя управляющую информацию, такую как символы синхронизации, адреса рабочих станций, контрольную сумму для определения ошибки и изменяемый объем данных.

Заголовок	Ограничитель фрейма	Адрес назначения	Адрес источника	Размер данных	Данные	Контрольная сумма фрейма

↑ Рис. 8 Формат фрейма

9.5 Сети, рекомендуемые Schneider Electric

Для того, чтобы предлагать рациональные решения, отвечающие всем требованиям, компания выбрала три типа коммуникационных сетей (⇒ Рис. 9) для реализации систем, которые описаны в начале главы.



↑ Рис. 9 Коммуникационные уровни, выбранные Schneider Electric

■ Ethernet Modbus TCP

Широкое распространение Ethernet в бизнес-системах на предприятиях и при использовании Интернета превращает его, в значительной степени, в обязательный стандарт коммуникаций. Он помогает сократить расходы на подключение и повышает производительность, надежность, расширяет функциональные возможности. Его скорость не замедляет работу приложений, а архитектура позволяет легко проводить модернизацию: изделия и программное обеспечение совместимы, что делает системы легко расширяемыми. Использование протокола Modbus в промышленности предоставляет низкое по стоимости и простое решение для прикладного уровня.

■ CANopen

CANopen является промышленной версией и «настройкой» шины CAN (Controller Area Network), разработанной для автомобильной отрасли. Эта сеть доказала свою гибкость и надежность в течение более чем десятилетнего широкого использования в автомобилях, поездах, лифтах, медицинском оборудовании и во многих других производственных реализациях. Выбор данной технологии компанией Schneider Electric связан с ее широким распространением.

■ AS-Interface

В современных машинах и агрегатах имеется множество исполнительных механизмов (actuators) и датчиков (sensors). Начальные буквы А и S дали название протоколу. Машина должна также удовлетворять требованиям по безопасности. AS-Interface определяет протокол сети на уровне датчиков и исполнительных механизмов, который отвечает требованиям промышленной автоматизации. Его преимущество - электропитание и передача данных по одному кабелю, к которому можно быстро и удобно подключиться.

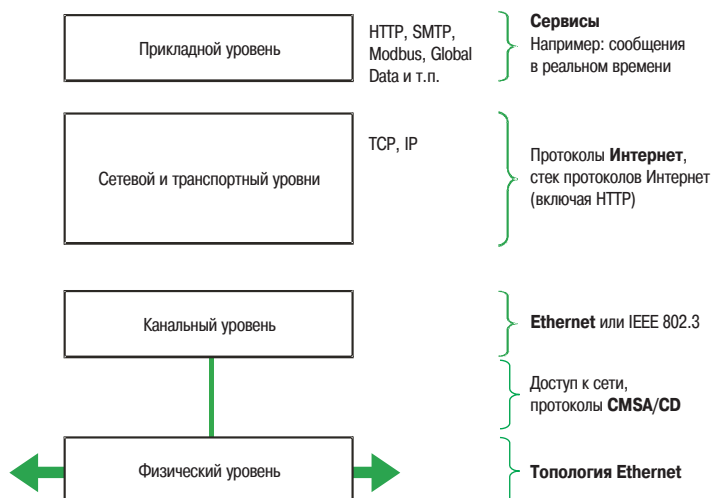
9.6 Ethernet TCP/IP

■ Общее описание

Ethernet работает по принципу доступа к среде, основанному на механизме обнаружения конфликтов (коллизий) при передаче информации. Каждая рабочая станция (узел сети) идентифицируется уникальным кодом или MAC-адресом. При работе требуется обеспечить, чтобы каждый компьютер среди доступных в сети узлов имел уникальный MAC-адрес. Данная технология, также известная как Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD - множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий) гарантирует, что в каждый момент времени только одна станция может выполнять передачу сообщения.

Успешное развитие Ethernet вызвало появление стандарта IEEE 802.3 (см. www.ieee.org), который определяет характеристики физического уровня. Принцип доступа к сети и формат фрейма данных должны быть определены на последующих уровнях. Поскольку эти понятия часто приводят к затруднениям, они, а также упомянутые протоколы представлены на *Рис. 10* и будут рассматриваться в последующих параграфах.

Многие годы Ethernet используется в промышленности, но не был широко распространен. Поставщики оборудования и пользователи рассматривали его как недетерминированный протокол. Их потребность в управлении в реальном времени заставляла отдавать предпочтение «собственным» сетям и протоколам, разработанным отдельными фирмами для промышленного использования. Лишь комбинация промышленных протоколов и Интернет-протоколов заставила их принять Ethernet для промышленного применения.



↑ Рис. 10 Протоколы Ethernet

■ Физический уровень

Физический уровень описывает физические характеристики коммуникаций, такие как тип используемой среды (электрические и оптоволоконные кабели или радиосвязь) и все относящиеся к ней особенности, такие как типы кодирования и модуляции, уровни сигналов, синхронизацию и допустимые расстояния, типы разъемов.

■ Канальный уровень

Канальный уровень определяет управление доступом к среде и метод передачи пакетов данных на физическом уровне, в частности структуру фрейма (т.е. определенные битовые последовательности в начале и конце пакетов). Например, заголовки Ethernet-фреймов содержат поля, показывающие, к какому узлу сети направлен пакет данных.

■ Сетевой уровень

В своем первоначальном определении сетевой уровень решает проблемы передачи пакетов данных в отдельной сети. Дополнительные функции были добавлены к нему, когда появились соединения между сетями, в частности, передача данных из сети источника в сеть назначения. Это означает, что для передачи пакетов должны прокладываться маршруты через сети сетей, именно для обозначения этого понятия появилось название «Интернет».

В системе Интернет-протоколов протокол сетевого уровня IP (Internet Protocol) передает пакеты от источника к принимающему узлу, находящемуся в любой точке мира. IP-маршрутизация стала возможной благодаря определению принципа IP-адресации, согласно которому каждый IP-адрес должен быть уникальным. Каждая станция определяется своим IP-адресом. Протокол IP также объединяет другие протоколы, такие как ICMP, который используется для передачи сообщений об ошибках IP-передач, и IGMP, который управляет широковещательными данными. ICMP и IGMP расположены над IP, но имеют функции сетевого уровня, таким образом, модели Интернет и OSI оказываются, строго говоря, несовместимы.

Сетевой уровень IP может передавать данные для множества протоколов более высоких уровней.

■ Транспортный уровень

Протоколы транспортного уровня позволяют решить такие проблемы, как надежность обмена данными («Достигли ли данные узла назначения?»), автоматическая адаптация к пропускной способности сети и управление потоками данных. Они также гарантируют, что данные доставляются в правильном порядке. В протоколах TCP/IP транспортные протоколы определяют, какому приложению должен быть доставлен каждый пакет данных. На этом уровне обычно используют протоколы TCP и UDP.

TCP является транспортным протоколом, организующим взаимодействие двух узлов, который формирует надежный поток байтов, гарантируя целостность и упорядоченность доставляемых данных, обеспечивает повторную передачу в случае потери или уничтожения данных. Он также следит, чтобы «срочные» данные обрабатывались в случайном порядке (даже если технически они не выходят из полосы пропускания). TCP пытается корректно доставить все данные в правильном порядке — это его назначение и основное преимущество перед UDP. Эта особенность может быть, однако, недостатком для приложений обмена в реальном времени с большим уровнем потерь на сетевом уровне. UDP является простым, независимым от соединения пары узлов, «ненадежным» протоколом. Но это не означает, что он действительно ненадежный, просто он не проверяет, что пакеты достигли узла назначения и не гарантирует правильный порядок. Если приложению необходимы такие гарантии, оно должно само проверять это или использовать TCP. UDP обычно используют для широковещательных приложений таких, как Global Data или мультимедийных приложений (аудио, видео и т.д.), где недостаточно времени для управления повторной передачей и сортировкой пакетов при помощи TCP. Еще одна причина использования UDP — это приложения, основанные на простом механизме вопрос/ответ типа SNMP запросов, где высокие расходы на надежность соединения несоразмерны решаемым задачам.

TCP и UDP используются во многих приложениях. Сервисы TCP или UDP различаются номерами портов. Modbus TCP использует сервисы TCP. UDP может быть использован для подключения Factorycast.

■ Прикладной уровень

Большинство функций сетевых приложений реализуются на прикладном уровне. Можно назвать протоколы HTTP (Всемирная паутина www), FTP (передача файлов), SMTP (обмен сообщениями электронной почты), SSH (защищенный удаленный доступ), DNS (сопоставление имен и IP-адресов) и многие другие.

Программы прикладного уровня работают над TCP или UDP и обычно связаны с использованием так называемых портов – «точек входа». Примеры:

- HTTP – порты TCP 80 или 8080;
- Modbus – порт 502;
- SMTP – порт 25;
- FTP – порты 20/21.

Данные порты распределены Администрацией адресного пространства Интернет (IANA - Internet Assigned Numbers Authority).

□ Протокол HTTP (Hyper Text Transfer Protocol - Протокол передачи гипертекстовых файлов)

Используется для передачи web-страниц между сервером и браузером – программой просмотра web-страниц, работающей на компьютере пользователя. В сети применяется с 1990.

Web-серверы, которые интегрированы в устройства, построенные в соответствии с концепцией Transparent Ready, обеспечивают доступ к устройствам в любой точке земного шара при помощи браузера, такого как Internet Explorer или подобного ему.

□ BOOTP/DHCP

Протокол служит для автоматического задания IP-адресов для различных устройств. Исключается необходимость в ручном управлении адресацией каждого устройства в индивидуальном порядке. Вместо этого управление осуществляется специальными серверами для IP-адресации.

Протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol - протокол динамической конфигурации хост-устройства) используется для автоматического назначения конфигурационных параметров устройств. DHCP является расширением BOOTP. Протокол BOOTP/DHCP задает работу двух составляющих:

- сервера, предоставляющего IP-адреса;
- клиента, запрашивающего IP-адрес.

Устройства Schneider Electric могут быть:

- серверами BOOTP/DHCP, которые позволяют распределять IP-адреса станциям сети;
- клиентами BOOTP/DHCP, которые автоматически получают IP-адрес от сервера.

Стандартные BOOTP/DHCP протоколы используются для обеспечения сервиса замещения неисправных устройств FDR (Faulty Device Replacement).

□ Протокол FTP (File Transfer Protocol – Протокол передачи файлов)

Обеспечивает базовые функции для передачи файлов. Во многих системах протокол FTP применяется для обмена файлами между устройствами.

□ Протокол TFTP (Trivial File Transfer Protocol - Простейший протокол передачи данных)

Протокол, упрощающий передачу файлов и загрузку кодов в устройства. Например, он может использоваться для передачи загрузочного кода в рабочую станцию без использования дискового устройства и загрузки микропрограммного обеспечения в сетевые устройства. Компоненты Transparent Ready реализуют FTP и TFTP для передачи данных между устройствами.

□ **Протокол NTP (Network Time Protocol – Протокол сетевого времени)**

Используется для синхронизации устройств (клиентов и серверов) через специальный сервер времени. В зависимости от используемой сети он предоставляет универсальное время (UTC) с точностью от нескольких миллисекунд в локальной сети (LAN) до нескольких десятков миллисекунд в глобальной сети (WAN).

□ **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol – Простой протокол электронной почты)**

Предоставляет сервис доставки электронной почты. Используется для пересылки электронной почты от отправителя к получателю через SMTP-сервер.

□ **SNMP (Simple Network Management Protocol – Простой протокол сетевого управления)**

Интернет-сообщество разработало данный стандарт для администрирования сети. Система сетевого управления может обмениваться данными с устройствами, которые называются в этом случае SNMP-агентами. Эта функция позволяет программе – сетевому менеджеру просматривать состояния сети и устройств, изменять их конфигурацию и получать в случае необходимости информацию о неисправности. Устройства Transparent Ready совместимы с SNMP и могут быть легко интегрированы в сеть, администрируемую посредством SNMP.

□ **COM/DCOM (Distributed Component Object Model - Распределённая модель компонентных объектов) или OLE (Object Linking and Embedding – Технология связывания и внедрения объектов в документы и объекты)**

Это название объектно-ориентированной технологии компании Microsoft, используемой для прозрачного взаимодействия между приложениями Windows. Она используется в программном обеспечении Schneider Electric - сервере OFS (OLE for Process Control Factory Server – OLE для сервера управления технологическими процессами).

9.7 Web-сервисы и концепция Transparent Ready

В начале главы уже было отмечено, что универсальные сервисы не подходят для промышленного использования, поэтому компании – производители оборудования дополнили универсальные Интернет-сервисы специализированными функциями для автоматизированных производственных систем.

Компания Schneider Electric разработала оборудование и программное обеспечение для «прозрачного» взаимодействия между web и всеми уровнями, описанными выше, определяя его как web-технологии, встроенную в изделия и сервисы. Это предложение имеет двойную основу:

- промышленный Ethernet;
- web-компоненты.

Цель состоит в том, чтобы предложить **сервисы** с функциями, позволяющими потребителю выполнять многие специальные задачи, такие как пересылка данных с одного промышленного контроллера в другой, или инициализация сигнала тревоги.

«Web-технология» означает то же самое, что и «Интернет-технология» и включает в себя Интернет-протоколы, языки программирования, такие как Java, html, xml и т.п., а также инструментальные средства. Все это полностью изменило пути распределения и совместного использования информации.

■ Сервисы промышленного Ethernet

В дополнение к универсальным сервисам Ethernet (HTTP, BOOTP/DHCP, FTP и т.д.) рассмотрим восемь типов сервисов, предназначенных для использования в промышленных условиях:

- сервис сообщений Modbus TCP;
- сервис обмена с удаленными устройствами ввода/вывода: сканирование входов/выходов - IO Scanning;
- сервис «замены» неисправных устройств: FDR;
- сервис администрирования сети: SNMP;
- сервис глобальных данных: Global Data;
- сервис управления полосой пропускания;
- сервис синхронизации: NTP;
- сервис сообщений электронной почты: SMTP.

Таблица на *Рис.11* показывает соотношение этих сервисов и уровней сети.

Сервисы	Администрирование сети	Синхронизация	Глобальные данные	«Замена» неисправных устройств		Web-сервер	Электронная почта	Open TCP	Обмен сообщениями	Сканирование устройств ввода/вывода	MIB Transparent Ready
Прикладной	SNMP	NTP	RTPS	DHCP	TFTP	FTP	HTTP	SMTP		Modbus	
Транспортный	UDP					TCP					
Канальный	IP										
Физический	Ethernet 802.3 и Ethernet II										

↑ *Рис. 11* Коммуникационные сервисы Ethernet и уровни сети

Сервисы делятся на три класса:

- Класс 10: базовая связь посредством Ethernet;
- Класс 20: управление связью посредством Ethernet (сетевые уровни и уровни устройств);
- Класс 30: расширенная связь посредством Ethernet.

В таблице на *Рис.12* представлен обзор сервисов Ethernet.

Классы сервисов связи Ethernet	Коммуникационные сервисы Ethernet								
	Обмен сообщениями Modbus	Сканирование входов/выходов	«Замена» неисправных устройств	Администрирование сети	Глобальные данные	Электронная почта	Управление полосой пропускания	Синхронизация	
30 Расширенные сервисы	Прямая: чтение/запись входов/выходов	Периодические: чтение/запись входов/выхода. Конфигурирование списка сканируемых устройств	Автоматическое управление и обновление параметров конфигурации устройства	Использование MIB-библиотеки SNMP-менеджером	Составление и индексация списка сетевых переменных	Оповещение посредством электронной почты	Мониторинг уровня загрузки	Синхронизация устройств	
20 Сервисы управления связью			Автоматическое назначение IP-адреса и сетевых параметров	Определение устройств SNMP-менеджером					
10 Стандартные сервисы	Чтение/запись слов данных		Локальное назначение IP-адреса Проверка дублирующихся IP-адресов						

↑ *Рис. 12* Обзор сервисов Ethernet

■ Сервис сообщений: Ethernet Modbus TCP

Протокол Modbus, являющийся фактическим промышленным стандартом связи с 1979 г., в сочетании с Ethernet TCP/IP послужил основой для создания Modbus TCP - полностью открытого протокола Ethernet. Разработка подключения по протоколу Modbus TCP не требует каких-либо особых компонент или приобретения лицензий. Этот протокол можно использовать с любыми устройствами, поддерживающими стандартный стек протокола TCP/IP. Спецификации свободно доступны на сайте международной организации Modbus-IDA (IDA – сокращение для Interface for Distributed Automation) www.modbus-ida.org.

Простота Modbus TCP/IP позволяет группе полевых устройств, например, модулям ввода/вывода, обмениваться данными по сети Ethernet, не требуя мощного микропроцессора или больших объемов внутренней памяти. Благодаря простоте и высокой скорости 100-мегабитного Ethernet протокол Modbus TCP/IP обеспечивает высокую производительность. Это означает возможность применения данного типа сетей в приложениях реального времени, например, для сканирования удаленных входов/выходов.

Для последовательного Modbus, сети Modbus Plus (сеть маркерного обмена) и Modbus TCP/IP используется единый протокол прикладного уровня. Благодаря этому возможна маршрутизация сообщений между сетями без смены протокола.

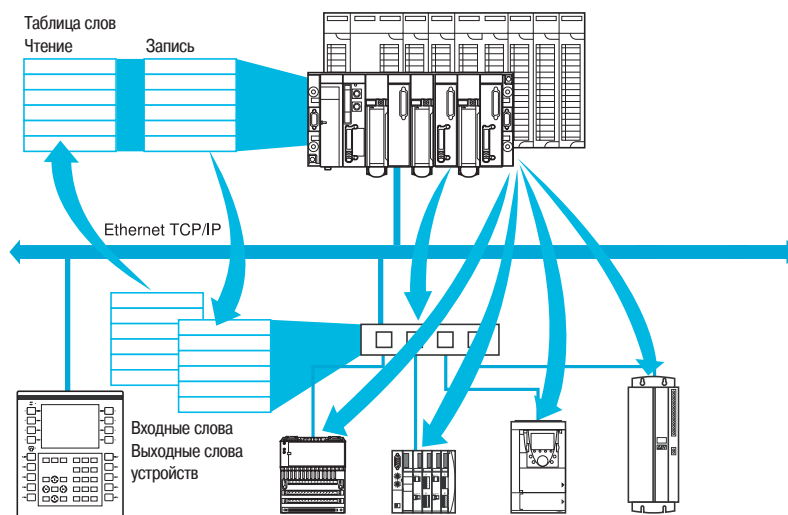
Поскольку Modbus реализуется в качестве надстройки над уровнем TCP/IP, при передаче используется маршрутизация IP, которая позволяет обмениваться данными между устройствами, расположенными в различных точках земного шара, при этом расстояния между ними не имеют значения.

Администрация адресного пространства Интернет IANA выделила для Ethernet Modbus TCP фиксированный порт TCP 502, превратив таким образом Modbus в стандарт Интернет.

Максимальный размер данных равен 125 словам или регистрам в режиме чтения и 100 словам или регистрам в режиме записи.

■ Сервис обмена с удаленными устройствами ввода/вывода: сканирование входов/выходов (IO Scanning)

Данный сервис используется для управления обменом с удаленными устройствами ввода/вывода посредством Ethernet, основанным на принципе «клиент-сервер». После несложного конфигурирования – заполнения таблиц (необходимости в программировании не возникает) сканирование осуществляется прозрачным образом при помощи запросов на чтение-запись в соответствии с протоколом Modbus TCP. Этот принцип сканирования посредством стандартного протокола используется для связи с любым устройством, поддерживающим Ethernet Modbus TCP. Для работы сервиса нужно определить в памяти контроллера две зоны слов, одна для чтения входов, а другая для записи выходов (⇒ Рис. 13). Периоды обновления не зависят от циклов контроллера.



↑ Рис. 13 Сервис обмена с удаленными устройствами ввода/вывода: сканирование входов/выходов

Работающий модуль:

- управляет соединением TCP/IP с каждым из удаленных устройств;
- сканирует устройства и копирует состояния входов/выходов в сконфигурированные зоны слов памяти контроллера;
- возвращает слова состояния, позволяющие приложению ПЛК контролировать надлежащую работу данного сервиса;
- устанавливает заранее сконфигурированные безопасные значения в случае проблем со связью.

Требования к аппаратной и программной реализации протокола сканирования входов/выходов в любом устройстве, имеющем возможность работы с Ethernet Modbus TCP, можно найти на сайте www.modbus-ida.org.

■ Сервис «замены» неисправных устройств: FDR

Сервис «замены» неисправных устройств использует стандартную технологию управления адресами (BOOTP, DHCP) и стандартные протоколы управления файлами FTP или TFTP. Сервис облегчает техническое обслуживание устройств, подключенных к Ethernet.

В случае замены неисправного устройства на новое изделие этот сервис обеспечивает обнаружение этого устройства, реконфигурацию и автоматический перезапуск системы: не требуется сложной настройки в ручном режиме.

Ниже указаны основные этапы замены:

- предположим, что устройство, поддерживающее сервис FDR, выходит из строя;
- со склада обслуживающий персонал берет аналогичное устройство, для которого при предварительном конфигурировании указывается имя устройства, после чего оно подключается к сети. В зависимости от типа устройства имя указывается поворотными переключателями (например, распределенные системы ввода/вывода Advantys STB или Advantys OTB) или с помощью встроенного в устройство пульта с клавиатурой (например, ПЧ Altivar 71);
- сервер FDR определяет новое устройство, назначает ему IP-адрес и передает параметры конфигурации;
- замещающее устройство проверяет, что параметры совместимы с его характеристиками, и переключается в рабочий режим.

■ Сервис администрирования сети: SNMP

SNMP отслеживает состояние и управляет всеми компонентами архитектуры Ethernet с рабочей станции управления сетью для оперативной диагностики при возникновении проблем. Он позволяет:

- опрашивать сетевые компоненты, такие как компьютеры, маршрутизаторы, коммутаторы, мосты и терминальные устройства, с целью просмотра их состояния;
- получать статистические данные о работе сети, к которой подключены устройства.

Это управляющее программное обеспечение использует стандартную модель «клиент-сервер». Однако во избежание путаницы с другими коммуникационными протоколами, для описания которых используется такая же терминология, в SNMP используются названия «сетевой менеджер» и «агент SNMP».

Управление сервисом Transparent Ready можно осуществлять любым сетевым менеджером SNMP, включая HP Openview, IBM Netview и, безусловно, средством администрирования сети Transparent Ready ConnexView.

Стандартный протокол SNMP обеспечивает доступ к объектам конфигурации и управления устройством, находящимся в MIB (Management Information Bases – базе данных информации управления) этих устройств. Для того, чтобы предоставить доступ всем разновидностям сетевых менеджеров, базы MIB должны соответствовать определенным стандартам. Однако в зависимости от сложности устройств их изготовители могут расширять стандартную часть MIB и добавлять определенные объекты в так называемые частные базы данных информации управления (private MIB).

Частные базы данных информации управления сервиса Transparent Ready включают объекты, предназначенные для специальных сервисов, таких как сообщения Modbus, сканирование входов/выходов, FDR и т.д. Эти объекты упрощают установку, ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание изделий Schneider Electric при помощи стандартных средств сетевого управления.

Устройства Transparent Ready поддерживают два уровня сетевого управления SNMP:

- стандартный MIB II – базовый уровень сетевого управления. Он позволяет идентифицировать устройства, входящие в состав архитектуры, и собирать информацию общего характера о конфигурации и работе интерфейсов Ethernet TCP/IP;
- частный MIB Transparent Ready, расширяющий возможности управления устройствами Transparent Ready. Этот MIB включает набор объектов, позволяющих системе сетевого управления проводить администрирование всех сервисов Transparent Ready. Частный MIB можно загрузить с FTP-сервера любого модуля Ethernet Transparent Ready.

■ Сервис глобальных данных: Global Data

Сервис глобальных данных (⇒ Рис. 14) обеспечивает широковещательную передачу данных в реальном масштабе времени между станциями, принадлежащими одной группе распределения Ethernet. Он применяется для синхронизации удаленных приложений контроллеров или для совместного использования общих данных распределенными приложениями контроллеров.

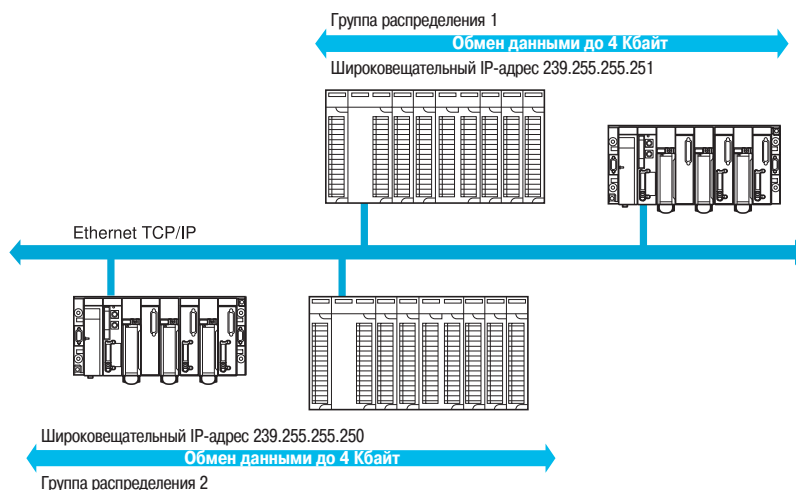
Обмен данными осуществляется на основе стандартного протокола «издатель/подписчик» (publisher/subscriber), который обеспечивает оптимальную производительность при минимальной нагрузке на сеть. Протокол RTPS (Real Time Publisher Subscriber – Издатель-подписчик реального времени), распространению которого содействует организация Modbus-IDA, был принят в качестве стандарта несколькими изготовителями оборудования.

В обмене глобальными данными могут участвовать 64 устройства внутри одной группы распределения. Каждое устройство может:

- публиковать одну «переменную» размером до 1024 байт; в качестве периода публикации можно задавать от 1 до n циклов главной задачи контроллера;
- подписываться на «переменные» (в количестве от 1 до 64), публикуемые другими устройствами.

Достоверность каждой «переменной» проверяется битами проверки работоспособности с тайм-аутом обновления, сконфигурированным в пределах от 50 мс до 1 с. Доступ к элементам переменной в рамках сервиса невозможен. Общий размер области для переменных, на которые можно подписаться, ограничен размером 4 Кбайт.

Для дополнительной оптимизации производительности сети Ethernet можно сконфигурировать глобальные данные с опцией фильтрации широковещательных пакетов, которая в случае использования коммутаторов серии CoppeXium позволяет выполнить широковещательную передачу данных только на те порты Ethernet, где имеются устройства-подписчики сервиса глобальных данных. Если эти коммутаторы не используются, то глобальные данные передаются в широковещательном режиме на все устройства группы распределения.



↑ Рис. 14

Сервис глобальных данных Global Data

■ Сервис синхронизации: NTP

Сервис синхронизации основан на протоколе NTP (Network Time Protocol – Протокол сетевого времени) и используется для установки времени на клиентских или серверных узлах Ethernet TCP/IP со специального сервера NTP или любого другого источника эталонного времени (радио, спутник и т.п.).

Модули связи, использующие Ethernet Modbus TCP: 140 NOE 771 11 на платформе автоматизации Modicon Quantum Unity; TSX ETY 5103 на платформе автоматизации Modicon Premium Unity – включают компоненту - NTP-клиент. Эти модули могут обращаться к NTP-серверу, используя клиентский запрос для установки своего локального времени. Периодически (период от 1 до 120 с), часы модуля обновляются с ошибкой менее, чем 10 мс для обычных процессоров, и 5 мс для высокопроизводительных процессоров. Если с сервером NTP не удастся связаться, модуль Ethernet Modbus TCP может обращаться к резервному серверу NTP.

■ Сервис сообщений электронной почты: SMTP

Этот сервис оповещений электронной почтой может быть запрограммирован. Приложение ПЛК использует его для оповещения о событии по определенным условиям. Контроллер автоматически и динамически создает электронное письмо для предупреждения получателя, подключенного локально или удаленно. Необходимо отметить, что этот сервис доступен в последних модулях связи Ethernet для Modicon Premium и Modicon Quantum, и в последних процессорах с интегрированным портом Ethernet, которые программируются системой Unity Pro. Также имеются модули с более широкими функциональными возможностями - коммуникационные модули с активным web-сервером FactoryCast HMI.

Механизм прост и эффективен: заготовленные заголовки сообщений связываются с телом электронного письма, которое создается динамически на основе последней информации из приложения контроллера. Приложение подготавливает сообщение исходя из предварительно заданных условий. Используется библиотечный функциональный блок для выбора одного из трех заготовленных заголовков, создания электронного письма со значениями переменных и текстом (до 240 байт) и отсылки его прямо из контроллера. Каждый из трех заголовков содержит следующие заготовленные элементы:

- список получателей электронного письма;
- имя отправителя и тема.

Эта информация подготавливается и обновляется администратором с использованием web-страниц для конфигурирования сообщений.

■ Web-сервисы

Уровень сервисов web-сервера (web-сервисы) определяется одним из четырех классов, которые обозначаются буквами (⇒ *Рис. 15*):

□ Класс А

Устройства Transparent Ready без web-сервисов.

□ Класс В

Базовый уровень для доступа к предварительно сконфигурированным фиксированным web-страницам в устройстве Transparent Ready. В этом случае проводится диагностика и мониторинг устройств с использованием обычного web-браузера.

□ Класс C

Уровень конфигурируемых web-сервисов для настройки web-сайта устройства Transparent Ready с web-страницами, которые может создавать пользователь для отображения и ввода нужной информации. Диагностика и мониторинг устройства могут быть выполнены обычным web-браузером. Программное обеспечение FactoryCast является инструментом, который используется для управления web-сайтом Transparent Ready и его настройкой и изменением.

□ Класс D

Уровень активных web-сервисов для запуска специальных процессов в самом web-сервере Transparent Ready. Такие устройства используются для математических вычислений с использованием переменных процессорного модуля контроллера, отсылки запросов на запись в удаленные реляционные базы данных и отправки электронных писем. Таким образом, взаимодействие между браузером и сервером сокращается и оптимизируется. Программное обеспечение FactoryCast обеспечивает в данном случае конфигурирование указанных процессов, запускаемых в web-сервере.

Классы web-сервера		Web-сервисы			
		Техническое обслуживание	Мониторинг и связь с IT-приложениями	Диагностика	Дополнительно
D	Активный web-сервер	Обновление пользовательских страниц	Автономный запуск определенных сервисов (например, оповещение о тревоге по электронной почте, обмен с внешними базами данных, вычисления и т.п.). SOAP/XML (клиент/сервер).	Состояния, определённые пользователем	Пользовательская документация на сервере
C	Конфигурируемый web-сервер		Чтение и запись переменных ПЛК. Команды для удалённых устройств. Пользовательские web-страницы. SOAP/XML (сервер)	Диагностика коммуникаций. Состояние внутренних ресурсов устройства	
B	Стандартный web-сервер	Обновление программного обеспечения удалённого устройства. Автотестирование удалённых устройств	Описание устройства. Просмотр значений переменных и их запись	Состояние устройства. Диагностика модулей ПЛК	Конфигурирование сетевых параметров и сервисов Ethernet. Документация по устройству
A	Без web-сервера	Web-сервисы не обеспечиваются			

↑ Рис. 15 Web-сервисы

□ Устройства Transparent Ready

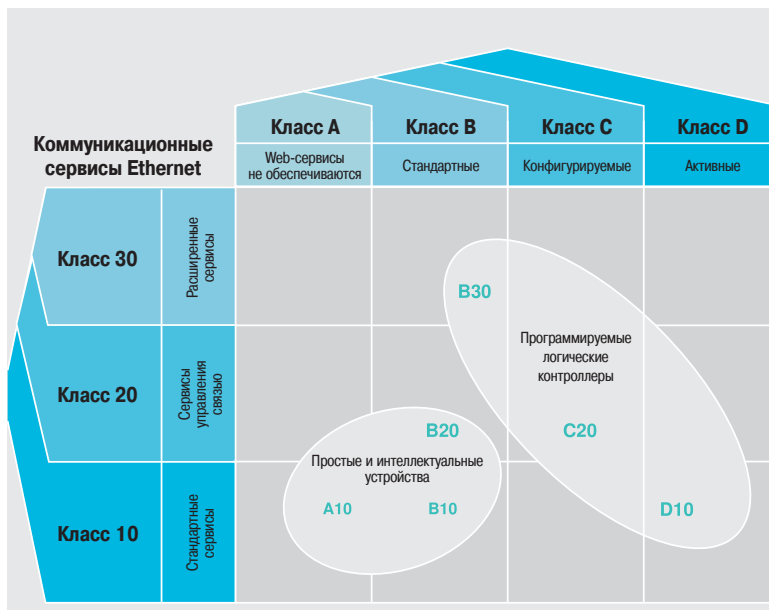
Данные устройства определяются по буквенному обозначению уровня web-сервиса, за которым следует число, определяющее уровень сервиса связи Ethernet. Например:

- Класс A10: устройство без какого-либо web-сервиса с обычными Ethernet-сервисами;
- Класс C30: устройство с конфигурируемым web-сервером и расширенными сервисами связи Ethernet.

Сервисы, предлагаемые более высоким классом, содержат в себе все сервисы, поддерживаемые более низкими классами. Совокупность устройств Transparent Ready можно разделить на 4 основные группы:

- полевые устройства (простые или интеллектуальные) типа датчиков и исполнительных устройств;
- программируемые логические контроллеры;
- ЧМИ (Human/Machine interface – Человеко-машинный интерфейс): диалоговые панели и промышленные компьютеры;
- специальные шлюзы и серверы.

Таблица на *Рис. 16* может быть использована для выбора устройств Transparent Ready исходя из необходимых классов сервиса.



↑ Рис. 16 Таблица выбора

9.8 Промышленная шина CANopen

■ Общее описание

CAN (Controller Area Network – Сеть контроллеров) является последовательной системной шиной, разработанной компанией Bosch для автомобильной промышленности. Она была представлена фирмами Bosch и Intel в 1985 г. и была предназначена для уменьшения длины проводных соединений в автомобилях (где может быть до двух километров проводов) посредством связи всех органов управления с помощью одной шины вместо соединения их отдельными кабелями. Это обстоятельство, среди прочего, позволяет уменьшить массу машины.

Высокая стойкость к электромагнитным воздействиям наряду с надежностью при работе в реальном времени привлекли внимание инженеров, работающих в разных отраслях промышленности. В 1993 г. была создана международная организация CiA (CAN in Automation – CAN в автоматизации) с целью способствовать распространению шины CAN в промышленности ([см. сайт http://www.can-cia.de/](http://www.can-cia.de/)).

В 1993 г. организация CiA опубликовала спецификации CAL (CAN Application Layer – прикладной уровень CAN), описывающие механизмы передачи без детализированного определения того, где и как их использовать. В 1995 г. организация CiA опубликовала материалы по коммуникационному профилю DS-301: CANopen.

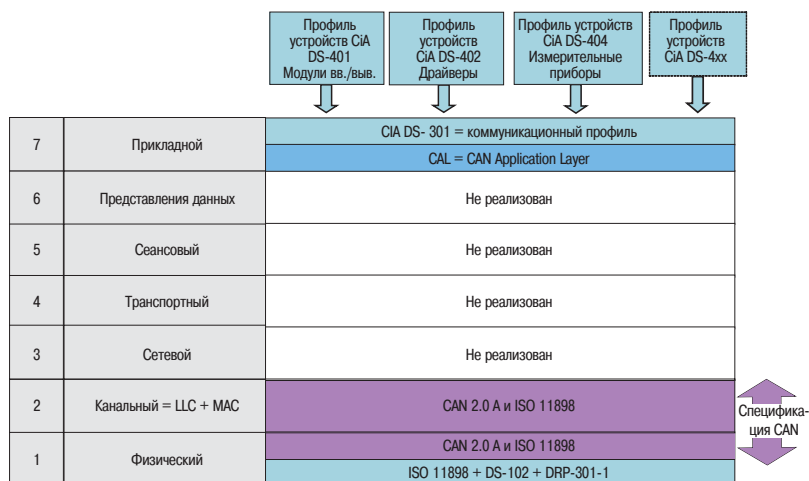
Несколько приложений седьмого уровня, которые показаны на *Рис. 17*, определены в соответствии со стандартом CAN:

- CANopen;
- DeviceNet;
- CAL;
- SDS;
- CAN Kingdom.

В 2001 г. организация CiA опубликовала материалы по профилю DS-304, который позволяет интегрировать в стандартную шину CANopen компоненты безопасности 4-го уровня в соответствии с EN 954-1 (CANSafe).

Далее приводится описание технических характеристик CANopen.

■ Преимущества CANopen



↑ Рис. 17 Уровни шины CAN

□ CANopen использует короткие фреймы

Благодаря высокой стойкости к электромагнитным воздействиям CANopen позволяет машине или технологической линии работать с заданной точностью даже в условиях высоких электромагнитных помех. Короткие фреймы CANopen и соединение CANground обеспечивают высокоскоростную передачу данных для каждого устройства, подключенного к сети, и при этом защищают их от электромагнитного воздействия.

□ CANopen обеспечивает надежную передачу

Когда устройство CANopen передает данные, система формирует и автоматически назначает приоритет сообщению. Фрейм не может быть потерян из-за коллизии, и нет потерь времени в ожидании следующего момента незанятого состояния линии для передачи. CANopen создает условия для абсолютно надежной передачи данных. Это одна из причин, по которой CANopen используют в медицинских установках, которым требуются самые надежные сетевые соединения.

□ CANopen исключает потери времени

Потери времени свидетельствуют о непроизводительных затратах. Протокол CANopen разработан так, чтобы свести потери времени к возможному минимуму. Используется кодирование с расстоянием по Хэммингу 6, поэтому CANopen обладает очень высокой вероятностью обнаружения ошибок и хорошим механизмом их исправления. Вероятность появления необнаруженной ошибки раз в 1000 лет делает CANopen самой надежной сетью для машин и производств.

Указано количество лет в предположении, что 1 ошибочный бит появляется каждые 0.7 с при скорости 500 Кбит/с, 8 часах работы в день 365 дней в течение года.

Если в сети возникает ошибка, то зафиксировать ее удастся с помощью «сторожевого таймера». Каждое диагностическое сообщение содержит в себе источник и причину ошибки, что обеспечивает быструю реакцию и сокращает потери времени. Дальнейшая диагностика проектируемой системы может быть разработана с целью углубления стандартной диагностики отдельных устройств и поддержания работоспособности сети в целом. В дополнение к этому можно использовать регистрацию ошибок, помогающую обнаруживать причины появления случайных ошибок.

□ CANopen обеспечивает производительность и гибкость

Основной причиной использования сетевых решений является увеличение производительности и гибкость адаптации точно в соответствии с потребностями обработки данных. CANopen предлагает уникальный механизм для этой цели. Основанная на модели «издатель-подписчик», шина CANopen может передавать данные в широковещательном режиме, в режиме «точка-точка», циклически и т.п. Данные можно передавать только при необходимости или по определенным временным условиям. Объекты технологических данных (PDO) можно конфигурировать индивидуально. Параметры могут быть изменены в любое время.

• Производительность

Хотя шина CANopen обладает высокой гибкостью, сетевой отклик очень быстрый. 256 дискретных точек ввода/вывода могут быть обработаны на скорости в 1 Мбит/с менее, чем за 1 мс. Шина Profibus-DP обычно требует около 2 мс на скорости в 12 Мбит/с для передачи такого же объема данных. В дополнение к быстрому отклику может быть изменено управление приоритетами сообщений.

При использовании CANopen передачу данных можно адаптировать в соответствии с требованиями решаемой задачи.

□ CANopen снижает расходы

Для CANopen характерны недорогие устройства и простота их установки. Эта шина не требует дополнительного оборудования для выравнивания потенциалов между узлами сети, что необходимо в ряде других полевых шин: плохое соединение не только вызывает ошибки связи, но и повреждает устройства, подключенные к полевой шине.

Компоненты CANopen производятся в больших количествах, что снижает их стоимость.

Компания Schneider Electric предлагает это преимущество заказчикам. Цены, связанные с этой средой передачи данных, на 10 - 20% ниже, чем можно ожидать для полевой шины с такими функциональными возможностями.

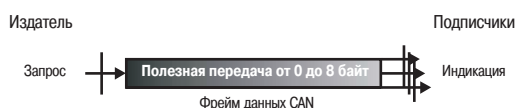
■ Как работает CAN

CAN представляет собой последовательную шину, основанную на модели «издатель-подписчик», в которой издатель посылает сообщения подписчикам. CAN разрабатывалась для архитектуры широковещательных обменов.

Издатель отправляет сообщение с идентификатором. Подписчики фильтруют сообщения, полученные по шине, основываясь на определенных критериях, и если сообщение предназначено им, они читают его и обрабатывают, после чего подписчик может стать издателем (⇒ Рис. 18).

Рисунок демонстрирует режим выталкивания (отсылки) в модели «издатель-подписчик». CAN также поддерживает режим вталкивания (приема). Клиент может отправлять сообщение, основываясь на запросе удаленной передачи (RTR), являющимся фреймом CAN с флагами RTR - битами состояния. При получении такого запроса узел отвечает соответствующим сообщением (⇒ Рис. 19).

В широковещательной архитектуре сетевые узлы могут пытаться вести передачу в одно и то же время. У CAN имеется два механизма, чтобы справиться с этим: во-первых, издатель опрашивает сетевую магистраль для проверки того, идет ли передача от какого-либо другого узла. Если магистраль свободна, узел начинает передачу. Несколько узлов могут начинать передачи, но до конца передачу сообщения доводит только один узел. Эта задача решается на основе системы приоритетов – это второй механизм CAN.



↑ Рис. 18 Работа CAN



↑ Рис. 19 Модель CAN «издатель/подписчик» (выталкивание / вталкивание данных)

Фрейм CAN (см. Рис. 20) начинается со стартового бита (SOF), за которым следуют 11 идентификационных битов, начиная со старшего и заканчивая младшим. Следующий бит - бит запроса на удаленную передачу (RTR), за которым следуют 5 битов поля управления и до 8 байтов полезных данных. Биты поля управления следующие: признак расширенного формата фрейма (IDE), зарезервированный бит r0 и 3 бита, указывающие размер полезных данных в байтах (DLC). За полезными данными (Data) следует контрольная последовательность фрейма (FCS), занимающая 15 бит. Издатель посылает рецессивный бит подтверждения (ACK), который замещается получателем на доминантный бит при получении фрейма без ошибок. (О рецессивном и доминантном битах см. ниже).

Бит окончания фрейма (EOF) указывает на окончание передачи фрейма.

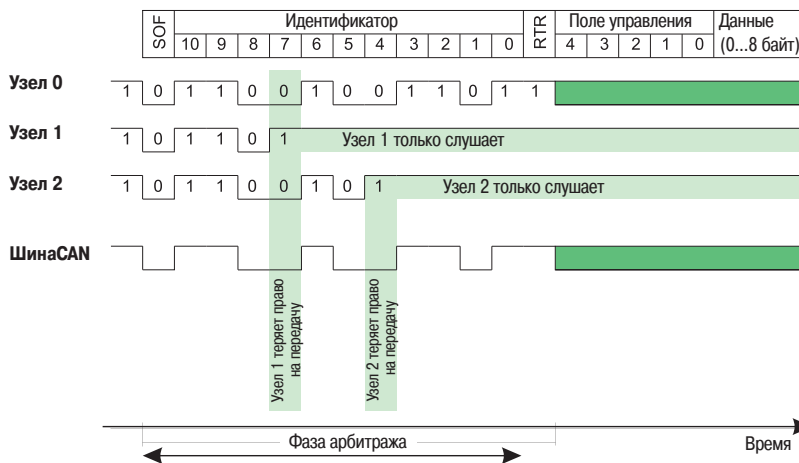


↑ Рис. 20 Фрейм CAN

Бит, заполняющий «пространство» между фреймами (IFS) до начала следующего фрейма, должен быть рецессивным. Если ни один из узлов не готов к передаче, состояние шины сохраняется. Бит может быть доминантным или рецессивным. Если два узла начинают передачу в одно и то же время, потребитель увидит лишь доминантное значение. В двоичном коде «0» соответствует доминантному значению, а «1» - рецессивному. При передаче узел всегда прослушивает шину. Если он передает рецессивный бит и получает доминантный в ответ, он прекращает передачу и продолжает получать доминантные биты. Такая простая система предотвращает коллизии в шине CAN: сообщение с меньшим значением идентификатора имеет приоритет.

CAN является шиной, обеспечивающей множественный доступ с контролем несущей, обнаружение коллизий и арбитражем на основе приоритета сообщений (CSMA/CD+AMP). Поскольку коллизий никогда не бывает, шину CAN часто называют CSMA/CA (carrier sense multiple access and collision avoidance - множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий).

Фрейм сообщения, представленный на Рис. 21, является основным. Для приложений, требующих большего количества идентификаторов, существует расширенный формат фреймов CAN. Расширенный фрейм включает 18 дополнительных идентификационных битов в заголовке. Это значительно расширяет область различных идентификаторов. В одной шине могут сосуществовать два типа фреймов.



↑ Рис. 21 Типовое сообщение CAN

В CAN есть несколько методов обнаружения ошибок:

- контрольная последовательность фрейма (FCS) содержит циклический избыточный код CRC. Получатель проверяет CRC фрейма и сравнивает результат с FCS. Если они не совпадают, у фрейма ошибка контрольной суммы;
- получатель определяет ошибки в структуре фрейма. Если структура фрейма неверна, у фрейма ошибка формата;
- получатель фрейма публикует доминантный бит подтверждения (ACK) при получении фрейма без ошибок. Если отправитель не получает этого бита, он формирует признак ошибки передачи;
- CAN использует кодировку без возврата к нулю (NRZ) с заполнением битов. Если отправителю необходимо переслать последовательно 5 однотипных битов, он включает в последовательность бит противоположного значения. Заполнение битов позволяет получателю синхронизироваться с цепочкой битов. Получатель убирает заполняющие биты из фрейма данных. Если присутствует более 5 последовательных битов одного типа, получатель обнаруживает ошибку заполнения.

Существует несколько протоколов прикладного уровня, которые созданы на основе CAN, например, DeviceNet и CANopen. Шина CAN не определяет протоколов прикладного уровня.

■ Обзор CANopen

CANopen определяет прикладной уровень и коммуникационный профиль, основанные на CAN.

□ В CANopen определены следующие коммуникационные объекты (сообщения)

- объект технологических данных (PDO);
- объект сервисных данных (SDO);
- объект сетевого управления (NMT);
- объект специальных функций (SYNC, EMCY, TIME).

□ Свойства

- последовательная передача данных, основанная на CAN;
- скорость до 1 Мбит/с;
- эффективность порядка 57%;
- поддержка до 127 узлов (устройств);
- допустимо несколько ведущих устройств;
- возможность сетевого взаимодействия устройств различных производителей.

□ Объектный словарь

Объектный словарь (⇒ Рис. 22) рассматривается как интерфейс между приложением и коммуникационным интерфейсом.



↑ Рис. 22 Объектный словарь

• Объекты технологических данных (PDO)

Объекты технологических данных (PDO) используются для передачи данных о технологическом процессе. PDO может содержать до 8 байтов данных, что является максимумом для фрейма CAN. При передаче PDO используется модель «издатель-подписчик», расширенная синхронизированными передачами. Синхронизированная передача PDO опирается на сообщение SYNC шины CAN. PDO пересылаются в циклическом режиме после определенного (skonфигурированного от 1 до 240) количества полученных сообщений SYNC. Также возможно ожидание доступности технологических переменных приложения и пересылка PDO после следующего полученного сообщения SYNC. Это называется **ациклической синхронизированной передачей**.

• Объекты сервисных данных (SDO)

Объекты сервисных данных (SDO) предназначены для передачи служебных параметров. SDO позволяют удаленным устройствам получать доступ к объектному словарю. Не существует ограничения по длине SDO. Если сервисные данные не могут разместиться в одном фрейме CAN, их разделяют на несколько фреймов. Каждому SDO требуется подтверждение. Обмены SDO проходят в режиме «точка-точка», при этом в качестве одной стороны обмена выступает сервер, а в качестве другой - клиент.

• Объекты сетевого управления (NMT)

Объекты сетевого управления изменяют или проверяют состояние устройств CANopen (⇒ *Рис. 23*). У сообщения NMT нулевой идентификатор CAN; это дает сообщениям NMT наивысший приоритет.

В сообщениях NMT всегда присутствует два байта данных фрейма CAN. Первый байт содержит код команды NMT, а второй – номер адресуемого узла.

При нажатии кнопки включения устройство CANopen оказывается в состоянии инициализации. При завершении инициализации устройство посылает стартовый объект сетевого управления NMT для оповещения ведущего устройства о себе.

Протокол обнаружения коллизий для наблюдения за состоянием устройств реализован с помощью объектов сетевого управления.

• Объекты специальных функций (SYNC, EMCY, TIME)

В CANopen должен присутствовать генератор сигналов SYNC для синхронизации поведения узлов CANopen. Генератор SYNC периодически передает объект SYNC. Идентификатор SYNC-объекта - 128. Это может привести к задержкам из-за приоритета данного сообщения.

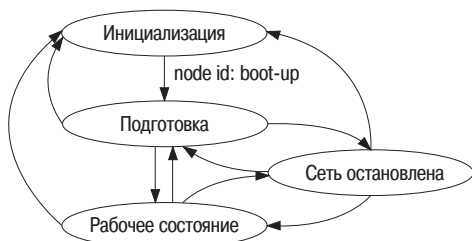
Внутренняя ошибка устройства может вызвать аварийное сообщение (EMCY). Ответы EMCY-клиентов зависят от приложения. Стандарт CANopen определяет лишь некоторые аварийные коды. Аварийное сообщение пересылается в одном фрейме CAN длиной 8 байт.

Фрейм CAN с идентификатором CAN 256 и шестью байтами данных может быть использован для передачи времени в несколько узлов CANopen. Сообщение TIME содержит дату и время в формате Time-Of-Day (Время-Сутки).

• Система слежения

В CANopen используются два метода для наблюдения за работоспособностью устройств. Один представляет собой механизм сетевого менеджера, который регулярно сканирует каждое устройство через skonфигурированные интервалы времени. Такой метод называется наблюдением за состоянием устройств (Node Guarding) и имеет недостатком то, что занимает значительную часть полосы пропускания.

Другой метод заключается в регулярной посылке сообщений каждым устройством. Этот метод занимает гораздо меньшую часть полосы пропускания, чем метод сетевого менеджера.



↑ *Рис. 23* Управление сетью

• Длина сети и скорость передачи

Длина шины ограничена скоростью из-за арбитража на основе приоритетов
(⇒ Рис. 24).

Скорость передачи (Кбит/с)	1000	800	500	250	125	50	20	10
Макс. длина (м)	20	25	100	250	500	1000	2500	5000

↑ Рис. 24 Длина сети и скорость передачи

В документации по CANopen наиболее часто упоминается максимальная длина в 40 м при скорости передачи 1 Мбит/с. Тем не менее практика показывает, что при скорости 1 Мбит/с длина шины должна лежать в диапазоне от 4 до 20 м.

Скорость передачи (Кбит/с)	1000	800	500	250	125	50	20	10
L max (м) (1)	0,3	3	5	5	5	60	150	300
ΣL max (м) для локальной звезды (2)	0,6	6	10	10	10	120	300	600
Интервал min (м) 0.6 * ΣL локальная (3)	□	3,6	6	6	6	72	180	360
ΣL max (м) для всей шины (4)	1,5	15	30	60	120	300	750	1500

↑ Рис. 25 Ограничения длины для устройств, образующих нелинейную топологию

Для устройств, образующих нелинейную топологию, должны учитываться ограничения, представленные в таблице на Рис. 25.

- (1) L max.: максимальная длина ответвления.
- (2) ΣL max для локальной звезды: максимальное значение общей длины лучей, выходящих из одной точки, когда для топологии "звезда" используется многопортовая распределительная коробка.
- (3) Интервал min.: минимальное расстояние между двумя распределительными коробками. То же для любой пары устройств, образующих звезду. Данное значение может быть рассчитано отдельно для каждого устройства: минимальное расстояние между двумя распределительными коробками составляет 60% от большей суммы длин лучей, подключенных к одной коробке во всей топологии.
- (4) ΣL max. для всей шины: максимальное значение общей длины всех участков шины.

■ Комбинации, основанные на классах соответствия

Компания Schneider Electric определила классы соответствия для ведущих (Master - M10, M20, M30) и ведомых (Slave - S10, S20, S30) устройств CANopen подобно классификации сервисов Ethernet Modbus TCP и web-сервисов. Классы соответствия определяют, какие системы поддерживает устройство, и обеспечивают функциональную совместимость снизу вверх для каждого класса (⇒ Рис. 26).

Характеристики		M10	M20	M30
Классы соответствия				
Настройки	Slave ID	1-16	1-63	1-126
	Скорость передачи	Кбит/с 125, 250, 500	M10 + 50, 1000	M20 + 10, 20, 800
	LSS	–	–	Master
Кол-во подчиненных устройств		16	63	126
NMT (объект сетевого управления)	NMT Master	NMT Master, в соответствии с DS301		
	Менеджер CANopen	–	–	NMT Master, в соответствии с DS301 Менеджер конфигурации в соответствии с DSP302
	Процедура начальной загрузки	В соответствии с DSP302		
	Метка времени Автоконфигурации	–	–	Поставщик Поддерживается
SDO (объект сервисных данных)	Клиент SDO	1	1	2
	Сервер SDO	–	1	1
	Менеджер SDO	–	–	1
	Передача данных SDO	Ускоренная сегментная передача		Ускоренная сегментная блочная передача
PDO (объект технологических данных)	COB-ID	Только чтение	Чтение/запись	Чтение/запись
	PDO TT	254, 255	M10 +0, 1-240	–
	Время запрета PDO	–	TPDO (чтение/запись)	–
	Событийный таймер PDO	–	TPDO (чтение/запись)	RPDO и TPDO (чтение/запись)
SYNC	SYNC	–	Поставщик	Поставщик/потребитель
	TRIGGER	–	–	Поставщик
EMCY		Потребитель	Поставщик/потребитель	
HEALTH	Пuls сети	16 потребителей 1 поставщик	63 потребителя 1 поставщик	126 потребителей 1 поставщик
	Наблюдение за узлом сети	Нет	Да	Да
Параметры	Хранение параметров	Нет	Да	Да
Классы соответствия				
		S10	S20	S30
Настройки	Slave ID	1-63	1-127	1-127
	Скорость передачи	Кбит/с 125, 250, 500	M10 + 50, 1000	M20 + 10, 20, 800
	LSS	–	–	Slave
Устройства диагностирования	Диагностирование	–	LED или дисплей	
	NMT Slave	Запуск удаленного узла Остановка удаленного узла Режим «Pre-operational» Сброс узла Сброс связи		
SDO	Метка времени	–	–	Потребитель
	Клиент SDO	–	–	1
	Сервер SDO	1	–	2
	Передача данных SDO	Ускоренная сегментная передача		Ускоренная сегментная блочная передача
PDO	COB-ID	Только чтение	Чтение/запись	Чтение/запись
	PDO TT	254, 255	S10 +0, 1-240	–
	Параметры отображения PDO	FIX (чтение)		
	Режим подключения	Предопределенный режим подключения	Без ограничений	
	Время запрета PDO	–	TPDO (чтение/запись)	
	Событийный таймер PDO	–	TPDO (чтение/запись)	RPDO и TPDO (чтение/запись)
SYNC	SYNC	–	Потребитель	Поставщик/потребитель
	TRIGGER	–	–	Потребитель
EMCY		Поставщик	Поставщик	Поставщик/потребитель
HEALTH	Пuls сети	1 потребитель 1 поставщик	–	–
	Наблюдение за узлом сети	Нет	Да	Да
Параметры	Хранение параметров	Нет	Нет	Нет

Примечание: для устройств, которые не полностью отвечают требованиям классов соответствия, используются обозначения S00 и M00.

9. Промышленные сети

9.8 Промышленная шина CANopen

9.9 Совместная работа Ethernet и CANopen

9.10 Промышленная шина AS-Interface (AS-i)

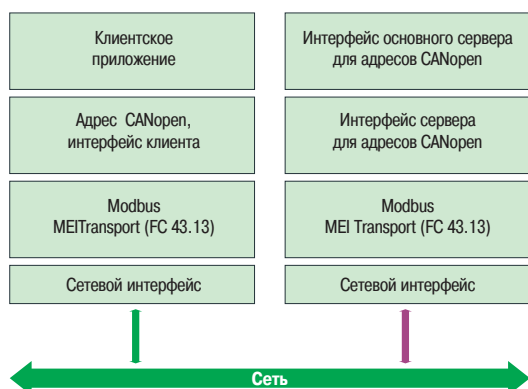
Таблица на *Рис. 27* показывает наилучшую совместимость изделий, основанную на классах соответствия.

Класс соответствия	S10	S20	S30
M10	Совместимость	Ограничения в использовании	
M20			
M30			

↑ *Рис. 27* Совместимость изделий

Тем не менее, можно использовать подчиненное устройство с ведущим из более низкого класса соответствия (напр. S30 с M20) или ведущее устройство с подчиненным более высокого класса соответствия (например, M10 с S20), если использовать только те функции, которые поддерживаются более низким классом соответствия.

9.9 Совместная работа Ethernet и CANopen



↑ *Рис. 28* Совместная работа Ethernet и CANopen

Общий коммуникационный профиль (DS-301) помимо всего прочего определяет назначение идентификаторов COB-ID для каждого типа сообщений.

Профили, предназначенные для каждого семейства изделий таких, как дискретные устройства ввода/вывода (DS-401), аналоговые устройства ввода/вывода, частотно-регулируемый привод (DS-402) и энкодеры, описывают комбинированные объекты.

Международные организации CiA (CAN in Automation) и Modbus-IDA совместно разработали стандарт для обеспечения полной прозрачности взаимодействий между CANopen и Ethernet Modbus TCP. Результатом совместной работы является спецификация CiA DSP309-2, определяющая стандарт взаимодействия сети Ethernet Modbus TCP и шины CANopen. Спецификация определяет сервисы отображения, позволяющие устройствам CANopen взаимодействовать с сетью Ethernet Modbus TCP посредством шлюза (⇒ *Рис. 28*).

Доступ к информации в устройствах CANopen осуществляется в режиме записи/чтения для большого перечня функций управления устройствами.

9.10 Промышленная шина AS-interface (AS-i)

■ Общее описание

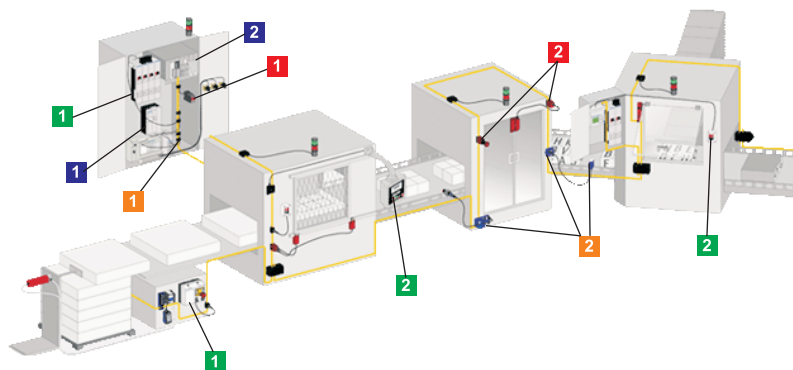
В настоящее время промышленные установки оснащаются множеством датчиков и исполнительных механизмов. При этом должны приниматься во внимание безопасность, возможность модернизации, необходимость обслуживания. AS-Interface является сетью производственного уровня, удовлетворяющей современным требованиям промышленной автоматизации.

AS-Interface передает данные и обеспечивает электропитание с использованием двужильного кабеля. Компоненты, подключенные к сети, могут быть легко заменены при обслуживании, и новое устройство автоматически получает адрес замененного изделия.

AS-Interface представляет собой высокоэффективную сетевую альтернативу проводному соединению ПЛК с полевыми устройствами - датчиками и исполнительными механизмами.

Все предложения Schneider Electric соответствуют стандарту AS-i, как определено Международной ассоциацией по применению AS-Interface (см. сайт www.as-interface.net). Это открытая технология, поддерживаемая передовыми поставщиками средств промышленной автоматизации, которая гарантирует взаимозаменяемость и возможность совместной работы изделий различных производителей.

AS-Interface, как показано на *Рис. 29*, является сформировавшимся протоколом, который более, чем за 10 лет доказал надежность и удобство использования. Он реализован в сотнях тысяч применений, включая конвейеры, лифты, системы распределения энергии, круговые транспортёры в аэропортах, управление процессом розлива жидкости в бутылки и другие системы управления в пищевой промышленности.



↑ Рис. 29 AS-Interface

- | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------------|
| 1 | Интерфейс IP20 | 1 | Монитор безопасности |
| 2 | Интерфейс IP67 | 2 | Интерфейс безопасности |
| 1 | Компонент управления | 1 | Источник питания |
| 2 | Диалоговая панель | 2 | Ведущее устройство AS-i |

AS-Interface отличается двухпроводным желтым кабелем, имеющим сечение специальной формы (⇒ Рис. 30), которая не позволяет перепутать полярность подключения. Кабель имеет герметизированную изоляцию (ее изолирующие свойства восстанавливаются после удаления устройства), а датчики и исполнительные устройства снабжаются прокалывающими коннекторами, позволяющими выполнять переключения и замену без дополнительного инструмента.

AS-Interface представляет собой полевую шину типа ведущий/ведомый (Master/Slave), где в роли ведущего могут выступать компьютер, ПЛК или специализированный контроллер, которые получают информацию с датчиков и управляют исполнительными устройствами промышленной установки. Можно отметить другие преимущества шины AS-i, например, ее свободную топологию, которая позволяет работать при конфигурациях «звезда», «точка-точка», «линия», «дерево», «кольцо».



↑ Рис. 30 Компоненты AS-Interface

На протяжении 10 лет AS-Interface применялся только для устройств дискретного ввода/вывода. Лишь некоторые поставщики предлагали для AS-i медленные аналого-цифровые устройства, например, с датчиками температуры, уровня, но они всегда оставались изделиями компании-разработчика, а количество адресов (до 31) было основным ограничением.

Международная ассоциация по применению шины AS-i предложила новую версию протокола – версию 2. Количество адресов увеличилось вдвое с возможностью подключения 62 устройств дискретного ввода/вывода к одному ведущему. Но основным изменением стала возможность подключения аналоговых датчиков и исполнительных устройств к ведущему устройству. Возможны смешанные подключения дискретных и аналоговых датчиков, в последнем случае количество ведомых устройств уменьшается.

В новую версию внесены изменения на уровне диагностики. Предыдущая версия позволяла определять лишь неисправности сети. Версия 2 позволяет диагностировать дополнительные неисправности, включая неисправности самих устройств.

Устройства, работающие в соответствии с версиями 1 и 2, совместимы в одной сети.

■ Преимущества протокола AS-i (⇒ Рис. 31)

Простота	Простота кабельной системы обеспечивается: <ul style="list-style-type: none"> • наличием единственного двужильного кабеля, соединяющего все датчики и исполнительные устройства в системе автоматизации; встроенным управлением обменами
Сокращение затрат	Затраты могут быть уменьшены на 40% благодаря: <ul style="list-style-type: none"> • сокращению времени на разработку, монтаж, запуск и модернизацию; • уменьшению габаритов в связи с использованием более компактных устройств и устранению промежуточного пространства, поскольку большинство функций поддерживается вне устройств; совмещению кабелей управления и питания
Безопасность	AS-Interface помогает увеличить надежность, степень эксплуатационной готовности и безопасность: <ul style="list-style-type: none"> • значительно уменьшены ошибки монтажа; • нет риска слабых («незатянутых») контактов; • увеличена стойкость к электромагнитным помехам (EMC); • функции безопасности машин могут быть полностью интегрированы в AS-Interface

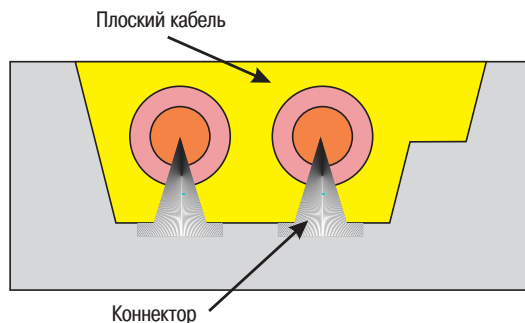
↑ Рис. 31 Преимущества AS-Interface

■ Компоненты шины AS-i

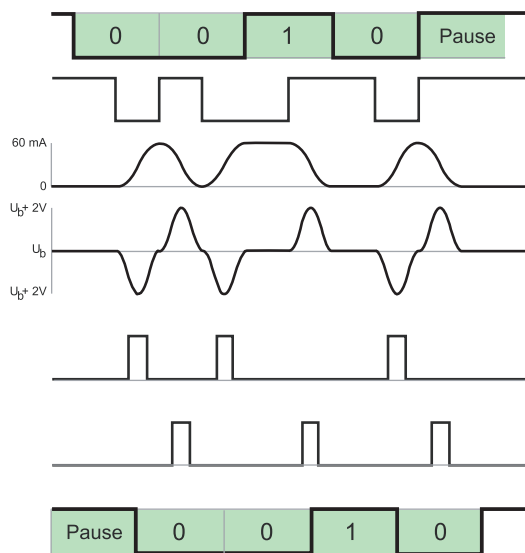
Компоненты объединены в группы (⇒ *Рис. 32*). За подробной информацией обращайтесь к каталогам продукции Schneider Electric.

Устройства общего назначения	К шине AS-i можно подключать любые стандартные устройства (датчики, исполнительные устройства, пускатели, и т.п.). Они обеспечивают большую свободу выбора и особенно подходят для модернизации установки, ранее смонтированной обычным образом. Данные устройства могут использоваться в шкафах (IP20) или, к примеру, вне помещений (IP67)
Специализированные устройства	Специализированные модули (коммуникационные и т.п.) используются для соединения с шиной AS-Interface. Специализированные компоненты встраиваются в устройства и позволяют подключаться напрямую к кабелю AS-i. Это сокращает работы по монтажу, но выбор не так велик, как в случае с устройствами общего назначения
Ведущие устройства	Это центральный элемент системы; его задача заключается в управлении обменом данными с ведомыми устройствами. Он может обеспечить работу: - с 31 компонентом по версии 1 протокола (время цикла 5 мс.); - с 62 компонентами по версии 2 протокола (время цикла 10 мс.). Ведущее устройство является: - составной частью ПЛК, например, специализированным коммуникационным модулем, - подключенным к полевой шине устройством, в этом случае оно выполняет роль шлюза
Источники питания	Электропитание устройств обеспечено по кабелю шины AS-i напряжением от 29.5 до 31.6 В. Источник питания защищен от перегрузок и коротких замыканий. Имеется единственный тип источника питания, который можно использовать для шины AS-i. Поскольку для работы шины требуется некоторый минимальный ток, в некоторых случаях необходим добавочный источник питания, в особенности для исполнительных устройств
Плоский кабель	Желтый кабель, подключенный к источнику питания, выполняет две функции: - передачу данных между ведущим и ведомыми устройствами; - питание датчиков и исполнительных устройств. Черный кабель, подключенный к дополнительному источнику питания 24 В, питает исполнительные устройства и датчики с изолированными входами. Механический профиль кабеля не позволяет перепутать полярность; используемые материалы делают возможным быстрое и надежное подключение устройств. Когда устройство отсоединено, например для внесения изменений, кабель восстанавливает свою первоначальную форму и герметичность соединения. Такие кабели рассчитаны на максимальный ток 8 А и выпускаются в двух вариантах: - резиновые для обычного использования; - типа TPE (термопластическая резиновая пена) для таких применений, где кабель может подвергаться воздействию масла
Безопасные решения на основе шины AS-i	Стандартная технологическая информация может передаваться одновременно и в той же среде, что и информация по безопасности до 4-го уровня в соответствии со стандартом EN 60954-1. Интеграция с AS-Interface производится путем подключения к желтому кабелю дополнительных системы мониторинга и компонент безопасности. Информация по безопасности передается исключительно между системой мониторинга и компонентами безопасности и прозрачна по отношению к остальным стандартным функциям. Это означает, что система безопасности может быть добавлена к существующей сети AS-Interface
Терминал адресации	Поскольку компоненты параллельно подключаются к шине AS-i, каждому из них необходимо назначить отдельный адрес. Данную задачу решает терминал, подключаемый к устройствам

↑ *Рис. 32* Компоненты AS-Interface



↑ Рис. 33 Подключение к шине AS-i



↑ Рис. 34 Форма напряжения и тока

■ Принципы работы шины AS-i

□ Подключение

Приспособление для подключения использует прокалывающий коннектор, также называемый «коннектор-вампир». У коннектора есть два контакта, которые подключаются путем прокалывания изоляционного материала кабеля, после чего две половинки коннектора скручиваются вместе, чтобы обеспечить надежное соединение.

Такая система (⇒ Рис. 33) является стандартной, и в промышленной установке можно обеспечить степень защиты вплоть до IP67.

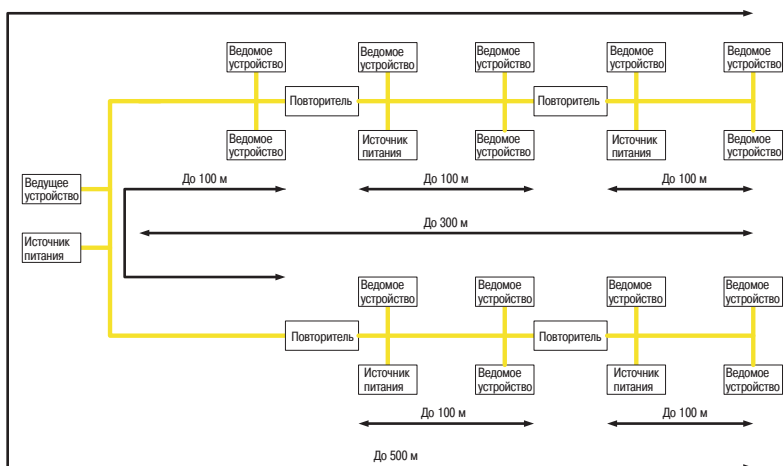
□ Модуляция сигнала

Интерфейс AS-i разработан для функционирования без согласующих сопротивлений на концах линии. Принцип работы основан на модуляции тока в соответствии с кодом Manchester. Два элемента индуктивности, размещенные в источнике питания, делают ток синусоидальным. Форма сгенерированного сигнала позволяет не использовать экранированный кабель (⇒ Рис. 34).

□ Протяженность шины

Ограничения длины связаны с искажением сигнала и падением напряжения. Максимальная длина между двумя ведомыми устройствами не должна превышать 100 м (⇒ Рис. 35). Увеличивать это расстояние можно путём использования дополнительных повторителей при следующих ограничениях:

- не более двух повторителей на шине;
- максимальное расстояние до ведущего устройства не должно превышать 300 м;
- пассивный повторитель увеличивает расстояние от 100 до 200 м;
- активный повторитель увеличивает расстояние до 300 м.



↑ Рис. 35 Ограничения AS-Interface

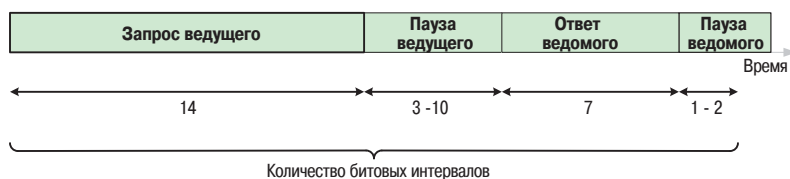
□ Протокол AS-i

Работу шины организует одно ведущее устройства. Устройство посылает запрос всем ведомым устройствам, которые в свою очередь пересылают запрошенные данные (⇒ Рис. 36). Когда все подчиненные устройства ответили, начинается новый цикл и т.д. Время цикла зависит от количества ведомых устройств и его легко подсчитать.



↑ Рис. 36 Фреймы ведущего и ведомого устройств

AS-Interface использует несколько способов обеспечения надежности передачи данных. Сигнал проверяется получателем. Если форма неправильна, то сообщение отбрасывается. Бит контрольной суммы, который добавляется к сообщениям, обеспечивает дополнительную проверку передачи. Молчание ведущего устройства вызывает ответ ведомого (⇒ Рис. 37).



↑ Рис. 37 Временная структура запроса и отклика

Интервал для передачи бита - 6 мкс. При частоте 166.67 Кбит/с, если добавить все биты задержек, время цикла не может превышать 5082 мкс.

• Каждый цикл можно разделить на 3 части

- обмен данными;
- проверка системы;
- обновление / добавление ведомых устройств.

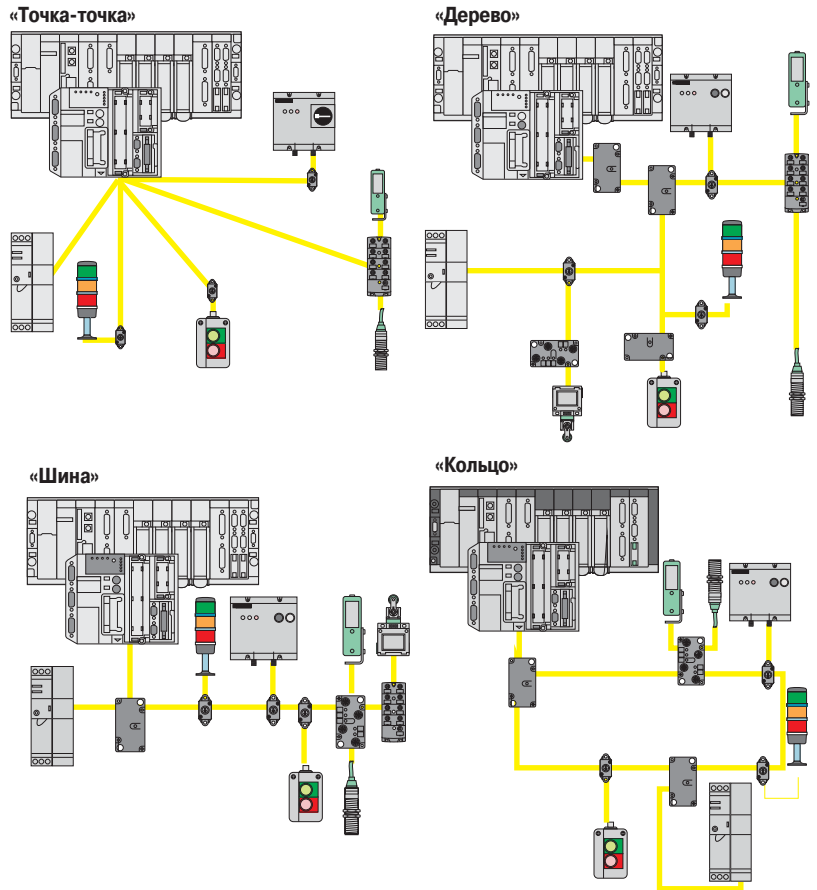
Профиль ведущего устройства AS-Interface приспособлен к его задачам. В общем случае он выполняет следующие функции:

- инициализация системы;
- идентификация подключенных ведомых устройств;
- пересылка параметров ведомым устройствам;
- проверка корректности технологических данных, получаемых от ведомых;
- системная диагностика (состояние ведомых, состояние источников питания и т.п.);
- передача информации обо всех обнаруженных неисправностях главному устройству системы (ПЛК и т.п.);
- переконфигурация системы при внесении изменений.

Ведомые устройства дешифрируют запросы, полученные от ведущего, и пересылают ответ без задержки. Однако, будучи ведомыми, они не ответят на неправильный или неподходящий запрос. Функциональные возможности ведомого определяются его AS-i профилем.

■ Топология и подключение AS-Interface

Отсутствие ограничений позволяет сформировать разнообразные конфигурации системы, некоторые из которых представлены ниже (⇒ Рис. 38).



↑ Рис. 38 Конфигурации системы

■ Версии AS-Interface

Первая версия (V1) в настоящее время обновлена до версии V2.1, в которую добавлены следующие улучшения:

- возможность подключения 62 ведомых устройств (в версии V1 было 31);
- возможность передачи сообщения о неисправности ведомого устройства без отключения последнего, что позволяет ему функционировать в случае, когда возможность непрерывной работы является критическим фактором;
- поддержка ведомых аналоговых устройств.

■ Профиль AS-Interface

Профиль AS-i определяет возможности оборудования. Два устройства, выпущенные разными производителями и имеющие одинаковый профиль, функционируют одинаково. Они взаимозаменяемы внутри сети. Профиль изделия устанавливается при его изготовлении, определяется двумя или тремя символами и не может быть изменен.

На сегодняшний день консорциум AS-Interface определил более чем 20 разнообразных профилей. Они кратко описаны далее.

Таблица на Рис. 39 отражает совместимость между V1 и V2.1.

	Ведомый V1	Ведомый V2.1 со стандартной адресацией	Ведомый V2.1 с расширенной адресацией	Аналоговый ведомый
Ведущий V1	Совместимы	Совместимы, но неисправности ведомого не обрабатываются	Несовместимы	Несовместимы
Ведущий V2	Совместимы	Совместимы	Совместимы	Совместимы

↑ Рис. 39 Совместимость V1/V2.1

□ Профили ведущих устройств

Профили ведущих устройств определяют возможности каждого ведущего шины AS-i. Существует 4 типа профилей: M1, M2, M3, M4; последний совместим с предшествующими.

□ Профили ведомых устройств

Все ведомые устройства имеют свой профиль, что означает, что их можно рассматривать как периферийные устройства AS-i со специализированными микросхемами. В семейство последних входят, например, интеллектуальные исполнительные механизмы и устройства, позволяющие подключить традиционные устройства к шине AS-i. Профили таких устройств были определены для того, чтобы выполнить их классификацию среди большого числа типов. Это, в частности, полезно, когда необходимо заменять ведомое устройство. Например, тяговое устройство, изготовленное различными производителями с одинаковым профилем, может быть установлено в сети без изменения программы или адресации.

9.11 Заключение

Использование коммуникационных сетей в промышленной автоматизации повышает гибкость создаваемых систем, позволяя им полностью отвечать требованиям при создании и модернизации промышленных установок, технологических линий и предприятий в целом. Однако сделать правильный выбор в этой области можно лишь обладая нужными знаниями об эффективных решениях на основе коммуникационных сетей и шин. При этом следует использовать простые критерии: решения должны быть открытыми, стандартными и оптимизированными.

- Открытые сети в отличие от сетей с закрытой информацией об их функционировании предоставляют возможность свободного выбора изготовителей устройств автоматизации.
- Сети, удовлетворяющие международным стандартам, создают условия для продолжительного времени эксплуатации и возможности модернизации.
- Обоснованный баланс производительности сети и требований к промышленной установке или системе управления технологическим оборудованием является средством оптимизации инвестиций.

Последний пункт заключается в очевидной необходимости четкого понимания того, что предлагает компания-изготовитель для коммуникационных сетей, которые долгое время считались сложными в проектировании, реализации и эксплуатации.

Компания Schneider Electric решила сфокусировать свои предложения на изначально открытых сетях, которые основаны на международных стандартах и адаптированы к требованиям на всех уровнях автоматизации, путем определения классов реализаций, которые обеспечивают простоту и оптимальность выбора.