

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Электропривод и автоматизация
промышленных установок»

004.7(07)

Б825

А.М. Борисов

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
СЕТЕЙ АВТОМАТИКИ**

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2012

УДК 681.51(075.8) + 004.7(075.8)

Б825

Одобрено
учебно-методической комиссией энергетического факультета

Рецензенты

В.М. Попов, В.С.Жабреев

Б825 Борисов, А.М.
Основы построения промышленных сетей автоматизации /А.М. Борисов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 108 с.

Учебное пособие предназначено для студентов различных специальностей, изучающих автоматизацию производственных установок различного технологического назначения.

В пособии рассмотрены принципы, лежащие в основе промышленных сетей Ethernet, PROFIBUS-DP, PROFIBUS-PA и AS-Interface. Приведены примеры выполнения лабораторных стендов для изучения указанных сетей и примеры выполнения лабораторных работ при управлении объектом автоматизации в сетях PROFIBUS-DP и AS-Interface.

УДК 004.7(075.8) + 681.51(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие является разделом конспекта лекций для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск).

Пособие базируется в основном на технической документации фирмы Siemens, продукция которой широко используется на предприятиях Челябинска (ОАО «Мечел», ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» и др.) и Челябинской области (ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и др.).

Фирма Siemens является ведущей фирмой по поставкам систем управления технологическими процессами. Она активно внедряется на российский рынок. Ежегодно выпускаются компакт-диски с документацией на русском языке, включая каталоги, информацию по продуктам и брошюры на русском языке. Дополнительную информацию можно получить на сайтах www.siemens.ru/ad/as и www.simatic.ru.

Излагаемый в пособии материал по сетям PROFIBUS и AS-Interface предполагает, что студенты уже имеют познания в области микропроцессорной техники, программируемых логических контроллеров и схемотехники.

Практические навыки работы с сетями студенты получают на двух лабораторных стендах, реализующих соответственно сеть PROFIBUS-DP и сеть AS-Interface.

В состав сети PROFIBUS-DP входят два программируемых логических контроллера Simatic S7-300 с модулями ввода/вывода, модуль децентрализованной периферии ET200M с модулем ввода/вывода и оптическим интерфейсом. Сеть использует технологию передачи информации RS485. В качестве среды передачи используется экранированная витая пара и пластиковый оптоволоконный кабель. Сопряжение электрического и оптоволоконного кабеля осуществляется через оптический шинный терминал ОВТ.

В состав сети AS-Interface входят блок программируемого контроллера SIMATIC S7-300 с процессорным модулем CPU314C-2DP, с модулями ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, имеющего интерфейс сети PROFIBUS-DP. Предусмотрено 2 варианта связи сети PROFIBUS-DP с сетью AS-Interface. В первом варианте связь обеспечивается коммуникационным процессором CP343-2, а во втором варианте – модулем типа DP/AS-I Link Advanced.

Сеть AS-интерфейс содержит:

- модуль типа K45 для ввода/вывода дискретных сигналов сети (4 входа/4 выхода);
- модуль типа F90 (плоский) для ввода/вывода дискретных сигналов сети AS-Interface (4 входа/4 выхода);
- модуль типа K60 для ввода аналоговых сигналов в сеть AS-интерфейс (2 входа);

- модуль типа К60 для вывода аналоговых сигналов из сети AS- Interface (2 выхода);
- 2 блока источников питания $\sim 220 \text{ В} / \approx 30 \text{ В}$ сети AS- Interface;
- датчик индуктивный со встроенной микросхемой связи с AS- Interface;
- повторитель (удлинитель) сети AS- Interface.

Таким образом, в стенде представлены все основные компоненты сети AS-Interface. На стенде предусмотрена возможность на осциллографе посмотреть форму и значения напряжения и токов в кабеле сети AS-Interface при одновременной передаче по кабелю питания компонентам сети и передаваемой информации.

1. СТРУКТУРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

1.1. Общие сведения

Традиционно системы управления технологическими процессами выполняют следующие функции:

- сбор информации с объектов управления и в соответствии с принятым алгоритмом управления формирование управляющих команд, выдаваемых на исполнительные устройства;
- обработку технологической информации, ее представление и документирование;
- сопряжение устройств сбора и обработки информации с устройствами представления информации.

В течение многих лет системы автоматизации строились по традиционной централизованной схеме, в которой имелось одно мощное вычислительное устройство и огромное количество кабелей для подключения оконечных устройств (датчиков, исполнительных механизмов, устройств отображения информации). Такая структура диктовалась высокой ценой электронно-вычислительной техники. В условиях бурно растущего производства цифровой техники альтернативным решением стали цифровые промышленные сети.

С появлением системы автоматизации на базе ЦВМ утвердился термин «Автоматизированная система управления технологическим процессом» АСУ ТП. В соответствии со стандартами АСУ ТП – это автоматизированная система для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления в соответствии с принятым критерием качества управления. В свою очередь технологический объект управления – это совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим инструкциям и регламентам технологического процесса.

АСУ ТП строятся по иерархическому принципу управления. Иерархический (подчиняющий) принцип управления – это пирамидальный принцип управления с подчинением нижних этажей (уровней, ступеней) иерархии верхним. На рис. 1.1 представлена иерархическая структура автоматизации с наименованиями уровней, используемыми в технической документации фирмы Siemens.

На нижнем уровне «уровне процесса или поля» осуществляется учет состояния и влияния на параметры технологического процесса. Здесь используются датчики и исполнительные устройства (исполнительные механизмы).

На уровне управления процессом осуществляется управление, регулировка, обработка измеренных величин, контроль, стабилизация параметров, заданных более высоким этажом иерархии, а также функции защиты.

На уровень руководства процессом возлагаются, прежде всего, функции оптимизации технологического процесса. Он координирует весь процесс и выдает задания уровню управления процессом.

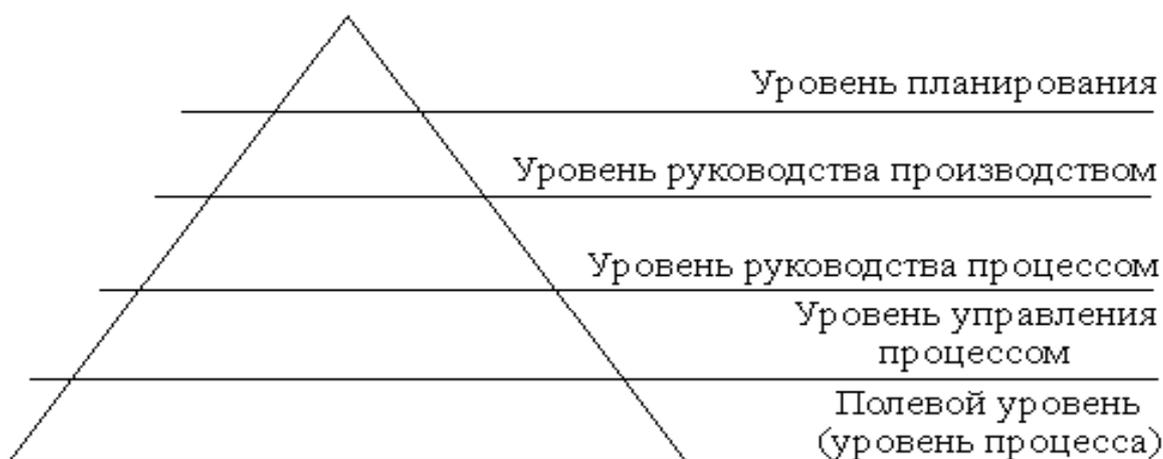


Рис. 1.1. Иерархическая структура автоматизации управления

Уровни руководства производством и планирования обеспечивают координирующие и административные функции всего предприятия, как материально-техническое снабжение, планирование мощностей и т.п.

Все уровни пирамиды должны иметь вертикальную информационно-техническую связь друг с другом. Этот обмен информацией происходит в обе стороны: снизу вверх и сверху вниз.

При прямых (двухпунктовых) связях, как показано на рис. 1.2а, связь между компонентами одного уровня (на рис. 1.2а они заштрихованы) возможна (показано стрелками) только через вышестоящий уровень. Информация может запаздывать, если вышестоящие звенья оказываются с ограниченным быстродействием.

В частности, на нижних уровнях, где особенно важно быстродействие, необходимо вводить горизонтальные связи (рис. 1.2б). Однако если каждый узел будет соединен с каждым, то возникает запутанная сеть с очень сложной и дорогой кабельной системой. В ряде случаев стоимость кабельной продукции достигала 50% стоимости всех устройств.

В условиях бурно растущего производства цифровой вычислительной техники альтернативным решением стали цифровые промышленные сети, состоящие из многих устройств, между которыми производится обмен цифровым способом по «локальной сети» (LAN – Local Area Networks). Локальные сети берут свое начало с развитием XEROX Corporation в середине 1970-х годов в США.

Локальные сети обозначаются в литературе также как шины или шинные системы. Они разделяются по трем категориям:

- по форме сети (топологии);
- по используемой среде передачи;
- по способу доступа участников к сети.

Эти понятия будут отражены ниже при описании сетей

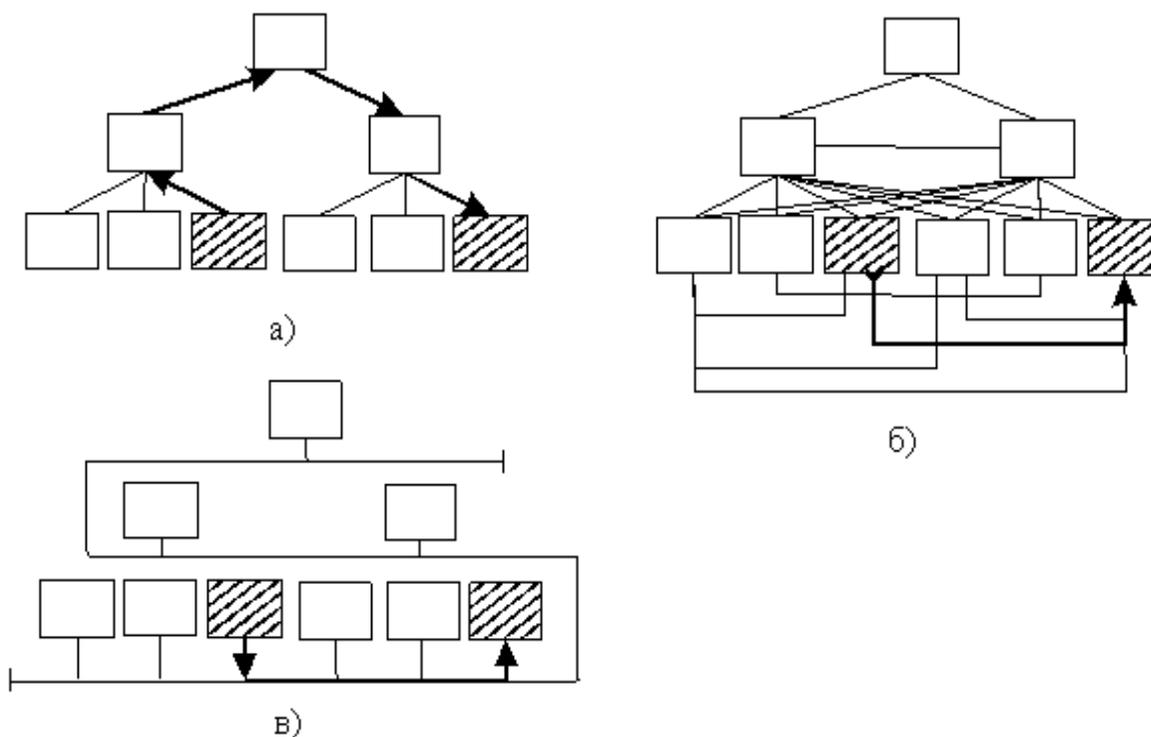


Рис. 1.2. Обмен информацией между уровнями иерархии:

а) с прямыми связями; б) с вертикальными и горизонтальными прямыми связями; в) с использованием локальной сети

1.2. Структура АСУ ТП на базе локальных сетей

В 1985 г. Центральный союз электропромышленности (ZVEI) выступил с инициативой разработки стандарта для полевой шины. В 1987 г. 20 известных изготовителей и исследовательских учреждений Германии, среди которых была фирма Siemens, объединились с целью в течение 2-х лет разработать такой стандарт. Объединенный проект получил название PROFIBUS.

Структура простейшей АСУ ТП, ориентированной на применение локальных сетей PROFIBUS представлена на рис. 1.3.

Industrial Ethernet – это сеть верхнего уровня управления, соответствующая международным стандартам IEEE802.3 (Ethernet, 10 Мбит/с), IEEE802.3u (Fast Ethernet, 100 Мбит/с) и IEEE802.3z (Gigabit Ethernet, 1000 Мбит/с). Ethernet позволяет использовать Internet, а также является основой для построения системы управления с распределенным интеллектом, поддерживающим стандарт PROFINET. Этот стандарт существенно упрощает связь между Ethernet и сетями полевого уровня PROFIBUS.

Центральная станция обслуживает множество промышленных логических контроллеров (ПЛК, PLC), объединенных через последовательный интерфейс PROFIBUS.

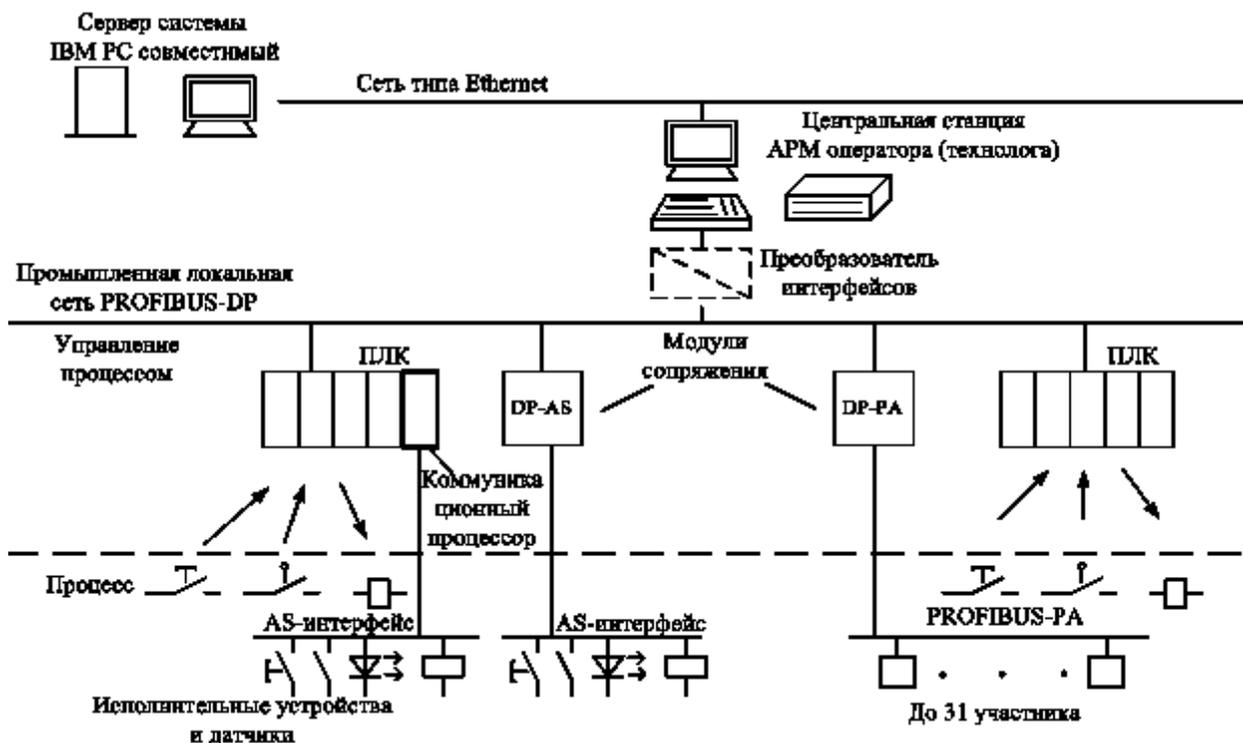


Рис. 1.3. Структура простейшей АСУ ТП

PROFIBUS (Process Field Bus) – это промышленная сеть полевого уровня, отвечающая требованиям части 2 европейских норм EN5017-0 и международного стандарта IEC 61158-3. Они используются для организации связи между программируемыми контроллерами и станциями распределенного ввода-вывода ET200, устройствами человеко-машинного интерфейса HMI (Human Machine Interface) и другими приборами полевого уровня. PROFIBUS позволяет выполнить дистанционное (по сети) программирование и конфигурирование систем автоматизации, их отладку и диагностирование.

PROFIBUS поддерживает следующие протоколы передачи:

- PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification – спецификация сообщений шины полевого уровня);
- PROFIBUS-DP (Distributed Periphery – распределенная периферия);
- PROFIBUS-PA (Process Automation – процесс управления).

Все протоколы могут использоваться для передачи по одной и той же линии связи (электрической через RS485 или волоконно-оптической).

PROFIBUS-FMS – протокол для обмена данными между сетевыми ПЛК, ПЛК и компьютерами, ПЛК и устройствами HMI. Обмен данными может быть циклический или по прерываниям. В обмене может быть до 16 станций.

PROFIBUS-DP – ориентирован на организацию связи между ПЛК и устройствами распределенной периферии. Он обеспечивает циклический обмен небольшими объемами данных между ПЛК и станциями распределенного ввода-вывода, а также другими приборами полевого уровня.

PROFIBUS-PA – для обмена данными с ведомыми устройствами, подключенными к сети PROFIBUS, расположенными как в обычных зонах, так и

в зонах повышенной опасности (Ex-зонах). В сети PROFIBUS-PA обмен данными и питание всех сетевых компонентов осуществляется через экранированную витую пару. Подключение к сети PROFIBUS-DP осуществляется через модули сопряжения DP/PA Coupler или блоки DP/PA Link.

AS-Interface – это интерфейс подключения датчиков и исполнительных механизмов, осуществляющий коммуникацию между датчиками/исполнительными механизмами и системой управления. Он обеспечивает упрощенный монтаж управляемой установки. Также как в сетях PROFIBUS-PA в AS-Interface обмен данными и питание всех сетевых компонентов осуществляется через двухжильный кабель, но можно использовать неэкранированный.

2. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ PROFIBUS-DP

2.1. Общая характеристика сети

Основная версия PROFIBUS – это передача согласно американскому стандарту EIA RS485. Он широко используется в промышленном производстве, технике связи, на транспорте, в зданиях и др.

Среды передачи информации:

- экранированная витая пара;
- стеклянный, полимерный или пластиковый волоконно-оптический кабель;
- беспроводная среда.

Сеть состоит из сегментов. Структура сегмента при электрической передаче сигнала с использованием интерфейса RS485 представлена на рис. 2.1.

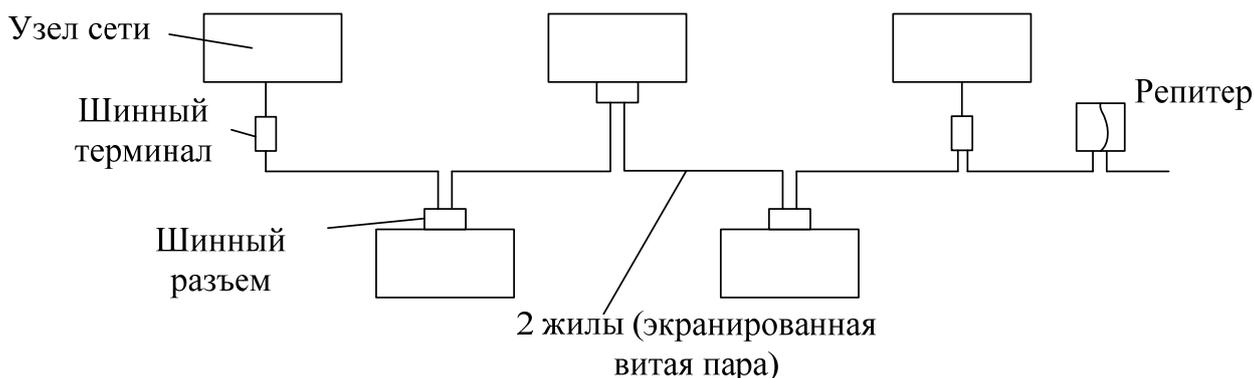


Рис. 2.1. Структура сегмента сети PROFIBUS-DP

Данные сегмента зависят от скорости передачи и представлены в табл. 2. 1.

Таблица 2.1

Скорость передачи, кбит/с	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
Длина сегмента, м	1200	1200	1200	1200	400	200	100	100	100
Общая длина сети при количестве сегментов 10, м	12000	12000	12000	12000	4000	2000	1000	1000	1000

Допустимая длина оптических каналов связи зависит от типа используемого кабеля и представлена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Тип кабеля	Пластиковый (POF)	Полимерный (PCF)	Стекланный
Скорость передачи, кбит/с	9,6...1500 и 12000	9,6...1500 и 12000	9,6...12000
Максимальная длина между двумя сетевыми узлами, м	80	400	2850

В технической документации фирмы Siemens, в связи с совершенствованием аппаратуры передачи информации, представленные выше характеристики, постоянно корректируются. На момент написания этого пособия общая длина сетей при электрической передаче информации, как указано в табл.2.1, не превышает 12 км, а при использовании стеклянных световодов – 90 км.

Максимальное количество узлов (участников) в сегменте 32, максимальное количество участков в сети 127 (с адресами 0...126).

Подключаемые к сети узлы (участники) неравноправны. Различают активные (ведущие) устройства, которые называют Master'ами и пассивные (ведомые), которые называют Slave'ами.

Доступ активных устройств к шине разделен по времени, для чего предусмотрен метод эстафетной передачи. Активный узел, получивший доступ к сети, осуществляет обмен данными с пассивными узлами по принципу «ведущий-ведомый».

Активный узел получает доступ к сети на определенный промежуток времени. В течение этого времени активный узел выполняет управление всеми необходимыми пересылками данных. По истечении этого времени он приходит в пассивное состояние, а управление передается по эстафете следующему активному узлу.

Пассивные узлы не способны управлять передачей информации. Они лишь отвечают на адресованные к ним запросы от ведущих устройств, а также принимают посылаемые со стороны ведущих устройств данные.

Для выбора конфигурации, установки значения параметров, запуска и диагностирования сети используется программное обеспечение STEP7.

Для использования в сети PROFIBUS выпускаются ниже перечисленные многофункциональные станции распределенного ввода-вывода семейства ET 200.

Станции ET 200M выполняют функции ведомого DP устройства. Скорость обмена – до 12 Мбит/с.

Они имеют в своем составе интерфейсный модуль, до 8 модулей программируемого контроллера S7-300 и могут включать блок питания. Степень защиты от внешней среды IP20.

Станции ET 200S обеспечивают подключение к электрическим или оптическим каналам связи PROFIBUS-DP, а также к электрическим каналам связи Industrial Ethernet. Они могут включать в свой состав интерфейсный модуль, модули ввода-вывода дискретных и числовых сигналов, технические модули решения задач позиционирования привода с шаговыми двигателями, модули взвешивания. В станции ET 200S могут использоваться силовые модули двух видов: фидеры нагрузки для 3-х фазных цепей переменного тока напряжением до 400 В и мощностью до 7,5 кВт и преобразователи частоты для управления работой 3-х фазных асинхронных электродвигателей. Каждый силовой модуль оснащен дискретными входами для подключения внешних органов ручного управления, а также дискретными выходами для сигнализации о своем состоянии и возникающих ошибках.

Станции Simatic ET 200iS распределенного ввода-вывода для Ex-зон (зон повышенной опасности). Эта станция выполняет функции ведомого устройства PROFIBUS-DP и способна передавать данные со скоростью до 1,5 Мбит/с. Она включает в свой состав интерфейсный модуль для подключения к сети PROFIBUS RS485 до 32 модулей EExi исполнения для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Для размещения станций ET 200iSP используются стальные шкафы настенного монтажа со степенью защиты IP65. Подключение внешних цепей выполняется через уплотнительные сальники.

Станции ET 200pro – модульные станции ввода-вывода с классом защиты IP 65/IP67 могут монтироваться на управляемом оборудовании без использования шкафов управления. В составе станции допускается использовать до 16 электронных модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, силовые модули, модули систем автоматики безопасности и противоаварийной защиты. Станция обладает высокой стойкостью к механическим воздействиям и допускает вибрационные нагрузки с ускорением 5g и ударные нагрузки с ускорением до 25g. Силовые модули включают в свой состав модули пускателей и устройств плавного пуска (с мощностью нагрузки до 5,5 кВт), преобразователей частоты (для двигателей мощностью до 1,5 кВт) и т.п. В одной станции допускается использовать до 8 силовых модулей.

Станции Simatic ET 200eco и ET 200R – компактные станции ввода-вывода с классом защиты IP65/IP67. Обе станции выполняют функции ведомых устройств PROFIBUS-DP со скоростью обмена до 12 Мбит/с. Они используют модули ввода

и вывода дискретных сигналов и применяются для управления технологическим оборудованием, производственными машинами и станками. Станции Simatic ET 200R предназначены для использования в автомобильной промышленности при управлении сварочными работами и обрабатывающими станками.

2.2. Передача информации в сети PROFIBUS-DP

2.2.1. Общие положения

Промышленные сети являются промышленными коммуникационными системами и могут использовать широкий диапазон средств передачи, такие как медный кабель, волоконную оптику или беспроводную последовательную передачу для соединения на больших расстояниях распределенных полевых устройств (датчиков, преобразователей, двигателей и т.д.) с центральной контрольной или управляющей системой.

В 1983 г. Международная организация по Стандартизации ISO (International Standards Organization) разработала семиуровневую эталонную модель OSI (Open Systems Interconnection Reference Model). Она определяет все элементы, структуры и задачи, необходимые для коммуникаций и процесса. Как и любая универсальная модель, OSI довольно громоздка, избыточна и не слишком гибка. Поэтому реальные сетевые решения и, в частности, сеть PROFIBUS-DP, не всегда придерживаются принятого разделения функций. Однако знакомство с моделью OSI позволяет лучше понять, что же происходит в сети. Модель OSI относится не только к локальным сетям, но и к любым сетям связи между компьютерами или другими абонентами. В частности, функции сети Интернет [2] также можно поделить на уровни в соответствии с моделью OSI.

Данные, которые необходимо передать по сети от верхнего (седьмого) уровня до нижнего (первого) уровня проходят процесс инкапсуляции (рис. 2.2). Каждый последующий уровень не только производит обработку данных, приходящих с более высокого уровня, но и снабжает их своим заголовком и служебной информацией (на рис. 2.2 условно заголовком и заключением).

На физическом уровне эта многооболочная конструкция передается по кабелю приемнику. Там она прорабатывает обратную процедуру декапсуляции, т.е. при передаче на вышестоящий уровень убирается одна из оболочек. Верхнего (седьмого) уровня достигают данные, освобожденные от всей служебной информации нижестоящих уровней.

На рис. 2.3 представлен принцип последовательной передачи данных. Поскольку ПЛК и периферийные устройства работают с параллельным кодом (это связано с повышенной скоростью обработки информации), то на передающей стороне необходимо преобразование параллельного кода в последовательный, а на приемной стороне – наоборот.

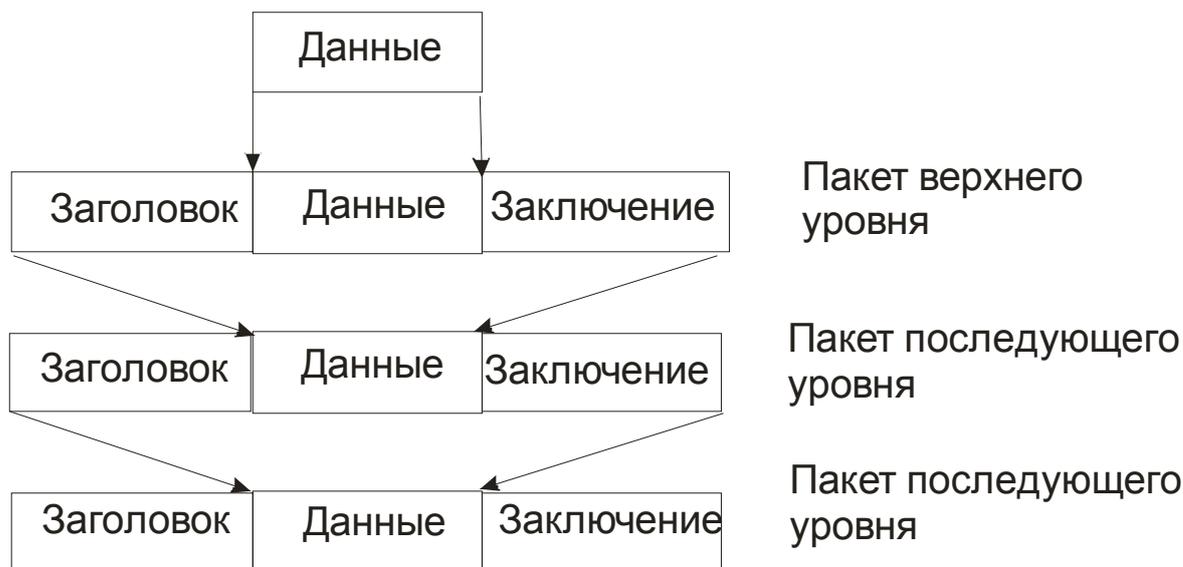


Рис. 2.2. Формирование пакетов уровней модели OSI

Подобное преобразование, а также управляющие функции реализуются специальными интегральными схемами, называемыми асинхронными приемопередатчиками (UART – universal asynchronous receivers – transmitters). Такая передача обеспечивает экономию кабельной продукции и гибкость.

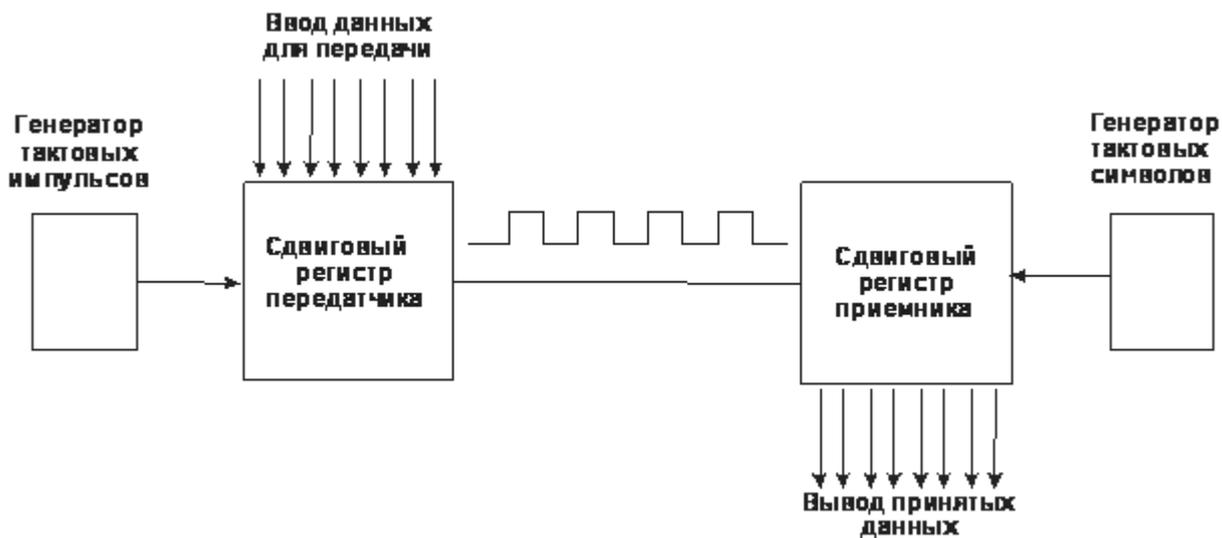


Рис. 2.3. Принцип последовательной передачи данных в сетях

После ввода в эксплуатацию такой системы передачи данных она не имеет никаких ограничений в отношении количества передаваемой информации, хотя при большом объеме передаваемой информации критическим фактором может стать время передачи информации.

Для двухсторонней связи необходимо иметь два провода или два волокна оптоволоконного кабеля.

На рис. 2.4 представлены уровни эталонной референтной модели ISO/OSI и краткая характеристика их функциональных назначений.

Уровни с 1 по 4 описывают пересылку передаваемых данных из одного пункта в другой, а уровни с 5 по 7 предоставляют в распоряжение пользователя доступ к сети в соответствующей форме.

PROFIBUS-DP применяет только уровни 1 и 2. PROFIBUS-FMS применяет уровни 1,2 и 7.

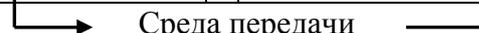
Отправитель	Получатель	Назначение и функции уровней	
7	7	Уровень обработки (подготовки)	Прикладные программы, ориентированные на запись или чтение информации
6	6	Уровень представления информации	Кодирование информации в форме понятной для компонентов различных изготовителей
5	5	Уровень коммуникационного управления	Разбивка блока данных на пакеты, синхронизирует процессы передачи
4	4	Уровень транспортировки	Создает, управляет и заканчивает транспортные соединения между партнерами
3	3	Сетевой уровень	Определяет маршрут передачи, контроль передачи всех пакетов
2	2	Уровень канала передачи данных	Создает связи между узлами, контроль физического соединения
1	1	Уровень передачи битов	Физический уровень передачи битов (напряжение, сила тока, скорость передачи и т.д.).
			

Рис. 2.4. Уровни эталонной референтной модели ISO/OSI

Сети PROFIBUS-DP используют следующие среды передачи:

- электрическую проводную среду;
- оптическую среду;
- беспроводную среду.

2.2.2. Электрическая передача сигнала по стандарту EIA RS485

Для электрической передачи сигнала по стандарту RS485 используются кабели с экранированной витой парой или коаксиальные кабели.

На рис. 2.5 представлена конструкция кабеля с экранированной витой парой.

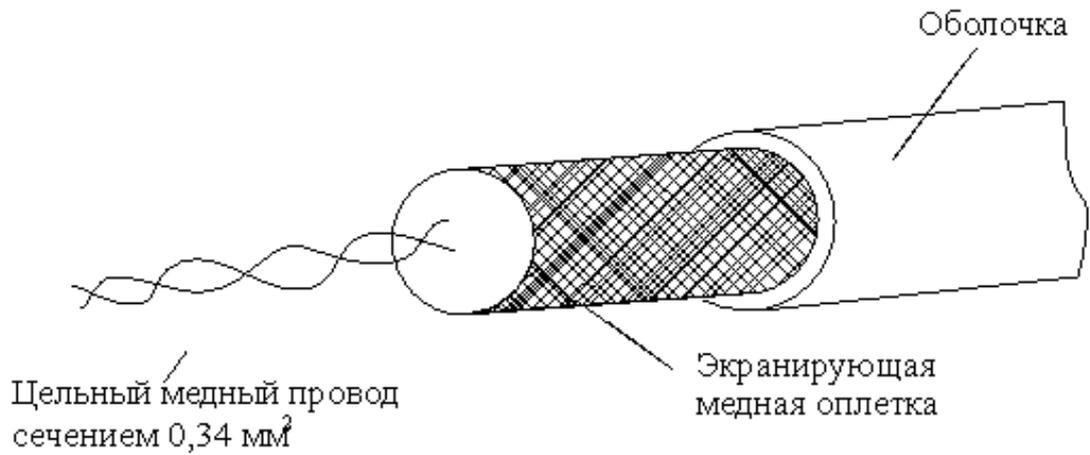


Рис. 2.5. Конструкция кабеля с витой парой

Две жилы кабеля свиты с шагом 9...27 витков/м для уменьшения влияния электромагнитных помех. Принцип снижения влияния помех показан на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Снижение влияния помех в витой паре

При прохождении магнитного потока Φ через витки витой пары проводов в каждом витке, по закону буравчика, наводится ЭДС, направление которой для каждого витка указано стрелками. Как видно из рис. 2.6, результирующая ЭДС в каждом проводнике кабеля стремится к нулю.

Однако следует учесть, что по такому кабелю происходит высокоскоростная передача сообщений до 12 Мбит/с. Кабель при такой высокоскоростной передаче можно выразить через параллельные и последовательные сочетания сопротивлений, как это изображено на рис. 2.7.

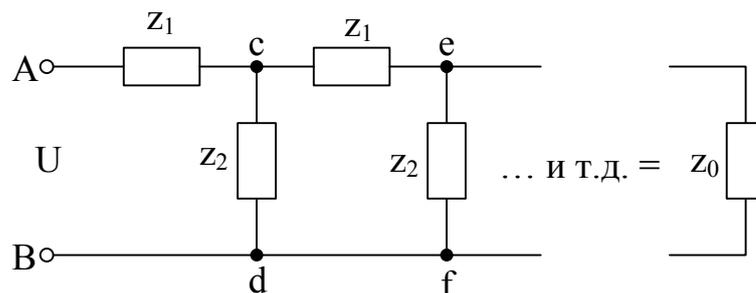


Рис. 2.7. Импеданс бесконечной линии

В [5] показано, что результирующий импеданс между точками А и В равен:

$$z_0 = \frac{z_1}{2} + \sqrt{\frac{z_1^2}{4} + z_1 z_2} . \quad (1)$$

Импеданс z_0 называется характеристическим импедансом такой бесконечной цепи.

Если последовательный элемент – всегда индуктивность L , а шунтирующий элемент – емкость C , то в этом случае цепь имеет вид, представленный на рис. 2.8.

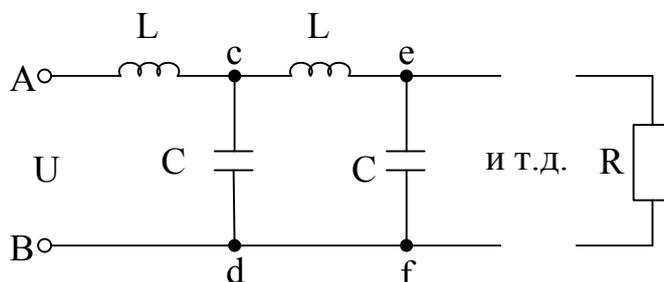


Рис. 2.8. Бесконечная L - C линия

Изображенная на рис. 2.8 линия оканчивается нагрузкой R . При замыкании ключа и подаче на линию напряжения U , источник обязан сначала снабдить энергией первую индуктивность и емкость, затем вторую, третью и т.д. Поэтому спустя некоторое время начальный скачок тока на нагрузке R будет равен:

$$i = \frac{U}{z_0}. \quad (2)$$

Поэтому напряжение на нагрузке R будет зависеть от величины R (см. рис. 2.9).

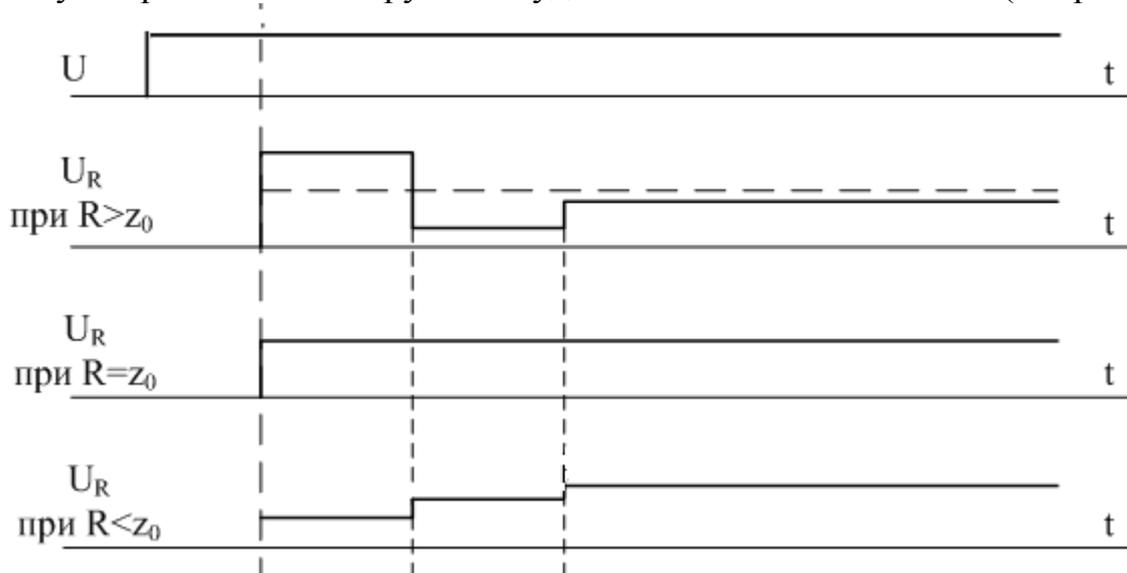


Рис. 2.9. Характер изменения напряжения на нагрузке R

Данный эффект характерен для всех кабелей и обычно не представляет интереса, так как изменения происходят в течение малого времени. Если же задержка сопоставима с периодом передаваемой частоты, то эти изменения становятся препятствием. Т.е. линия передачи должна заканчиваться сопротивлением равным ее характеристическому импедансу.

Для двухжильной или экранированной витой пары $z_0 = 120...150$ Ом, для коаксиального кабеля (будет рассмотрен ниже) $z_0 = 50...75$ Ом.

Как правило, устройства, подключаемые к линии передачи, имеют высокий входной импеданс, что позволяет их устанавливать где угодно. Согласующие резисторы следует ставить на обоих концах кабеля, в нашем случае – на обоих концах кабеля сегмента промышленной сети.

Экран нельзя заземлять на обоих концах кабеля. Любая разность потенциалов между двумя точками заземления U_3 (см. рис. 2.10) приводит к протеканию по экрану тока I_3 .

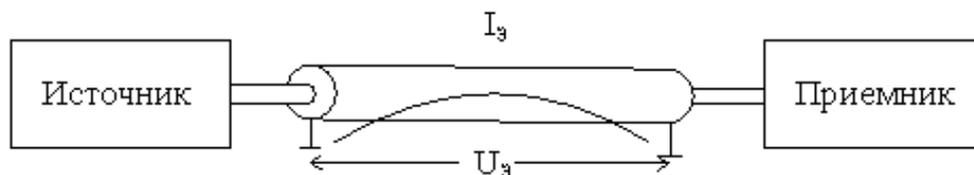


Рис. 2.10. Нежелательное заземление экрана

Заземление желательно осуществлять только на одной стороне (на приемной). Если экранированный провод проходит через промежуточные распределительные коробки, то нужно сохранять целостность экрана и заключить его в рукав, чтобы исключить касания корпусов распределительных коробок.

Электрикам же всегда кажется, что вопреки письменным инструкциям экран должны заземлять везде, где это только возможно [4].

Двухжильные сетевые кабели имеют несколько модификаций на различные условия эксплуатации: для прокладки в земле, для движущихся механизмов, гибкие, для крепления на опорах, для применения на море и т.п.

Вторым вариантом кабельной продукции, применяемой в сетях PROFIBUS-DP, является коаксиальный кабель.

Конструктивно коаксиальный кабель (рис.2.11) состоит из центральной жилы, изоляции, ее окружающей, экрана в виде металлической оплетки и внешней оболочки.

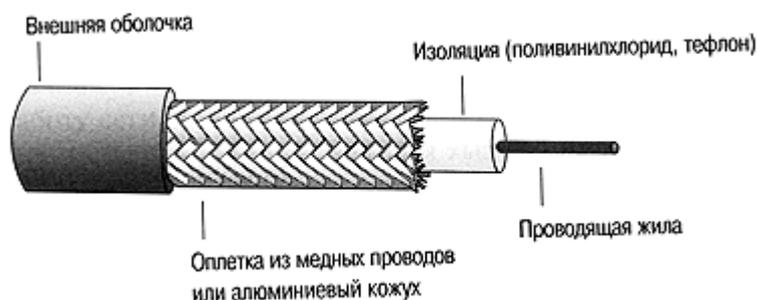


Рис. 2.11. Конструкция коаксиального кабеля

Электрические сигналы передаются по центральной жиле. Жила представляет собой один провод – сплошная жила, либо пучок проводов. Жила окружена оплеткой слоем изоляции. Оплетка играет роль второго проводника и защищает жилу от помех.

Коаксиальный кабель более помехоустойчив, затухание сигнала в нем меньше, чем в витой паре. Поэтому его применение оправдано при передаче данных на большие расстояния.

Существуют два типа коаксиальных кабелей: тонкий и толстый.

Тонкий кабель имеет диаметр около 0,5 см (0,25 дюйма). Он годен практически для любого типа сети. Дальность передаваемого сигнала до 185 метров. Толстый кабель имеет диаметр около 1 см. Чем толще жила кабеля, тем меньше его сопротивление и сигнал передается на большее расстояние. Толстый кабель передает сигнал на расстояние до 500 м. Поэтому этот кабель используют в качестве основного (магистрального) кабеля, который соединяет несколько сетей, построенных на тонком коаксиальном кабеле.

Триаксиальный кабель, или для краткости **триакс**, (рис.2.12) отличается от коаксиального кабеля наличием дополнительного слоя изоляции и второго экранирующего слоя (проводника).

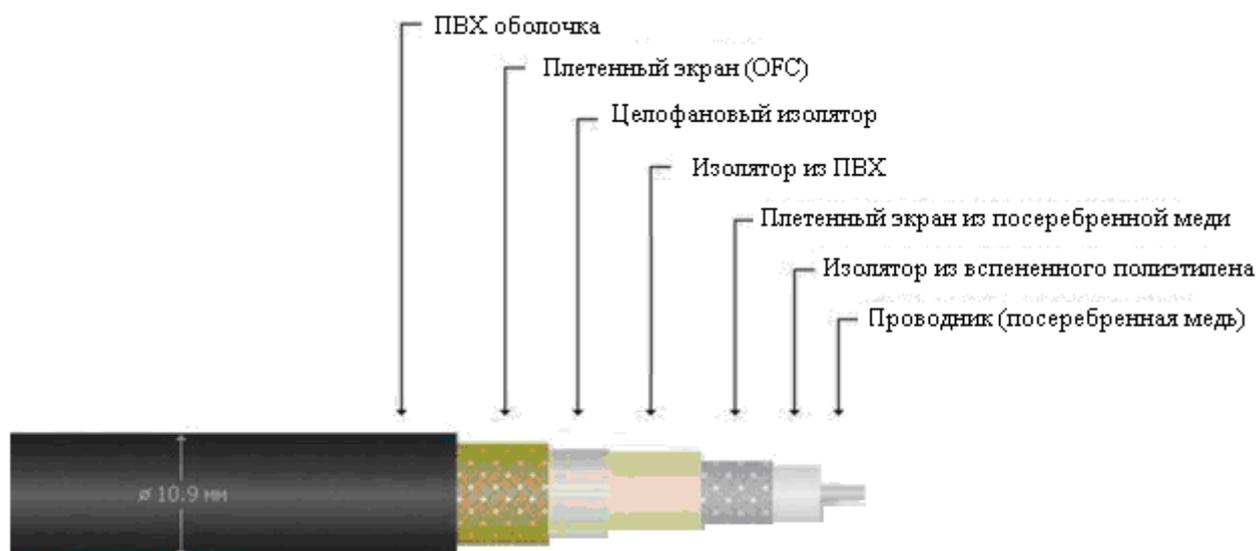


Рис. 2.12. Конструкция триаксиального кабеля

По сравнению с коаксиальным кабелем он обеспечивает более широкую полосу пропускания и повышенную помехоустойчивость, однако является более дорогим. Внешний проводник используется в качестве экранирующего заземления.

Скорость передачи таких кабелей до 100 Мбит/с, но они в 1,5...3 раза дороже кабелей с витыми жилами и имеют более сложное подключение к приемопередатчикам.

В соответствии со стандартами RS485 информация передается последовательно бит за битом асинхронным способом. Передаваемый байт данных ($b_0...b_7$) сопровождается стартовыми и стоповыми битами и битом паритета (рис. 2.13). Состоянию покоя соответствует 1.

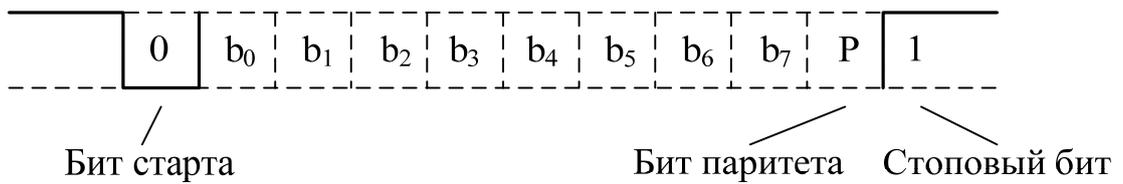


Рис. 2.13. Временная диаграмма передачи байта

Схема рис. 2.14 показывает подключение участников коммуникации к кабелю сегмента сети.

У каждого участка коммуникации есть формирователь G (электронная цепь или реле), посредством которого осуществляется передача цифровых сигналов в оконечную нагрузку (terminator) по соединительному кабелю, и электронная цепь R (потребитель) посредством которой осуществляется прием двоичных цифровых сигналов от формирователя по кабелю.

В технической документации оба проводника сети PROFIBUS обозначают как A -проводник и B -проводник.

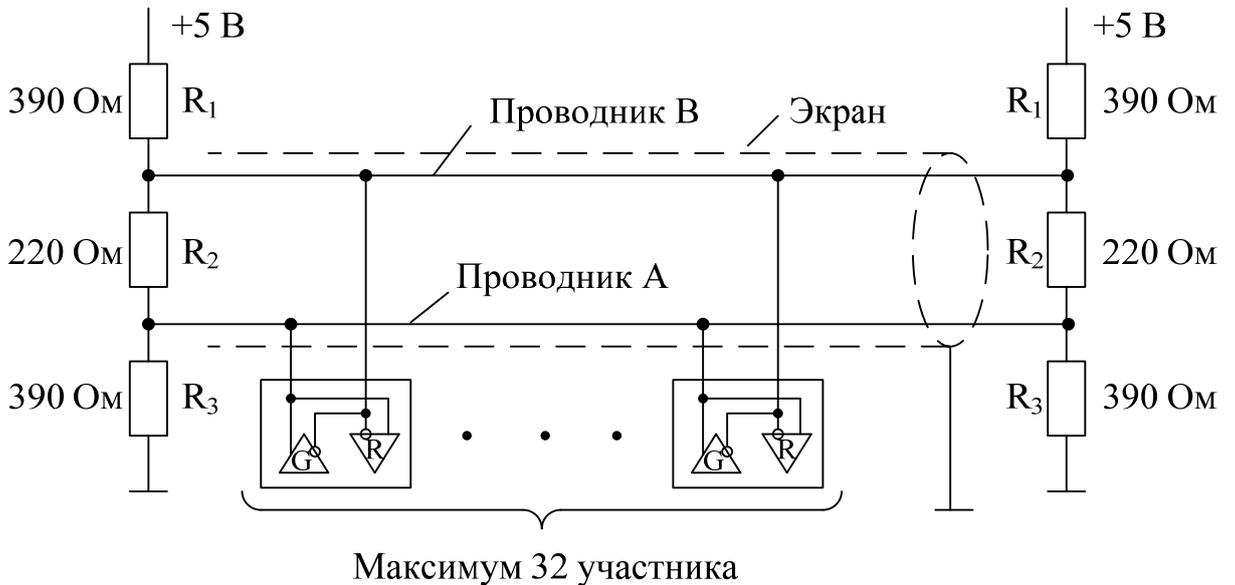


Рис. 2.14. Схема подключения участков коммуникации к сетевому кабелю

При воздействии формирователя G на оконечную нагрузку происходит изменение потенциалов проводников A и B как указано на рис. 2.15.

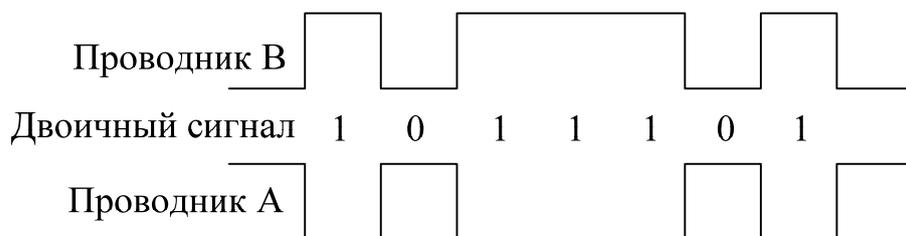


Рис. 2.15. Структура сигнала на проводниках кабеля

Такая передача называется передачей дифференциальными сигналами или передачей NRZ-кодом (Non Return to Zero – без возврата к нулю), в противовес RZ-коду (Return to Zero – код с возвращением к нулю). Особенность NRZ-кода очевидна из анализа рис. 2.16.

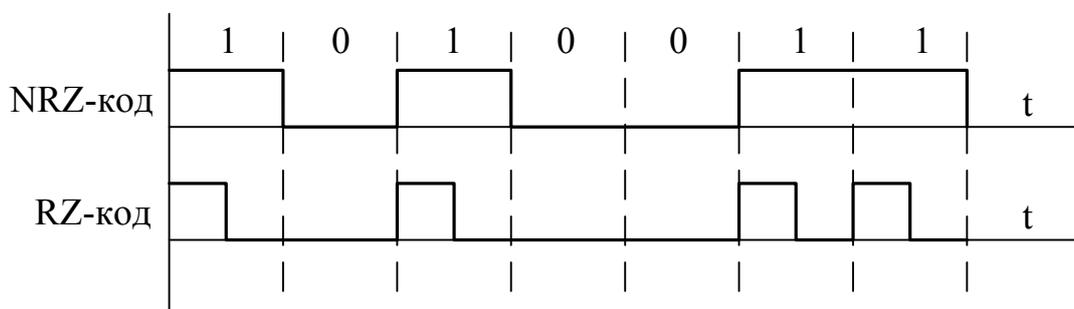


Рис. 2.16. Иллюстрация кодов NRZ и RZ

В качестве стандарта для подключения участников к шине в нормах PROFIBUS EN50170 рекомендуется 9-й штырьковый штекер (рис. 2.17).

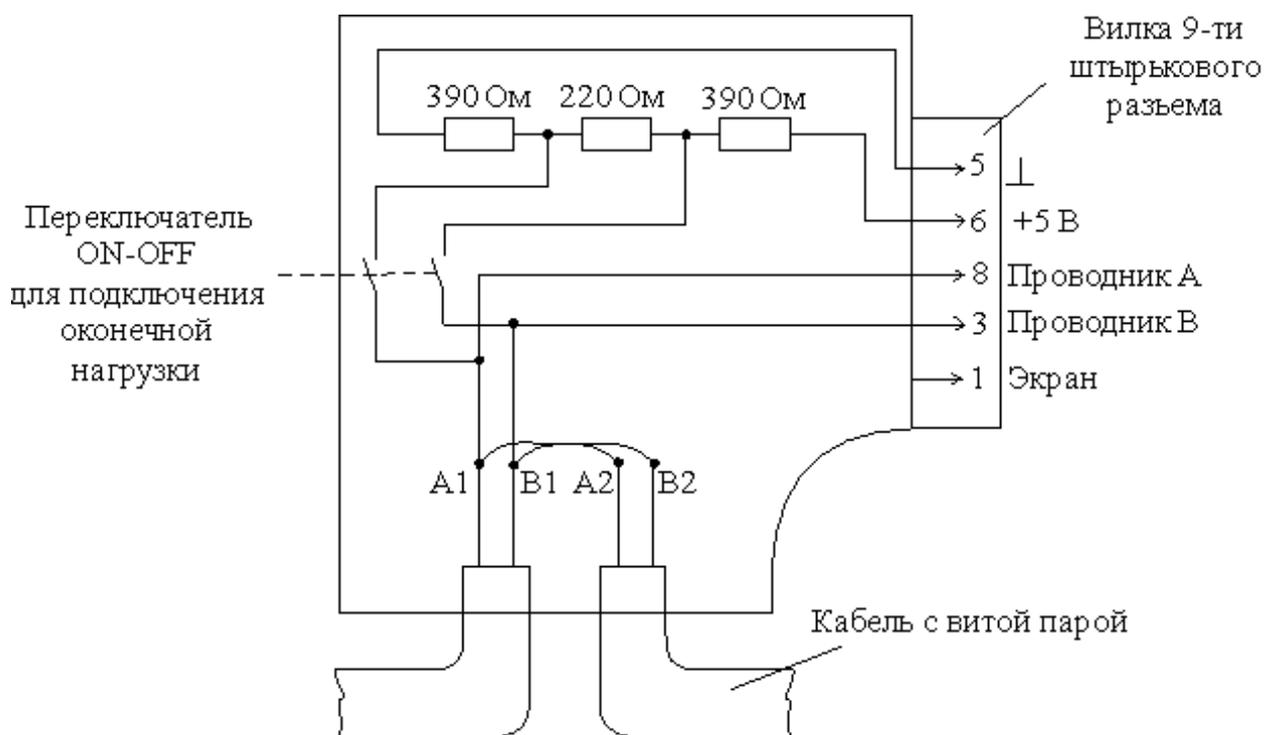


Рис. 2.17. Схема шинного штекера

Шинные провода сегмента сети с обеих сторон должны быть замкнуты на оконечные нагрузки (см. рис. 2.17). Резисторы для таких нагрузок имеются почти во всех стандартных разъемах PROFIBUS и могут подключаться с помощью переключателей ON-OFF на корпусе штекера.

2.2.3. Оптическая передача сигнала

Оптоволоконные (они же волоконно-оптические) кабели FO (Fiber Optic) в основном ориентированы на более высокие этажи иерархии управления.

Различают кабели:

- со стеклянными волокнами FOC кабели;
- волокна с полимерной оболочкой PCF FOC (Polymer Cladded Fiber) кабели;
- с пластиковыми волокнами POF (Plastic Optical Fiber).

В зависимости от используемого типа световода длина связи может быть до 15 км при стеклянных световодах, до 400 м при световоде с полимерной оболочкой и до 80 м при пластиковых световодах.

Структура оптоволоконного кабеля похожа на структуру коаксиального кабеля, только вместо центрального медного провода здесь используется тонкое стекловолокно, а вместо внутренней изоляции – стеклянная или пластиковая оболочка, не позволяющая свету выходить за пределы стекловолокна. В данном случае имеет место полное внутреннее отражение света от границы двух сред с разными коэффициентами преломления.

Когда луч света выходит (переходит) от одной среды в другую, он изменяет свое направление (рис. 2.18). Это явление называется преломлением.

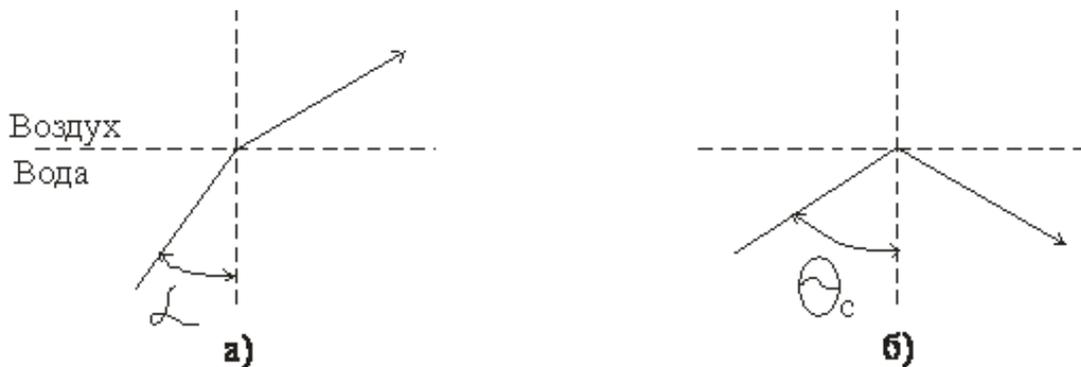


Рис. 2.18. Преломление луча света

Если угол α (рис. 2.18а) больше некоторого угла

$$\sin \Theta_c = \frac{1}{\mu}, \quad (3)$$

где μ – коэффициент преломления двух материалов, то происходит отражение луча (рис. 2.18б).

Все оптические волокна делятся на две основные группы: многомодовые и одномодовые. Понятие «мода» описывает режим распространения световых лучей во внутреннем сердечнике кабеля.

В многомодовых кабелях используют широкие внутренние сердечники, которые легче в изготовлении. В стандартах определены два наиболее употребительных многомодовых кабеля: 62,5/125 мкм и 50/125 мкм, где 62,5 мкм

или 50 мкм – диаметр центрального проводника, а 125 мкм – диаметр внешнего проводника.

Многомодовые волокна разделяются на ступенчатые и градиентные.

У многомодового волокна со ступенчатым профилем показателя преломления (рис. 2.19а) показатель преломления стекла сердцевинны одинаков по всему поперечному сечению и немного больше, чем показатель преломления оболочки.

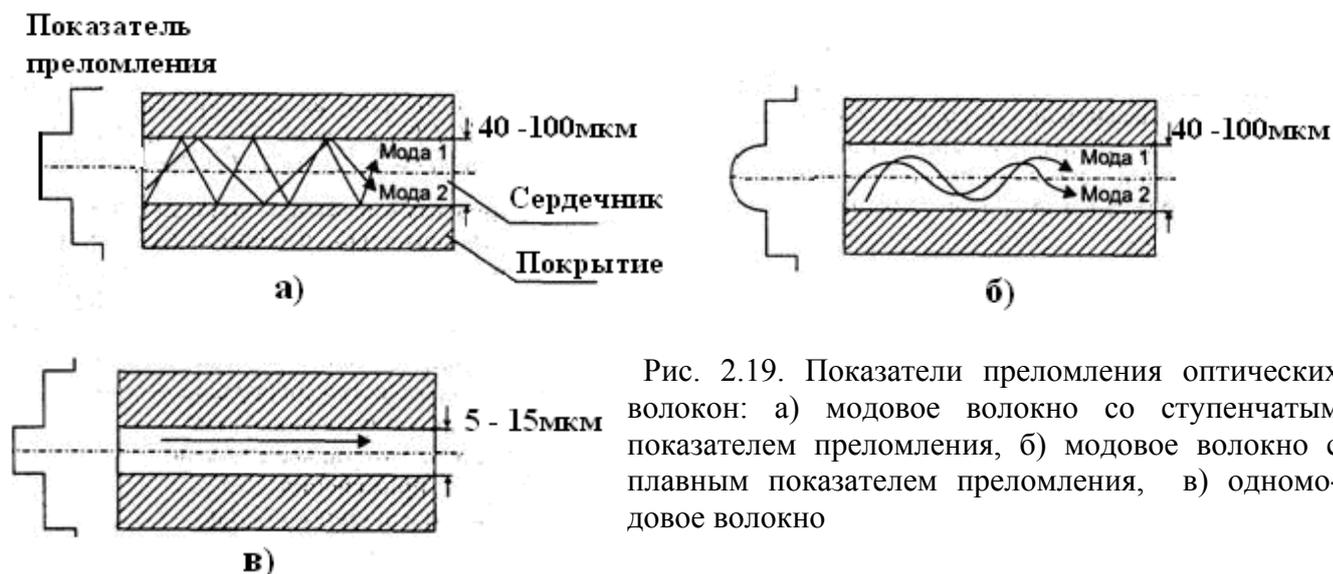


Рис. 2.19. Показатели преломления оптических волокон: а) модовое волокно со ступенчатым показателем преломления, б) модовое волокно с плавным показателем преломления, в) одномодовое волокно

Импульс света, распространяющийся в нем, состоит из многих составляющих (модов). Каждая из этих мод на входе волокна под своим углом входит в световод и направляется по нему, проходя с различными траекториями движения. Каждая мода проходит всю длину световода за разное время. Поэтому, если на входе подать короткий прямоугольный импульс, то на выходе получим «размытый» по времени импульс. Эти искажения называются модовой дисперсией.

Указанную дисперсию можно уменьшить, если показатель преломления стекла сердцевинны сделать плавно меняющимся параболически от максимальной величины у оси световода до величины показателя преломления на поверхности границы раздела с оболочкой. Световод с таким профилем называется градиентным волоконным световодом (рис. 2.19б).

В одномодовом кабеле используется центральный проводник очень малого диаметра (рис. 2.19в), соизмеримый с длиной волны света – от 5 до 10 мкм. При этом все лучи света распространяются вдоль оптической оси света, не отражаясь от внешнего сердечника. Изготовление такого кабеля представляет сложный технологический процесс, что делает его дорогим.

Для одномодовых кабелей применяют только лазерные диоды, так как при малом диаметре оптического волокна световой поток, создаваемый светодио-дом, невозможно без больших потерь направить в волокно. Поэтому более дешевые светодиодные излучатели используются только для многомодовых

кабелей. В перспективе одномодовый кабель должен стать основным, благодаря своим прекрасным характеристикам.

Кстати, затухание максимальное:

- при механических повреждениях;
- на соединениях на каждом конце кабеля;
- на изгибах.

Типичная линия связи может работать на расстоянии 1–2 км без повторителей.

Кабель обычно состоит из двух световодов внутри защитной оболочки. Например, на рис. 2.20 представлена конструкция волоконно-оптического кабеля INDOOR с плавным коэффициентом преломления с диаметром волокна 62,5 мкм и диаметром оболочки 125 мкм. Наружные размеры кабеля 6,3 x 9,8 мм. Допустимый радиус изгиба – 100 мм, допускаемое растягивающее усилие – 500 Н, скорость передачи от 9,6 кбит/с до 12 Мбит/с.

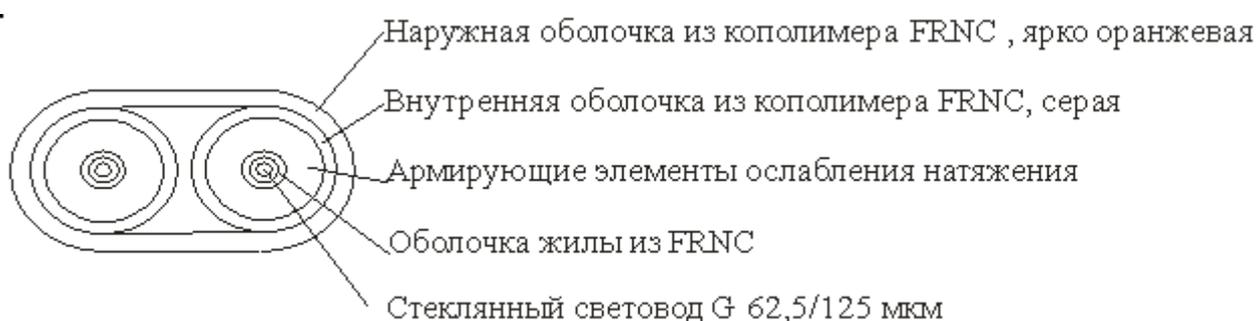


Рис. 2.20. Структура волоконно-оптического кабеля INDOOR

Представленный кабель предназначен для напольного монтажа (по нему можно ходить) для использования в закрытых помещениях, на участках, защищенных от влияния погодных условий.

Оптоволоконный кабель имеет следующие достоинства:

- высокое быстродействие до 1000 Мбит/с;
- 100% разделение потенциалов;
- нет влияния электромагнитных помех;
- не излучает помех;
- практически невозможно несанкционированное прослушивание, так как это требует нарушения целостности кабеля;
- не требует молниезащиты;
- огнестойкость;
- стоимость оптоволоконного кабеля постоянно снижается и сейчас примерно равна стоимости тонкого коаксиального кабеля.

Однако оптоволоконный кабель имеет и некоторые недостатки.

Самый главный из них – высокая стоимость монтажа. При установке разъемов необходима микронная точность. От точности скола (конца) волокна и степени его полировки сильно зависит затухание в разьеме. Для этого нужна высокая квалификация персонала и специальные инструменты. Поэтому оптоволоконный

кабель продается чаще всего в виде заранее нарезанных кусков разной длины, на обоих концах которых уже установлены разъемы нужного типа.

Оптоволоконный кабель менее прочен, чем электрический. При резких перепадах температуры стекловолокно может треснуть. При механических ударах и воздействии ультразвука возможен так называемый микрофонный эффект.

Недостатком также является передача «точка-точка» (End to end) с электрическим обновлением сигнала. Для этого необходимы электрооптические устройства (рис. 2.21).

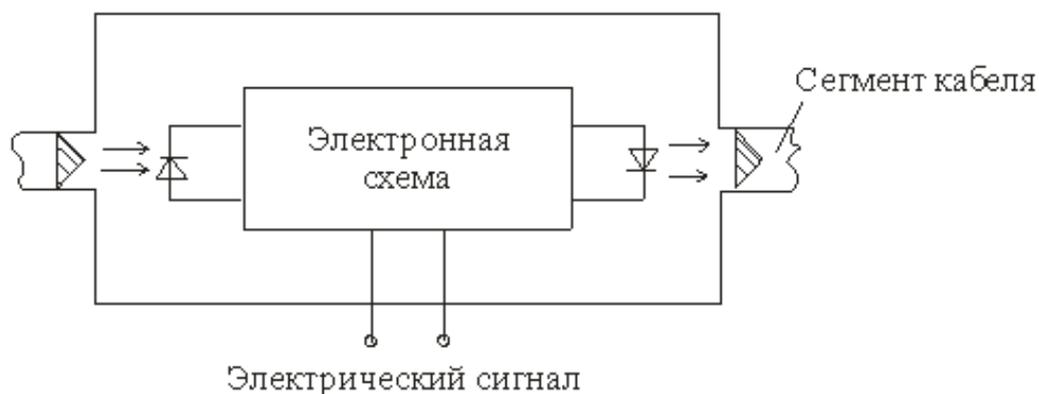


Рис. 2.21. Электрическое обновление светового сигнала

У каждого участка сети световой сигнал преобразуется в электрический, затем усиливается, преобразуется вновь в световой и поступает в следующий сегмент кабеля. Отводы сложны и дороги.

Для организации дуплексной передачи между двумя узлами сети требуется два волокна по одному для каждого направления передачи.

В большинстве волоконно-оптических линий связи используются источники света большой мощности. Никогда не следует заглядывать в кабель с одного конца, чтобы убедиться, не работает ли передатчик. Если хотите убедиться в целостности кабеля нужно отсоединить его с обоих концов и для испытаний использовать лампу накаливания малой мощности. Во многих случаях излучение источника для передачи данных лежит вне видимого диапазона и его нельзя воспринимать визуально. Но, тем не менее, это вредно для зрения.

В будущем этот тип кабеля, вероятно, вытеснит электрические кабели или, во всяком случае, сильно их потеснит. Запасы меди на планете истощаются, а сырья для производства стекла более чем достаточно.

2.2.4. Беспроводная передача сигнала

Для беспроводной передачи сигналов в сетях PROFIBUS используется инфракрасное излучение (подобно пульту дистанционного управления домашнего телевизора). Главное ее преимущество по сравнению с радиоканалом – нечувствительность к электромагнитным помехам, что позволяет применить ее в производственных условиях. Правда в данном случае требуется довольно высокая мощность передачи, чтобы не влияли никакие другие источники теплового

(инфракрасного) излучения. Плохо работает инфракрасная связь и в условиях сильной запыленности воздуха. Инфракрасные каналы требуют дорогих приемников и передатчиков, поэтому применяют инфракрасные каналы довольно редко.

В сетях PROFIBUS для инфракрасной передачи применяются модули ILM (Infrared Link Module), позволяющие произвести беспроводное подключение PROFIBUS слэймов на расстоянии до 15 м (рис. 2.22а).

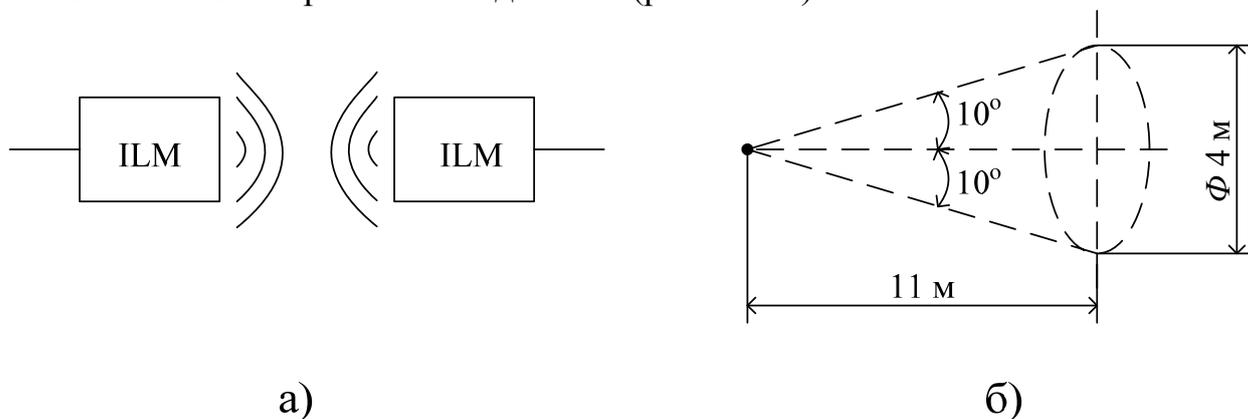


Рис. 2.22. Беспроводная передача в инфракрасном диапазоне

Возможны варианты обмена информацией по принципу «точка-точка», в которых связь осуществляется непосредственно от передатчика к приемнику, и по принципу «точка-многоточка», когда работают на сигналах, отраженных от стен, потолка и других препятствий. Однако в этом случае связь может осуществляться только в пределах одного помещения.

На рис. 2.22б показан конус распространения инфракрасного излучения от передатчика. На расстоянии 11 м от передатчика основание конуса составляет 4 м.

Преимущества беспроводной передачи:

- высокая мобильность подключенных компонентов производственного участка (например, тележек);
- отсутствие износа при подключении и отключении;
- электрическая развязка между узлами и проводной сетью.

Ограничения беспроводной передачи:

- требуется открытое пространство и желательно прямая видимость между узлами;
- скорость передачи до 1,5 Мбит/с;
- максимальное расстояние не превышает 15 м;
- в таких сетях может быть только одно ведущее звено;
- при использовании нескольких ILM передатчиков для защиты от интерференции должны выбираться соответствующие дистанции между передатчиками.

2.3. Управление доступом к шине PROFIBUS

Особенностью управления доступом к шине PROFIBUS является то, что при числе абонентов (узлов, участников) сети до 127 только один абонент может передавать информацию. Все остальные абоненты анализируют, для какого абонента адресована информация, и абонент с переданным адресом принимает передаваемую информацию.

С помощью PROFIBUS-DP могут быть реализованы системы Mono-master (с одним ведущим устройством) и Multi-master (с несколькими ведущими устройствами).

На рис. 2.23 представлена система Mono-Master.

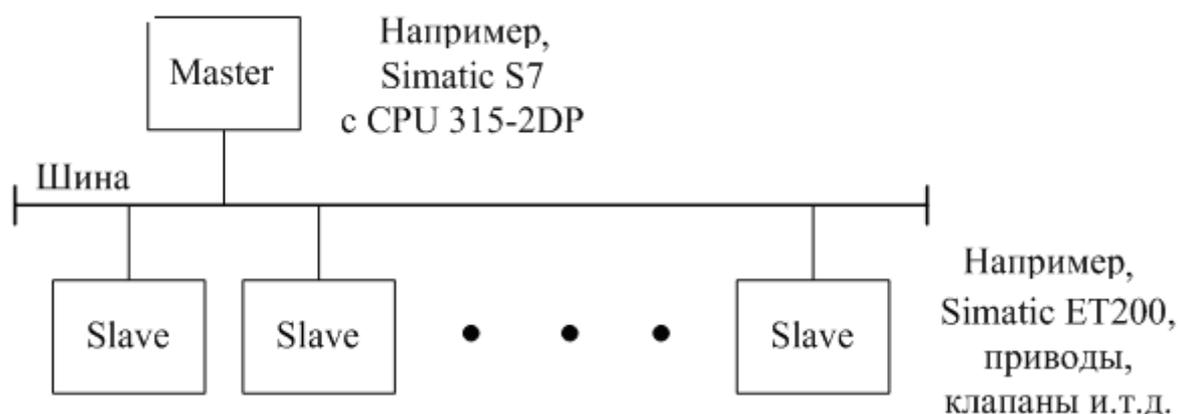


Рис. 2.23. Структура системы Mono-master

При системе Mono-master на шине активен только один Master. В этом режиме работы достигается наименьшее время цикла шины.

В Multi-master системе на одной шине находится несколько активных устройств (рис. 2.24).

В данном случае реализуется гибридный способ доступа к шине. С одной стороны обеспечивается децентрализованный обмен маркером Token'ом (по-английски означающего «опознавательный знак», т.е. особое сообщение) между активными участниками (Master'ами) и централизованного обмена Master-Slave. Каждому PROFIBUS-участнику назначается однозначный адрес из области от 0 до 126. Метод доступа к шине PROFIBUS не зависит от используемой среды передачи, например, медь или оптоволокно.

Активные участники упорядочены по возрастанию их адресов в логическое маркерное кольцо (Token Ring). В этом кольце маркер всегда передается от одного участника к следующему. Маркер, а вместе с ним и право на доступ к шине, передается через специальную маркер-телеграмму между активными участниками.

Время одного обращения маркера через всех активных участников называется временем обращения маркера.

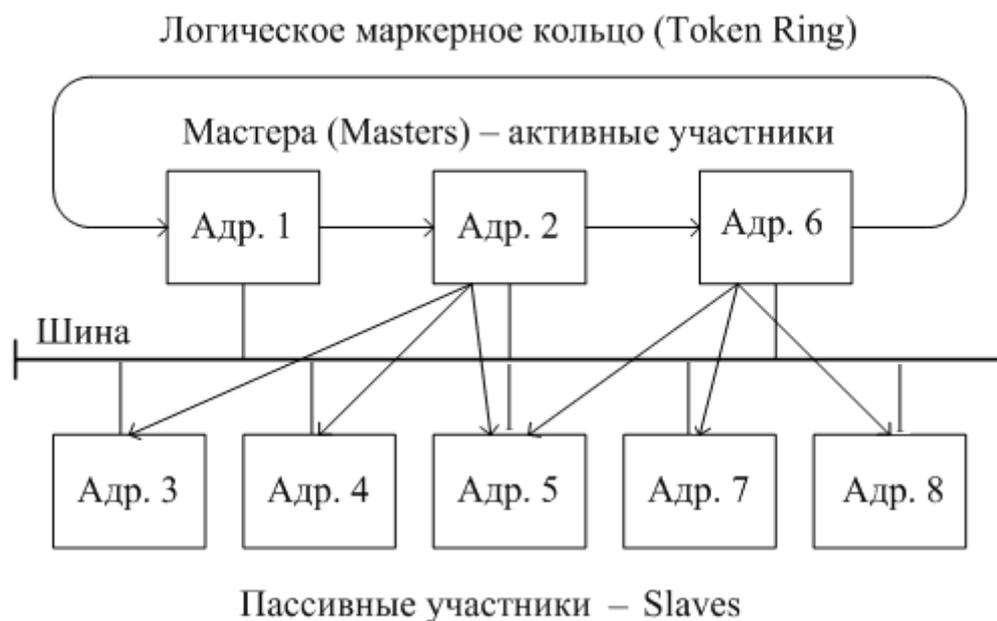


Рис. 2.24. Структура системы Multi-master

Адреса всех активных участников заносятся в список активных станций LAS (List of Active Station). Каждому Master'у определены адрес предыдущей станции PS (Previous Station), от которой маркер приходит, и следующей станции NS (Next Station), которой маркер передается. LAS необходим для исключения из кольца вышедших из строя Master'ов и приема вновь появившихся участников. DP Master'а делятся на два класса. Master'а 1-го класса, это те Master'а, которые обмениваются сообщениями со своими Slave'ами в своем цикле связи. Master'а же 2-го класса – это устройства разработки, программирующие и диагностирующие устройства. Они подключены к шине и могут читать данные при обмене информацией между Master'ом и Slave'ом.

Способ Master-Slave дает возможность ведущему устройству, которое имеет право передачи, обратиться к закрепленным за ним ведомым устройством. При этом ведущее устройство может передавать ведомым устройствам сообщения или получать сообщения от пассивных устройств.

2.4. Топология сетей PROFIBUS

2.4.1. Топология сетей с техникой передачи RS485

Технологически система PROFIBUS с техникой передачи RS485 состоит из нагружаемой с двух сторон шины, которая, как упоминалось выше, обозначается как сегмент шины RS485. К шинному сегменту можно подключить 32 участника.

Если к системе PROFIBUS нужно подключить более 32 участников, то следует использовать повторители (Repeater – репитер). Они реализуются как восстановители сигнала. Число повторителей (RS485-репитеров) может достигать девяти. Только благодаря применению повторителей может быть достигнуто максимально возможное число участников в конфигурации PROFIBUS.

На рис. 2.25 представлена топология сети PROFIBUS с тремя сегментами и двумя повторителями. Схема включает программируемые контроллеры S7-300, S7-400, программатор PG и панель оператора OP.

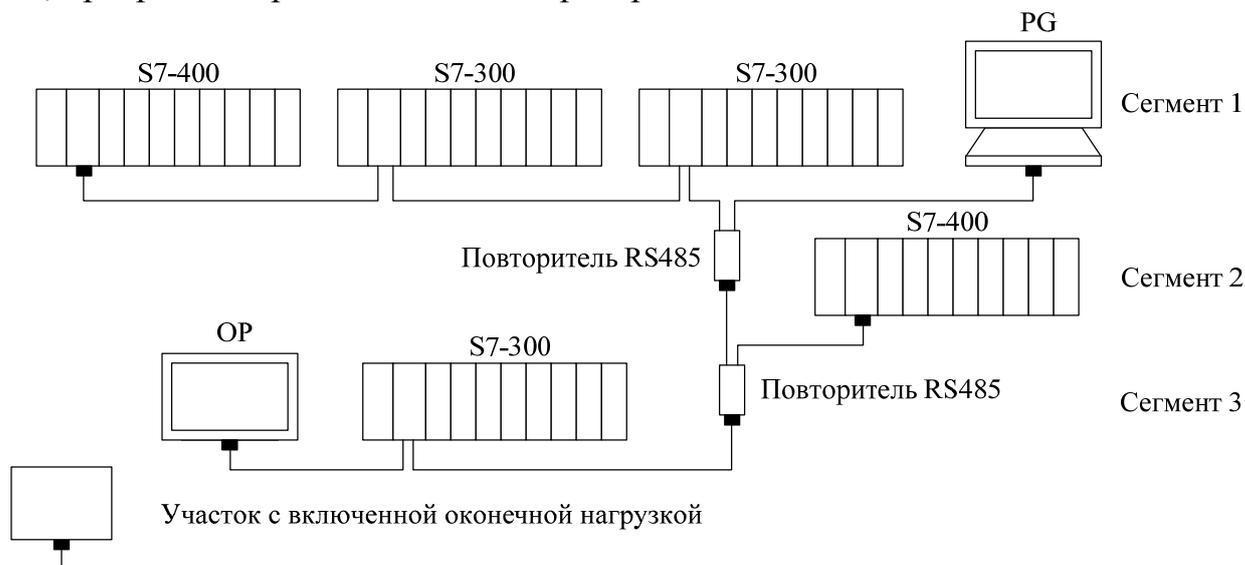


Рис. 2.25. Топология сети с использованием техники передачи RS485

На обоих концах каждого сегмента включается согласующая оконечная нагрузка (терминатор).

Оконечная нагрузка встроена в шинные штекеры (см. рис. 2.17) и шинные терминалы, которая при необходимости может быть включена предусмотренными переключателями, а также встроена в повторители RS485 и в модули ILM.

2.4.2. Топология с использованием встроенных оптических интерфейсов

Оптические сети PROFIBUS используются, прежде всего, в следующих случаях:

- а) при необходимости передачи информации на большие расстояния;
- б) при необходимости высокой скорости передачи;
- в) при наличии большого уровня внешних помех.

Оптический интерфейс (FO) имеют программируемые контроллеры Simatic S7-400 и станции ET 200M. Для связи с сегментами, в которых используется технология передачи RS485, имеются оптический шинный терминал OBT (Optical Bus Terminal) и модуль оптической связи OLM (Optic Link Module).

С помощью OBT можно подключить отдельный узел сети, не имеющий FO-порт, или сегмент RS485. В модулях OLM имеется потенциально несвязанный электрический канал и, в зависимости от исполнения, один или два оптических канала. Модули OLM могут использоваться при скоростях передачи от 9,6 Кбит/с до 12 Мбит/с. Скорость передачи определяется автоматически.

На рис. 2.26 приведен пример шинной топологии с использованием модулей ОВТ и ОЛМ. Следует обратить внимание, что ОЛМ из-за разных технических характеристик нельзя подключать непосредственно к встроенному оптическому интерфейсу, а также и к ОВТ.

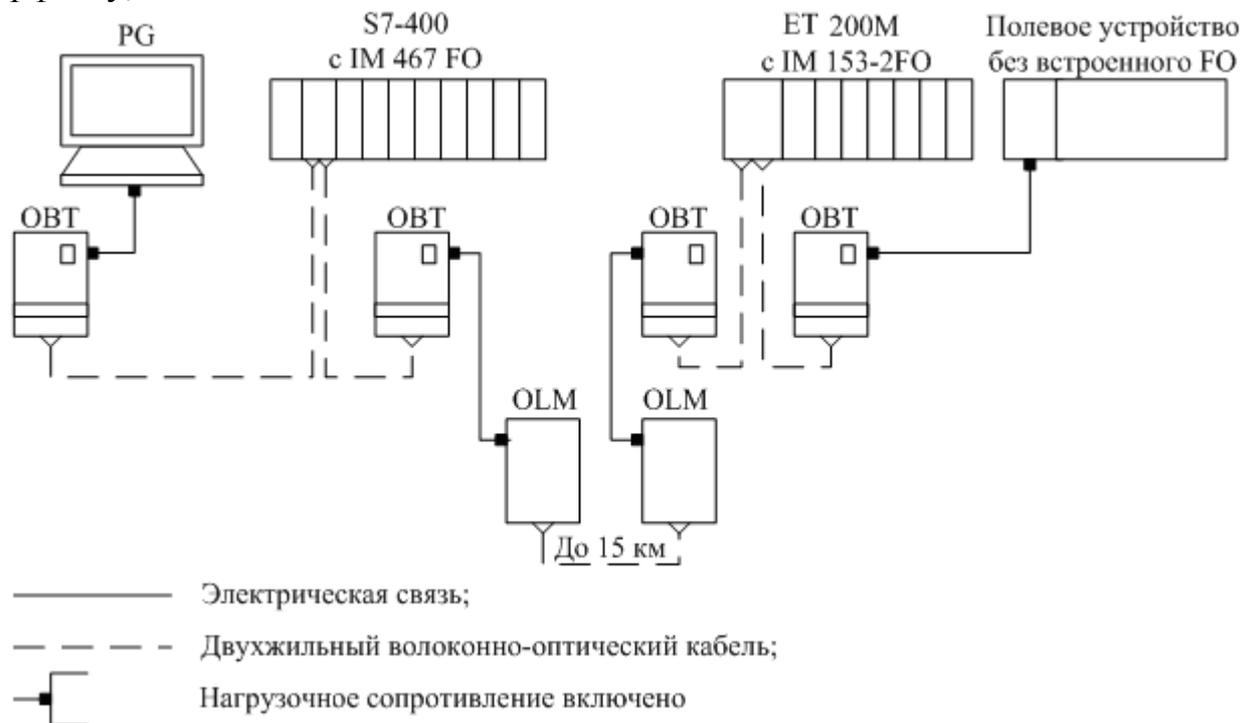


Рис. 2.26. Сеть PROFIBUS-DP с узлами со встроенными FO-интерфейсами

Оптические порты модулей ОЛМ оптимизированы для работы на большие расстояния. Поэтому их рекомендуется использовать при расстояниях между узлами более 300 м и при использовании только стеклянных кабелей.

2.4.3. Топология построения беспроводных сетей

Как указывалось выше, в семействе сетей PROFIBUS беспроводные сети реализуются с использованием модуля инфракрасной связи ИЛМ.

Для реализации канала точка-точка два модуля ИЛМ размещаются напротив друг друга. Максимальное расстояние между модулями не может превышать 15 м. Два модуля PROFIBUS ИЛМ замещают кабельное соединение между двумя сетевыми сегментами. Но в данном сегменте сети допускается включать только ведомые устройства.

При реализации канала точка-многоточка необходимо, чтобы несколько модулей ИЛМ находились в пределах передаваемого инфракрасного луча (рис. 2.27). Возможно использование отражателя инфракрасного луча. При использовании такого варианта следует помнить о том, что длина канала складывается из расстояния от ИЛМ до отражателя и от отражателя до второго

ILM. Ослабление сигнала также происходит из-за того, что отражатель может отражать только часть инфракрасного сигнала. Эти потери приводят к снижению максимальной длины канала.

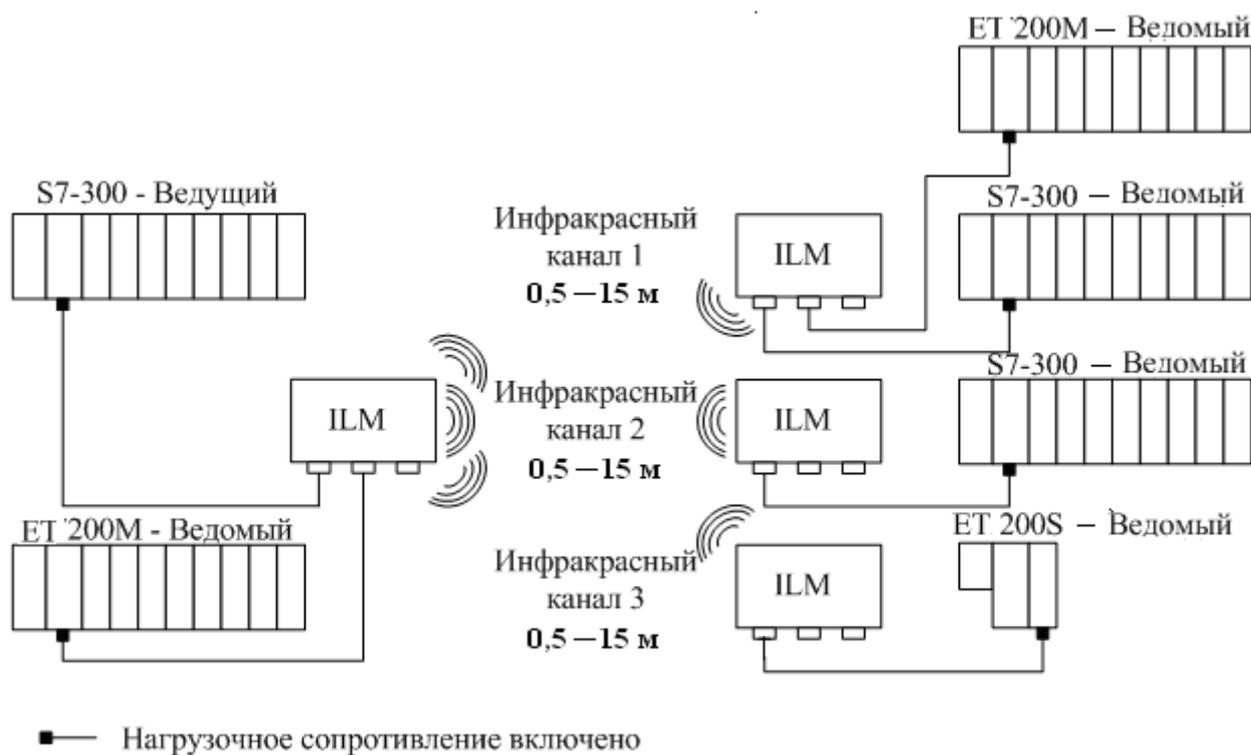


Рис. 2.27. Сеть с использованием инфракрасных каналов

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ PROFIBUS-DP

3.1. Варианты конфигурации сетей PROFIBUS-DP

Ниже рассматриваются варианты конфигурации сетей PROFIBUS-DP, создаваемых в Step 7.

На рис. 3.1 представлена конфигурация сети с простыми ведомыми DP. Под простыми ведомыми DP понимаются периферийные устройства (Slave) типа ET 200, имеющие модули ввода-вывода. В свою очередь, простые Slave'ы делятся на модульные и компактные. К модульным относятся, например, устройства ET 200M, состоящие из интерфейсного модуля IM153-2F0, который связан с Master'ом и подключаемых к IM153-2F0 до 8 модулей контроллеров S7-300. К компактным Slave'ам относятся устройства типа ET 200B, ET 200iS, ET 200L, которые состоят из клеммного блока и электронного блока для небольшого количества входов и выходов.

Роль ведущего DP исполняют программируемые логические контроллеры, например, с процессорными модулями CPU 31x-2DP, CPU 31xC-2DP или со специальными коммутационными процессорными модулями CP

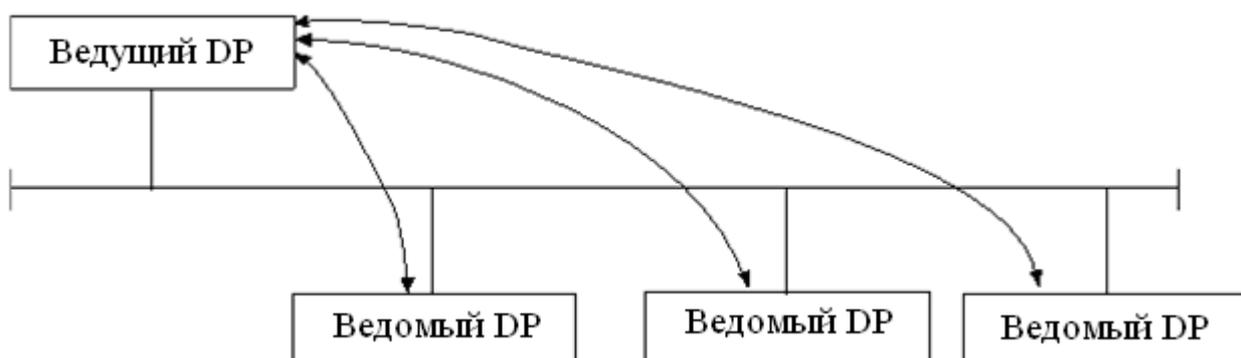


Рис. 3.1. Конфигурация сети с простыми ведомыми DP

В представленной конфигурации обмен данными между ведущим DP (Master DP) и ведомым DP (Slave DP) происходит под управлением ведущего DP. Ведущий DP один за другим опрашивает ведомые DP, которые представлены в конфигурационной таблице при программировании сети, принимая входные данные или передавая выходные данные ведомым DP. Адреса входов и выходов назначаются автоматически при конфигурировании системы.

Эта конфигурация, как уже указывалось ранее, носит название мономастер – системы, так как к одной физической сети подключен один мастер со своей системой ведомых DP.

На рис. 3.2 представлена конфигурация сети, отличающаяся от сети рис. 3.1 наличием интеллектуального ведомого устройства (I-Slave). Примерами интеллектуальных ведомых DP являются станции с CPU 315-2DP, CPU 316-2DP, CPU 318-2DP.

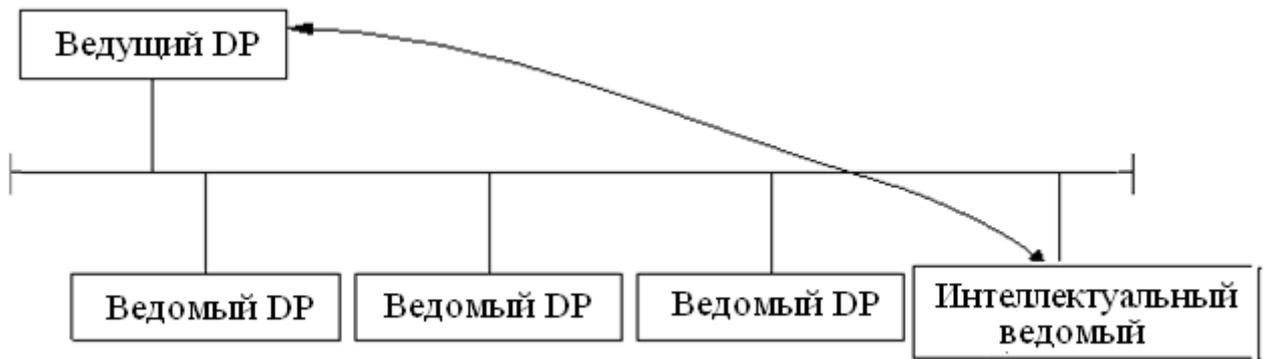


Рис. 3.2. Конфигурация сети с интеллектуальным ведомым DP

Под интеллектуальным Slave'ом понимается программируемый контроллер, например, SIMATIC S7-300 с CPU 315-2DP, который может быть таким же, как программируемый контроллер, исполняющий роль Master'а. Он может содержать одну или несколько стоек с модулями ввода-вывода как дискретных, так и аналоговых сигналов. Он управляет своим объектом автоматизации, но может по сети связываться с Master'ом, передавая ему какие-то свои данные и принимая от него необходимые для себя данные.

Например, I-Slave управляет своим объектом автоматизации, но режим работы этого объекта "Ручной" или "Автоматический" задаётся Master'ом. Master'у же от I-Slave требуется информация о возникновении на объекте, управляемом I-Slave'ом, например, аварийной ситуации или состоянии (движения/остановки) какого-то узла объекта.

Master'у не назначаются входные и выходные модули на интеллектуальном ведомом DP. Это делается так. I-Slave устройство выделяет промежуточную память для обмена с Master'ом (рис. 3.3).

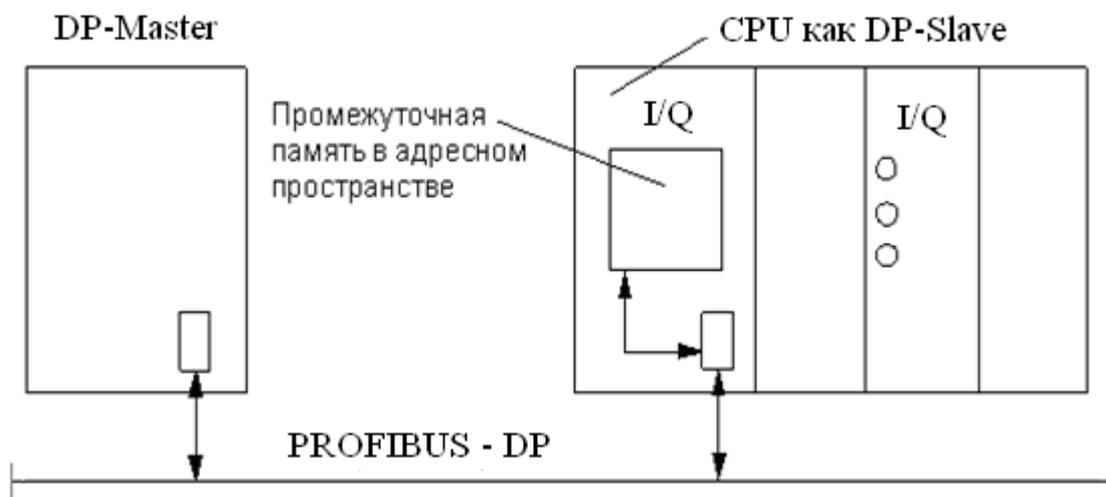


Рис. 3.3. Промежуточная память в CPU контроллера, используемого как I-Slave.

В Step 7 можно запроектировать до 32 адресных областей входов и выходов. Каждая из этих областей может иметь длину до 32 байт. Всего можно запроектировать 244 байта входов и 244 байта выходов. Все эти адресные назначения производятся при программировании сети на этапе конфигурирования I-Slave'a.

При работе с промежуточной памятью следует придерживаться следующих правил:

- входные данные I-Slave'a **всегда** являются выходными данными Master'a;
- выходные данные I-Slave'a **всегда** являются входными данными Master'a;
- к данным в программе пользователя можно обращаться с помощью команд загрузки и передачи MOVE или с помощью функций SFC14 и SFC15;
- младший адрес отдельных адресных областей является начальным адресом соответствующей области адресов;
- длина, единица измерения и согласованность соответствующих адресных областей Master'a и Slave'a должна быть одинакова.

Возможна конфигурация сети (рис. 3.4), отличающаяся от конфигурации сети рис. 3.2 тем, что в этой конфигурации **входные** данные из ведомых DP могут быть очень быстро переданы интеллектуальным ведомым DP. Этим способом простые ведомые DP или другие интеллектуальные ведомые DP могут, в принципе, обеспечить прямую передачу DX (direct data exchange) отдельных **входных** данных между ведомыми DP.

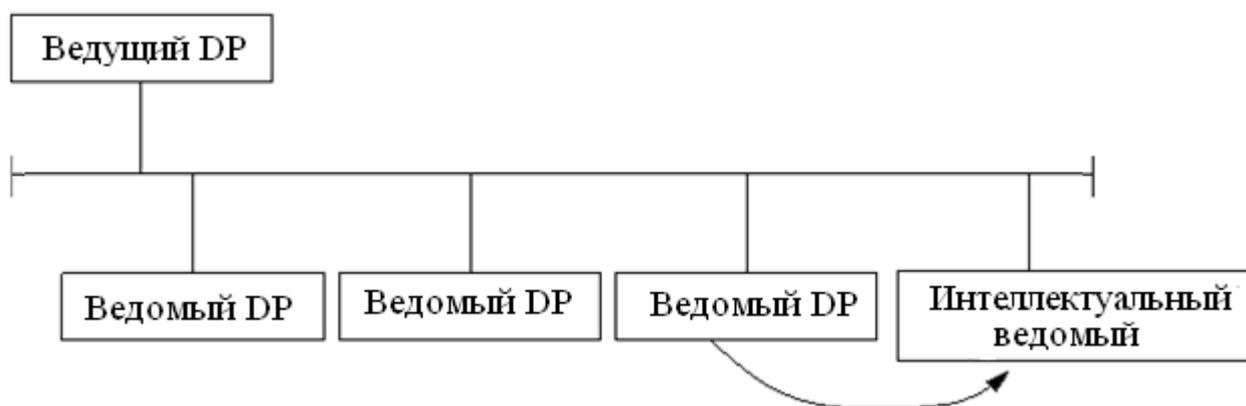


Рис. 3.4. Конфигурация с прямым обменом данными: Slave > I-Slave

На рис. 3.5 представлена конфигурация с двумя мастер-системами.

Представленную систему можно назвать мультимастерной системой. Этим способом интеллектуальные ведомые DP, такие как CPU 315-2DP, предусматривают прямую передачу в свою область **входных** данных из ведомого DP, даже из других мастер-систем.

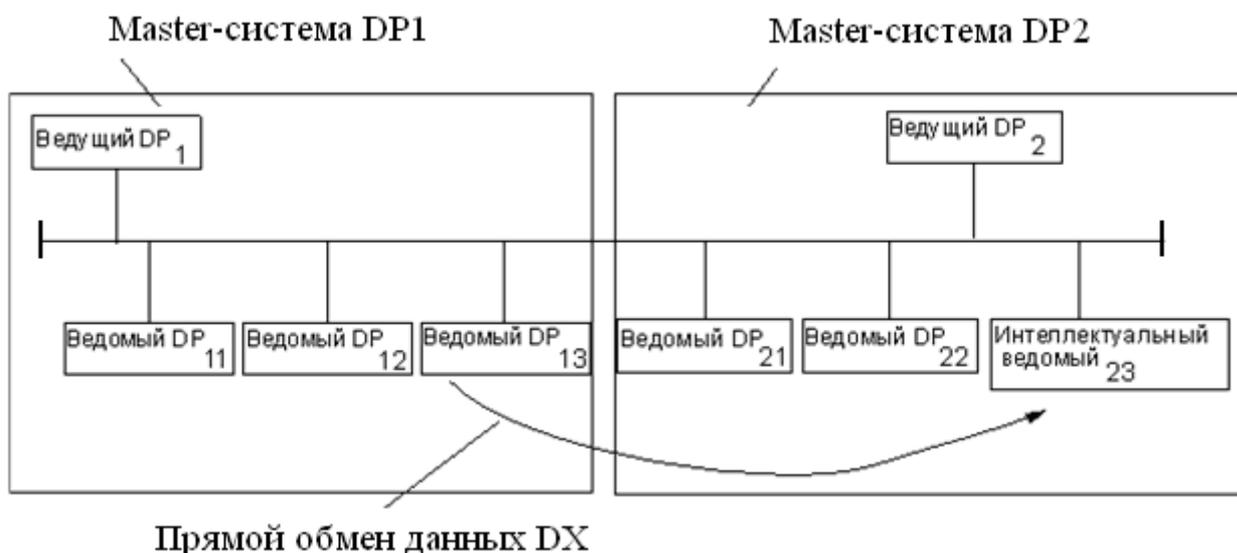


Рис. 3.5. Конфигурация с двумя мастер-системами

Возможна конфигурация сети рис. 3.6 с прямой передачей входных данных из интеллектуального или простого ведомого DP непосредственно в ведущее DP другой мастер-системы. Этот “механизм” называется “общий вход”, так как входные данные используются за границами мастер-систем DP.

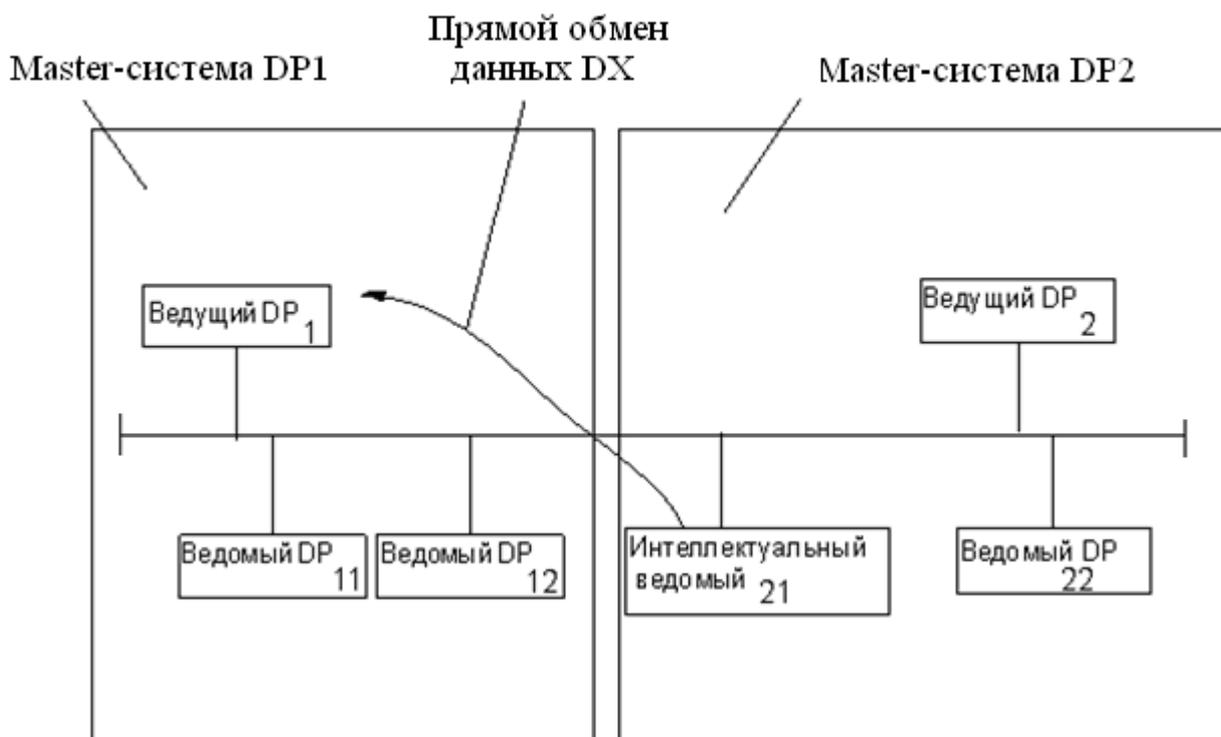


Рис. 3.6. Конфигурация с двумя мастер-системами с прямым обменом данных I-Slave > Master

3.2. Пример проектирования сети PROFIBUS-DP

3.2.1 Фирма Siemens представляет пользователю, может быть даже слишком обширную информацию, по построению сетей PROFIBUS. Однако, как показывает опыт преподавания, полезно основные этапы проектирования и программирования сетей рассмотреть на небольшом примере разработки реальной сети. Полученный на этом примере опыт позволит сэкономить время при переходе к разработке более сложных сетей.

Данный раздел рассчитан на читателя знакомого с принципом конфигурирования и программирования программируемых контроллеров SIMATIC. В представленном ниже примере при программировании используется язык лестничных диаграмм (LAD – в английской аббревиатуре или KOP – в немецкой). Предполагается, что читатель имеет опыт программирования на этом языке.

3.2.2. В качестве примера сети используется сеть лабораторной установки, используемой при изучении сетей PROFIBUS-DP студентами кафедры “Электропривод и автоматизации промышленных установок” ЮУрГУ. Это моно-мастерная система с одним простым модулем Slave’ом и одним интеллектуальным Slave’ом. Такая конфигурация соответствует конфигурации, представленной на рис. 3.2.

3.2.3. Состав лабораторной установки представлен на рис. 3.7.

Питание всех устройств сети обеспечивается фирменным источником питания PS307 на ток 5 А (заказной номер 307-1EA00-0AAO).

Роль Master’а выполняет модуль “Контроллер SIMATIC S7-300 (Master S7-300)”, включающий в себя CPU 315-2DP (заказной номер 315-2G10-0ABO), модуль дискретного ввода/вывода SM323 DI8/DO8xDC24V (заказной номер 323-1BH01-0AAO) и модуль дискретного вывода SM322 D08xDC24/2A (заказной номер 322-1BF01-0AAO).

Простой модульный Slave представлен модулем “Децентрализованная периферия ET 200M (Slave ET 200M)”, включающий в себя интерфейсный модуль IM153-2FO (заказной номер 153-2BBOO-0XBO) и модуль ввода/вывода SM323 DI16/DO16xDC24V (заказной номер 323-1BL00-0AAO).

Интеллектуальный ведомый I-Slave представлен модулем “Контроллер SIMATIC S7-300 (Slave S7-300)”, включающий в себя CPU 315-2DP (заказной номер 315-2G10-0ABO), модуль дискретного ввода DI16xDC24V (заказной номер 321-1BH50-0AAO) и модуль дискретного вывода SM322 DO16xDC24V/0,5 А (заказной номер 322-1BH10-0AAO).

Для тестирования созданной сети используется модуль “Блок имитационных сигналов”. Он служит для имитации управляющих команд, сигналов с датчиков (кнопки и тумблеры) и индикации выходных сигналов (светодиоды). Он разделен на три части. В каждой части располагаются наборы кнопок, тумблеров и светодиодов соответственно для Master’а S7-300, Slave’а S7-300 и Slave’а ET 200M.

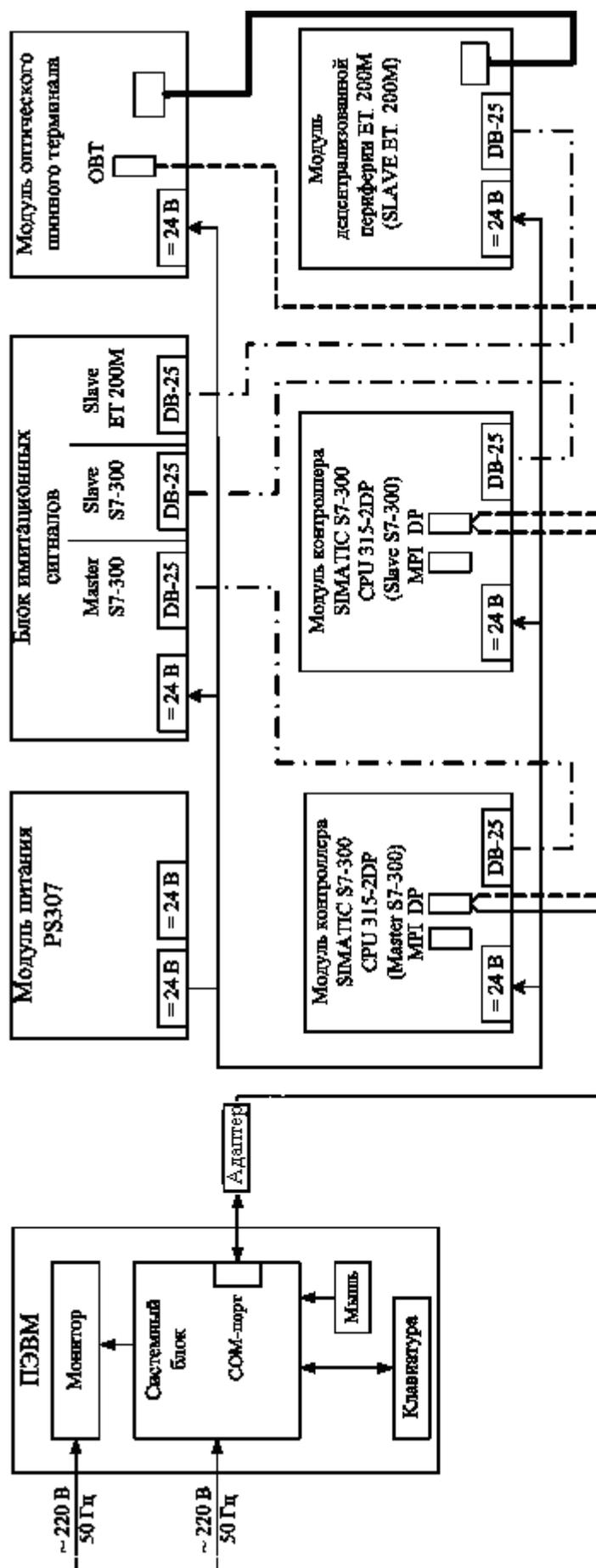


Рис. 3.7. Структурная схема лабораторной установки

Для полноты представления сети в лабораторной установке используются как проводные кабели типа витой пары интерфейса RS485, так и пластиково-оптический кабель. Оптический шинный терминал ОВТ обеспечивает переход от проводного к пластиково-оптическому кабелю.

На схеме рис. 3.7 показано:

- сплошными линиями – кабели низковольтного питания постоянным напряжением;
- штриховыми линиями кабели проводные (витая пара) сети PROFIBUS-DP;
- сплошной толстой линией – пластиково-оптический кабель;
- штрихпунктирной линией – связь программируемых контроллеров и ET200M с блоком имитационных сигналов.

Программирование программируемых контроллеров и сети осуществляется ПЭВМ типа IBM (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) по сети через разъемы DP процессорных модулей CPU, поэтому адаптер связи с компьютером подключен непосредственно к сети.

5.2.4. Для конфигурирования и программирования используется стандартное программное обеспечение STEP7.

Работа с программным проектом осуществляется в менеджере проектов – “SIMATIC Manager”. Для запуска “SIMATIC Manager” необходимо на рабочем столе Windows дважды щелкнуть курсором мыши по ярлычку:



– откроется окно “SIMATIC Manager” (рис. 3.8).

!!! Вам будет предложено воспользоваться мастером по созданию проекта одной системы (упрощенный вариант). Необходимо отказаться от предложения, нажав “Cancel” (отменить).



Рис. 3.8. Окно SIMATIC Manager

Для создания нового проекта необходимо в главном меню выбрать “File” [Файл] “New...”. Задайте имя проекта и покиньте окно. Откроется окно нового проекта.

Далее необходимо создать объекты: выделив проект в правой части окна и открыв контекстное меню с помощью правой клавиши мыши, выбрать “Insert new object” [Вставить новый объект]. Вставляем в проект станцию “SIMATIC 300 Station”. Вновь вставленный объект появится в правой половине. Здесь, так же как у всех других объектов, можно присвоить специфическое имя объекту. Присваиваем, например, имя “Master S7-300”. Вставляем еще одну станцию “SIMATIC 300 Station” и сеть “PROFIBUS”, даем имена “Slave S7-300” и “Profibus (1)” соответственно.

Конфигурирование аппаратной части “Master`a S7-300” производится при нажатии на надпись “Master S7-300” в левой части окна. В правой части окна появится значок:

 Hardware – [Оборудование]. Щелкните по нему, появится окно конфигурирования оборудования – “HW Config”.

В правой части окна располагается окно “Hardware Catalog” [Каталог аппаратуры]. Добавление модулей производится из этого каталога, содержащий список компонентов оборудования SIMATIC.

В каталоге выберите для вашей структуры в папке SIMATIC 300/RACK-300 центральную стойку “Rail” [Профильную шину].

Отбуксируйте стойку, используя Drag&Drop, в окно станции. Стойка появляется в виде небольшой конфигурационной таблицы в верхней части окна станции. В нижней части окна станции появляется подробное представление стойки с дополнительными данными.

В качестве альтернативы можно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на выбранном модуле, и он появится в конфигурационной таблице.

Основное поле (рис. 3.9) содержит сведения о CPU и модулях системы:

1) Slot – позиция модуля в системе (3-я позиция используется только под интерфейсный модуль);

2) Module – тип модуля или CPU;

3) Order number – заказной номер модуля или CPU;

4) I address – возможные адреса модуля ввода или CPU;

5) Q address – возможные адреса модуля вывода или CPU;

6) Comment – строка для занесения комментариев.

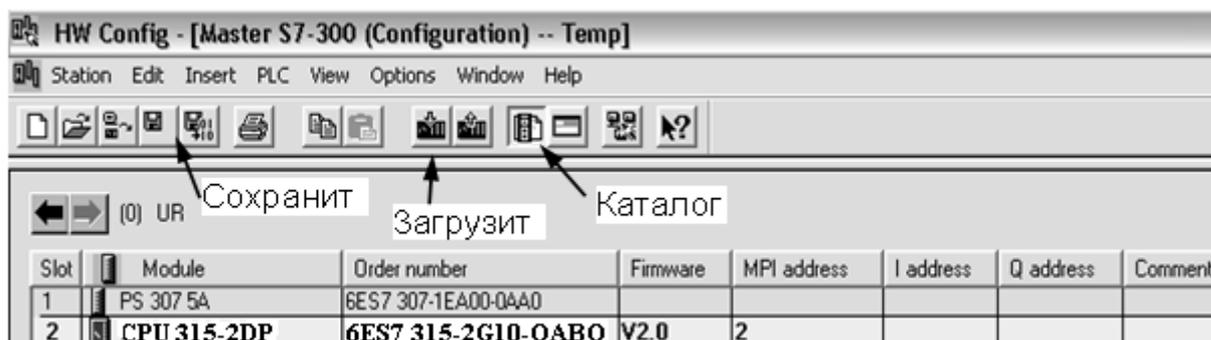


Рис. 3.9. Окно «HW Config»

На стойку (рис. 3.9) устанавливается блок питания PS (при необходимости) и модули (например, CPU) из окна “Hardware Catalog”. Слоты, в которые можно установить тот или иной модуль выделяются цветом. Отбуксируйте модули, используя Drag&Drop или двойным щелчком левой кнопкой мыши, в соответствующие строки (конфигурационной таблицы).

Когда левой кнопкой мыши выделяете модуль в каталоге, в нижней части каталога появляется заказной номер модуля, который нанесен на корпусе модуля. Необходимо быть внимательным, чтобы заказной номер модуля,

устанавливаемого в конфигурационную таблицу, соответствовал модулю, установленному реально на стенде.

STEP 7 проверяет, не нарушены ли правила для слотов, например CPU S7-300 может быть установлен только в слоте 2.

 - Символ нарушения правил для слотов.

!!! В качестве альтернативы Вы можете также выделить соответствующую строку или несколько строк в конфигурационной таблице и дважды щелкнуть в окне каталога аппаратуры “Hardware Catalog” на желаемом модуле. Если выделено несколько строк, то все выделенные строки будут оснащены этим модулем сразу.

!!! Если выделить слот в стойке модулей, можно увидеть список всех возможных для установки модулей, открыв контекстно-зависимое меню (правой кнопкой мыши) “Insert Object” [Вставить объект] или “Replace Object” [Заменить объект]. Эта возможность избавляет Вас от необходимости поиска нужного модуля в каталоге аппаратуры. Вы выбираете нужный модуль из всех модулей, которые имеются в текущем открытом профиле каталога.

!!! Помните, что модули в слотах следует располагать в той же последовательности, в какой они расположены физически и с теми заказными номерами, которые указаны на них.

При установке CPU Master'a следует выбрать подключение к сети “Profibus (1)”. Для этого в появившемся окне “Properties – PROFIBUS interface DP (RO/S2.1)” выделите строку “Profibus (1)” и нажмите ОК. В верхнем окне появится изображение шины (в просторечии “вешалка” или «якорь»), к которой будут подключаться компоненты сети.

При установке в конфигурационную таблицу модулей ввода/вывода STEP7 автоматически присваивает им адреса. Эти адреса необходимо учитывать в подготовленных программах по управлению объектом автоматизации.

Затем устанавливается на шину Profibus (1) Slave ET 200M. Для этого в разделе PROFIBUS-DP каталога аппаратуры найдите раздел ET 200M и из него методом Drag&Drop перетащите на изображение шины сам коммуникационный процессор  IM 153-2 FD и затем установите на него DI/DO-300 “SM323” (блок ввода-вывода дискретных сигналов).

Для проверки правильности проведенного конфигурирования необходимо в меню “Station” [Станция] выбрать и активизировать позицию “Consistency Check” [Проверить согласованность]. Появляется соответствующее сообщение об отсутствии или наличии ошибок, и каких.

Покидание окна конфигурирования производится после сохранения данной станции “Station – Save” или сохранение с компиляцией “Station – Save and Compile”.

“ Slave S7-300” реализуется на программируемом контроллере SIMATIC S7-300 и поэтому является интеллектуальным Slave'ом. Перед подключением его к системе DP-Master он должен быть создан вначале внутри проекта. Особенность его конфигурации заключается в том, что в нем должна быть, как указывалось в

п. 3.1, предусмотрена промежуточная память для обмена информацией с Master'ом (рис. 3.3). CPU Slave'a берет на себя обмен данными с Master-устройством DP.

Следующая таблица (табл. 3.1) показывает принцип проектирования адресных областей. Для простоты для I и Q приняты одинаковые адреса.

Таблица 3.1

	Адрес Master-устройства	Адрес Slave-устройства	Длина	Единица
1	I100	Q100	2	Байт
2	Q100	I100	2	Байт

Указанные в табл. 3.1 адресные области CPU как Master-устройства DP и CPU как Slave-устройства DP задаются проектировщиком. Нельзя использовать адреса I и Q, используемые физическими каналами модулей ввода и вывода. Следует помнить, что в принципе для CPU315-2DP адресная область входов/выходов составляет 2048 байтов/2048 байтов.

Конфигурирование S7-300/CPU 315-2DP, выполняющего роль интеллектуального Slave'a, производится идентично изложенному ранее. Различие будет в указании работы DP интерфейса, то есть перевести из “DP-Master'a” (стоит по умолчанию) в “DP-Slave”. Для этого выделите “DP” у CPU315-2DP. Откроется окно “Properties-DP Master”. Откройте закладку “Operating Mode” [Режим работы] и установите режим работы “DP-Slave”. После этого название “DP-Master” изменится на “DP-Slave”. Далее перейдите на закладку “Configuration” [Конфигурация]. Нажмите на кнопку New и в окне “Properties-DP – (RO/S2.1) – Configuration – Row1” установите требуемый адрес промежуточной памяти для принимаемой информации, например, Input 100, Length: 2, Unit: Byte. После нажатия на кнопку ОК возвращаетесь в предыдущее окно, вновь нажимаете кнопку New и теперь устанавливаете адрес промежуточной памяти для информации выдаваемой, например, Output 100, Length: 2, Unit: Byte.

После нажатия на кнопку ОК возвращаетесь в окно «HW Config».

Перед выходом из «HW Config» вновь используйте команду меню “Station”, далее “Check Consistency”, чтобы убедиться, что в конфигурации станции нет ошибок. Затем через команды “Save” или “Save and Compile” возвращаетесь в окно проекта SIMATIC Manager.

Теперь созданный “Slave S7-300” необходимо перенести на сеть “Profibus (1)”. Для этого нужно перейти в окно «HW Config» для станции “Master' a S7-300”. Откройте в каталоге оборудования папку “PROFIBUS-DP”, а в ней подкаталог “Configured Stations”, и подключите объект “CPU31x-2DP” к шине (“вешалке”) DP-Master'a методом Drag&Drop. При этом появляется окно “DP slave properties” с открытой закладкой “Connection”, где показан перечень соответствующих Slave'ов. Выделите нужный и нажмите кнопку “Connect”. Выбранный Slave исчезает из списка. Перейдите на закладку “Configuration” и внесите туда через

функцию Edit адреса и длину промежуточной памяти для Master' а как показано на рис. 3.10.

Row	Mode	Partner DP a...	Partner addr	Local addr	Length	Consiste ...
1	MS	2	Q100	I100	2 Byte	Unit
2	MS	2	I100	Q100	2 Byte	Unit

Рис. 3.10. Информация на закладке “Configuration”, “DP slave properties”

Приведенные здесь адреса свободно выбраны для проекта-примера. Вы можете задавать другие области и адреса. Нужно только обратить внимание на то, чтобы выходная область DP-Master'a всегда соответствовала входной области DP-Slave и наоборот.

Вернитесь в главное окно «HW Config» [Master (Configuration)] с помощью кнопки ОК. Slave в этом окне получит PROFIBUS-адрес. Свой адрес имеет каждый компонент подключенный к сети. Этот адрес присваивается STEP7 компонентам автоматически, но проектировщик его может изменить по своему усмотрению.

Компоненты распределенной периферии на лицевой панели имеют наборное поле для установки его адреса в сети. Необходимо следить, чтобы установленный адрес соответствовал адресу компонента в конфигурационной таблице.

Сохраняем проекты конфигурирования “Master S7-300” и “Slave S7-300” с компиляцией. На этом процесс конфигурирования закончен.

3.2.5. Для проверки работоспособности сконфигурированной сети необходимо загрузить в контроллеры проверочную программу.

В лабораторной установке модули контроллеров Master'a и Slave'a выполнены на одинаковых CPU и отличаются только модулями ввода/вывода. В “Блоке имитационных сигналов” для них предусмотрены идентичные кнопки и тумблеры для имитации входных сигналов и команд и светодиоды для индикации выходных сигналов и команд. При конфигурировании контроллеров у обоих из них будут присутствовать байт входов IB0 и байт выходов QB4.

Ниже приводится два варианта программ, которые предусматривают при подаче сигналов на модуль ввода с адресом IB0 Master'a загорание индикаторов выходных сигналов адреса QB4 Slave'a и наоборот.

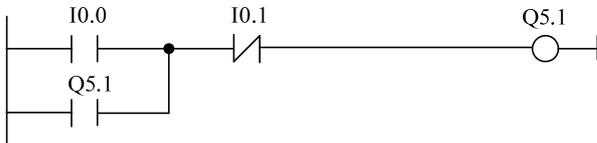
На рис. 3.11 представлены пользовательские программы в организационных блоках OB1 для Master'a (рис. 3.11а) и для Slave'a (рис. 3.11б) с использованием команды MOVE.

При передаче между Master'ом и I-Slave'ом больше четырех последовательных байт данных (консистентных данных) используются функции SFC14 и SFC15 (SFC – System Function Call).

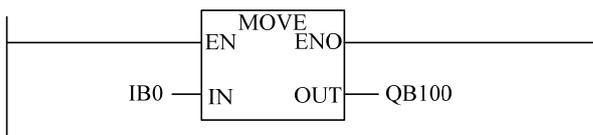
Функция SFC14 применяется для чтения последовательных принимаемых данных (приемник) (рис. 3.12).

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 Пример передачи информации между Slave'ом и Master'ом

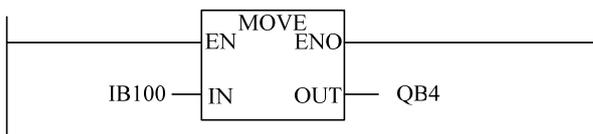
Network: 1
 Какая-то цепь программы Master'a



Network: 2
 Передача информации в область обмена для передачи от Master'a Slave'y



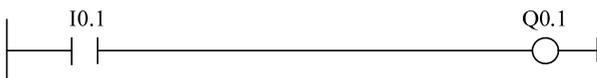
Network: 3
 Передача Master'ом информации из области обмена, полученной от Slave'a на свой модуль вывода



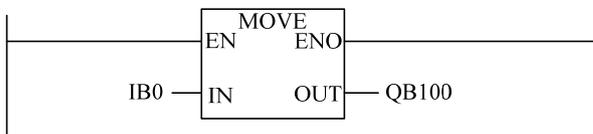
a)

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 Пример передачи информации между Slave'ом и Master'ом

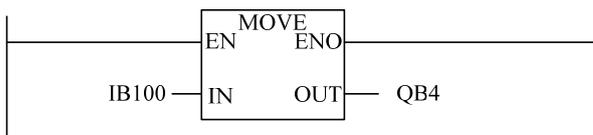
Network: 1
 Какая-то цепь программы Slave'a



Network: 2
 Запись информации Slave'a в область обмена для передачи Master'y



Network: 3
 Передача Slave'ом информации из области обмена, полученной от Master'a на свой модуль вывода



б)

Рис. 3.11. Пример передачи информации между контроллерами

Параметр LADDER (рис. 3.12) в шестнадцатеричном формате указывает начальный адрес области (промежуточной памяти), в которую поступают принимаемые данные, например, w#16#64.

Параметр RECORD указывает область, в которую направляется полученная информация, например, P#M40.0 BYTE8.

Параметр RET_VAL указывает адрес памяти, в котором будет код ошибки при сбое передачи информации, например, MW60.

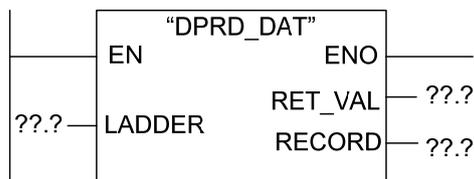


Рис. 3.12. SFC14 на языке лестничных диаграмм

Функция SFC15 применяется при передаче данных (передатчик) (рис. 3.13).

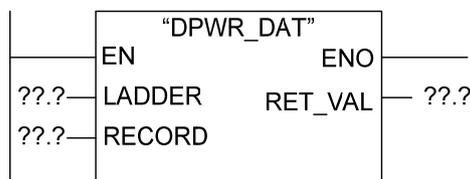


Рис. 3.13. SFC15 на языке лестничных диаграмм

Параметр LADDER (см. рис.3.13) в шестнадцатеричном формате указывает начальный адрес области (промежуточной памяти) куда записать данные для отправки, например, w#16#64.

Параметр RECORD указывает, откуда взять информацию, которую нужно передать, например, P#M80.0 BYTE8.

Параметр RET_VAL указывает адрес памяти, в котором будет записан код ошибки при сбое передачи информации, например, MW70.

На рис. 3.14 схематично представлен обмен данными между Master'ом и I-Slave'ом с использованием функций SFC14 и SFC15.

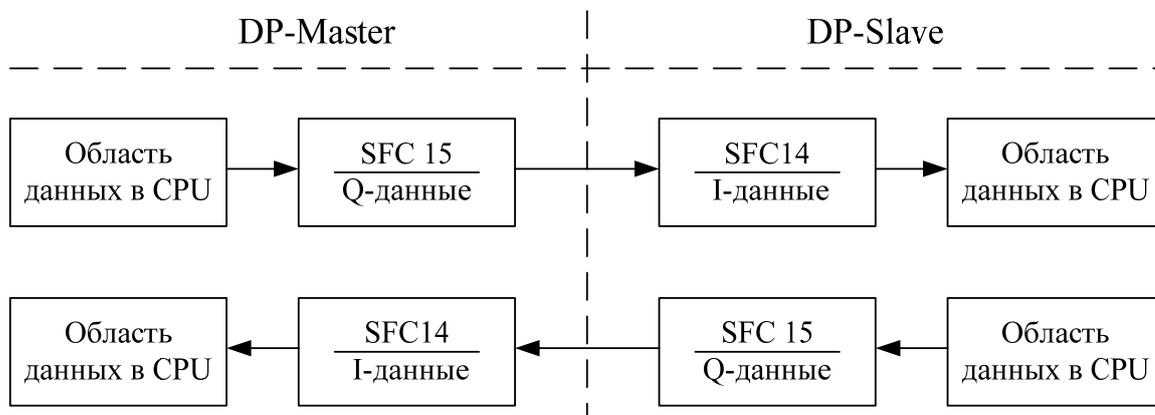


Рис. 3.14. Обмен входными/выходными данными через функции SFC14 и SFC15

На рис. 3.15 представлены программы для контроллеров те же самые, что и на рис. 3.11, но с использованием функций SFC14 и SFC15.

Программы демонстрируют, что функциями SFC14 и SFC15 можно передавать информацию с числом байт меньше четырех.

Slave'ами распределенной периферии, например, типа ET 200M Master распорядится как “собственными” модулями ввода/вывода, используя ту адресацию, которая определена при конфигурации сети. При этом не обращается внимание на промежуточные усилительно-повторительные элементы, проводную или оптоволоконную среду передачи. Если же необходимо использовать информацию с модулей распределенной периферии I-Slave'ом на программируемом контроллере, в нашем случае на SIMATIC S7-300/CPU 315-2DP, то необходимо ее получать или передавать через Master'a.

При вводе в сеть I-Slave'a на программируемом контроллере всегда как в программе Master'a, так и в программе I-Slave'a предусматривайте введение организационных блоков **OB82** (диагностические сигналы) и **OB86** (выход из строя носителя модулей). **Без этих блоков обмен между Master'ом и I-Slave'ом невозможен.**

3.2.6. Перед загрузкой программы в любой контроллер необходимо провести стирание памяти его CPU. Для этого необходимо осуществить осмысленную последовательность операций с его переключателем режимов работы на лицевой панели CPU:

- перевести переключатель в положение STOP;
- перевести переключатель в положение MRES. Удерживайте переключатель в этом положении, пока светодиод STOP не загорится во второй раз. После этого отпустите переключатель. Он вернется в положение STOP;
- в течение 3 секунд необходимо снова перевести переключатель в положение MRES и держать так до тех пор, пока светодиод STOP мигает быстро (с частотой 2 Гц). Теперь переключатель можно отпустить. Когда CPU совершит общее стирание, светодиод STOP перестает мигать и горит ровным светом.

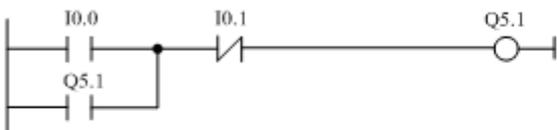
Указанные операции с переключателем режимов необходимы только тогда, когда пользователь сам хочет выполнить общее стирание CPU без запроса на эту операцию со стороны CPU (медленное мигание светодиода STOP). Если CPU сам запрашивает общее стирание, то достаточно кратковременно переключатель режимов работы перевести в положение MRES, чтобы запустить процесс общего стирания CPU. Если CPU после его успешного стирания вновь требует общего стирания, то в определенных случаях необходимо форматирование его сменной платы микропамяти SIMATIC (MMC).

Для форматирования платы MMC необходимо:

- переключатель режимов работы перевести в положение MRES и удерживать его в этом положении (около 9 секунд), пока светодиод STOP не загорится ровным светом;
- в течение следующих 3 секунд необходимо отпустить переключатель и вновь перевести его в положение MRES. Теперь светодиод STOP мигает только во время форматирования.

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 Пример передачи информации между Slave' ом и Master' ом

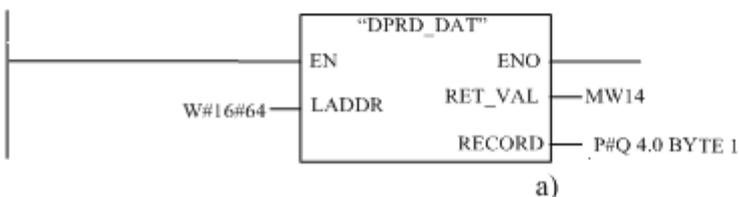
Network: 1
 Какая-то цепь программы Master' а



Network: 2
 Функция SFC 15 для записи последовательных данных в стандартный DP-слэив



Network: 3
 Функция SFC 14 для чтения последовательных данных от стандартного DP-слэйва



Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 Пример передачи информации между Slave' ом и Master' ом

Network: 1
 Какая-то цепь программы Slave' а



Network: 2
 Функция SFC 14 для чтения последовательных данных от Master' а



Network: 3
 Функция SFC 15 для записи последовательных данных Master' у

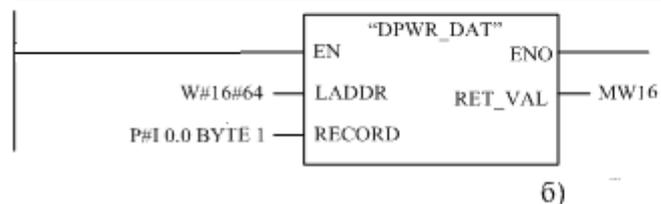


Рис. 3.15. Пример передачи информации между контроллерами с использованием функций SFC14 и SFC15:
 а) – программа в OB1 Master'a, б) – программа в OB1 Slave'a

Всегда выполняйте эту последовательность операций в течение указанного времени, так как в противном случае MMC не форматируется, а возвращается в состояние общего стирания.

В сети у каждого контроллера, будь то Master или Slave, есть своя пользовательская программа.

В лабораторной установке используется контроллер Master и один I-Slave. Поэтому в левой части окна SIMATIC Manager, которая содержит структуру проекта, имеется два проекта “DP-Master” и “DP-Slave”. Они должны загружаться каждый в свой контроллер.

Запись программ в контроллеры, как уже было указано выше, осуществляется по сети.

Для записи необходимо, чтобы:

- компьютер через адаптер был подключен к разъему DP CPU “DP-Master'a”;
- все компоненты сети должны иметь разные сетевые адреса и действительная конфигурация должна соответствовать реальной структуре;
- конфигурация может быть загружена только при согласованности и отсутствии ошибок.

Последовательность записи следующая:

- в левом окне экрана переместитесь через “Master S7-300”, CPU 315-2DP, S7 Program (1) и щелкните на символе “Blocks” [Блоки]. Ключ режима контроллера поставьте в положение STOP;
- из меню “PLC” [ПЛК] выберите команду “Download” [Загрузить] для передачи программы и конфигурации аппаратуры в CPU. Щелкните на Yes во всех появляющихся окнах. Запись конфигурации и пользовательской программы Master'a записана в соответствующий контроллер;
- аналогично следует поступить с проектом “Slave S7-300”, то есть через “Slave S7-300”, CPU 315-2DP, S7 Program (2) и так далее.

Для запуска сети необходимо перевести переключатели режимов работы контроллеров в положение “Run”.

Во время работы программы можно на экране монитора компьютера следить за ходом ее выполнения. Для этого при нахождении переключателей режимов работы контроллеров в положениях “Run” следует нажать на панели инструментов монитора кнопку с изображением очков “Monitor (on/off)” [Монитор (включение/выключение)]. При этом изменением цвета будут отображаться состояния контактов и катушек, а также значения счетчиков и таймеров в реальном времени.

3.3. Пример пользовательской программы автоматизации управления транспортной тележкой по сети PROFIBUS-DP

Ниже рассмотрен пример программирования управления тележкой, перемещающейся по прямолинейному пути от положения П1 к положению П2 и обратно (рис. 3.16).

Исходное положение тележки П1. В автоматическом режиме работы «Авт» при нажатии кнопки «Пуск» возникает команда на движение тележки вперед «В». Тележка доходит до положения П2, команда «В» отключается. Возникает команда на движение назад «Н». Тележка доходит до положения П1, команда «Н» отключается. Возникает команда «В», тележка движется до П2. Включается команда «Н» и т.д. Тележка непрерывно перемещается от положения П1 к П2 и обратно. При работе в автоматическом режиме включена световая индикация «Лампа».

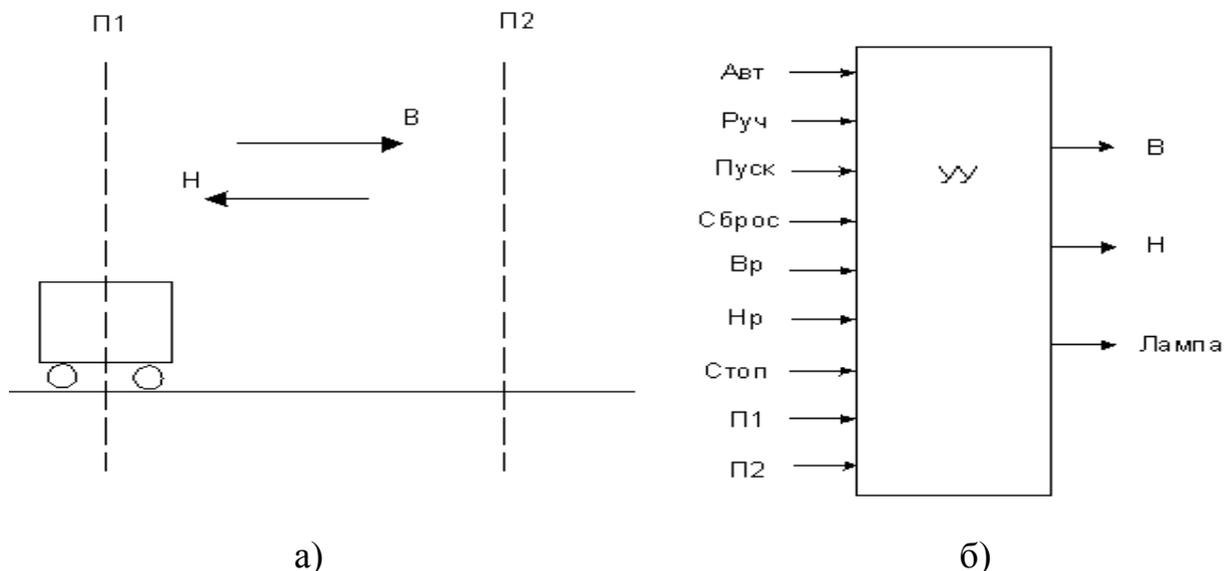


Рис. 3.16. К условию задачи: а) конструктивная схема механизма; б) входные и выходные сигналы/команды устройства управления УУ

При нажатии кнопки «Сброс», независимо от того где находилась тележка, она немедленно должна вернуться в положение П1. «Лампа» гаснет.

В ручном режиме работы «Руч» команды «В» и «Н» формируются при нажатии кнопок ручного управления соответственно «Вр» и «Нр». Останов тележки в ручном режиме – при нажатии кнопки «Стоп».

Для управления тележкой вводится память о включении автоматического режима « p_a ». Она возникает в положении П1 при нажатии кнопки «Пуск» и сохраняется до появления сигнала памяти « p_c » о нажатии кнопки «Сброс». Этому соответствует логическое уравнение:

$$p_a = Авт \cdot (П1 \cdot Пуск + p_a) \cdot \overline{p_c}$$

Память « p_c » возникает в автоматическом режиме при любом положении тележки при нажатии кнопки «Сброс» и сохраняется до нажатия кнопки «Пуск»:

$$p_c = Авт \cdot (Сброс + p_c) \cdot \overline{Пуск}$$

Команда на движение вперед «В» возникает в автоматическом режиме в положении П1 и сохраняется до достижения тележкой положения П2. В ручном режиме она возникает в любом положении тележки при нажатии кнопки «Вр» и сохраняется до нажатия кнопки «Стоп» или до достижения положения П2. Этому соответствует логическое уравнение:

$$B = [p_a \cdot (П1 + B) + Руч \cdot (Вр + B) \cdot \overline{Стоп}] \cdot \overline{П2}$$

Команда на движение тележки назад «Н» возникает в автоматическом режиме в положении П2 и сохраняется до достижения тележкой положения П1. Она возникает также в любом положении тележки при наличии сигнала памяти сброса и отсутствии движения вперед. В ручном режиме команда «Н» возникает в любом положении тележки при нажатии кнопки «Нр» и сохраняется до нажатия кнопки «Стоп» или до достижения положения П1. Этому соответствует логическое уравнение:

$$H = [p_a \cdot (П2 + H) + p_c \cdot \overline{В} + Руч \cdot (Нр + H) \cdot \overline{Стоп}] \cdot \overline{П1}$$

Для исключения одновременного появления команд «В» и «Н» в уравнения этих команд вводится взаимная блокировка. Тогда:

$$B = [p_a \cdot (П1 + B) + Руч \cdot (Вр + B) \cdot \overline{Стоп}] \cdot \overline{П2} \cdot \overline{H}$$

$$H = [p_a \cdot (П2 + H) + p_c + Руч \cdot (Нр + H) \cdot \overline{Стоп}] \cdot \overline{П1} \cdot \overline{B}$$

«Лампа» включается сигналом « p_a », т.е. по логическому уравнению:

$$Лампа = p_a$$

По условию задачи команды выбора режима «Авт», «Руч» и пуска/останова автоматического режима («Пуск», «Сброс») подаются с контроллера Master S7-300, а команды ручного управления «Вр», «Нр» и «Стоп» - со Slave'a ET 200M. Механизмом управляет Slave S7-300 (рис. 3.17).

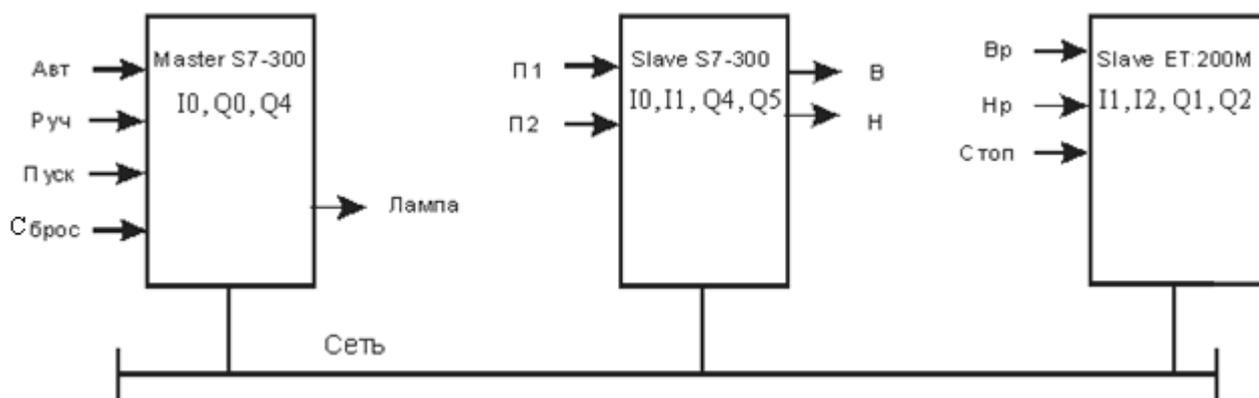


Рис. 3.17. Подключение входных/выходных сигналов к компонентам сети

После конфигурирования рассматриваемой сети автоматически были присвоены адреса байтов входов I и выходов Q модулям компонентов сети. Эти адреса указаны внутри корпусов компонентов сети на рис. 3.17. Обратите внимание, что входами/выходами децентрализованной периферии Slave'a ET 200M контроллер Master S7-300 распоряжается как с входами/выходами своей стойки, но расположенными на удалении от этой стойки (через кабель с витой парой, оптический шинный терминал, оптоволоконный кабель и IM153-2 станции ET 200M).

При программировании пользовательской программы следует всем входам и выходам рассматриваемого примера присвоить физические адреса. В примере принято, что у Master'a все входы подключены к байту I0, а выход к байту Q4. У Slave'a ET 200M все выходы ручного управления подключены к байту I1. У Slave'a S7-300 сигналы с датчиков положения П1, П2 подключены к байту I0, а выходные команды В и Н – к байту Q4 выходных сигналов.

Воспользуемся возможностью символьного представления адресов контроллеров Simatic. Символы сигналам и командам присвоим те, которые использованы в логических уравнениях. В табл. 3.2 представлена адресация сигналов и команд Master'a S7-300.

Таблица 3.2

Адресация переменных Master'a S7-300

Символ сигнала, команды	Авт	Руч	Пуск	Сброс	Вр	Нр	Стоп	Лампа
Адрес физический	I0.0	I0.1	I0.2	I0.3	I1.0	I1.1	I1.2	Q4.0

Так как объектом управляет Slave S7-300, а все сигналы управления и индикацию режима работы обеспечивает Master S7-300, то в Slave S7-300 выделяется область памяти для обмена информацией с Master'ом S7-300. Воспользуемся адресной областью, рассмотренной в табл. 3.1, в которой для Master'a и Slave'a присвоено по два байта с адресов IB100 и QB100.

Тогда программа для Master'a S7-300 принимает вид, представленный на рис. 3.18.

Команды управления, поступающие с Master'a S7-300, будут размещаться в байтах соответственно IB100 и IB101 Slave'a S7-300. Выдаваемый со Slave'a S7-300 сигнал “Лампа” будет передаваться в составе байта QB100 Slave'a S7-300 на вход IB100 Master'a S7-300.

С учетом этого у Slave'a S7-300 адресация сигналов и команд принимается следующая (табл. 3.3). Подчеркивание и буква «м» в обозначениях символов, например «Авт_м», указывает, что этот сигнал или команда получены или отправлены по сети при связи с Master'ом.

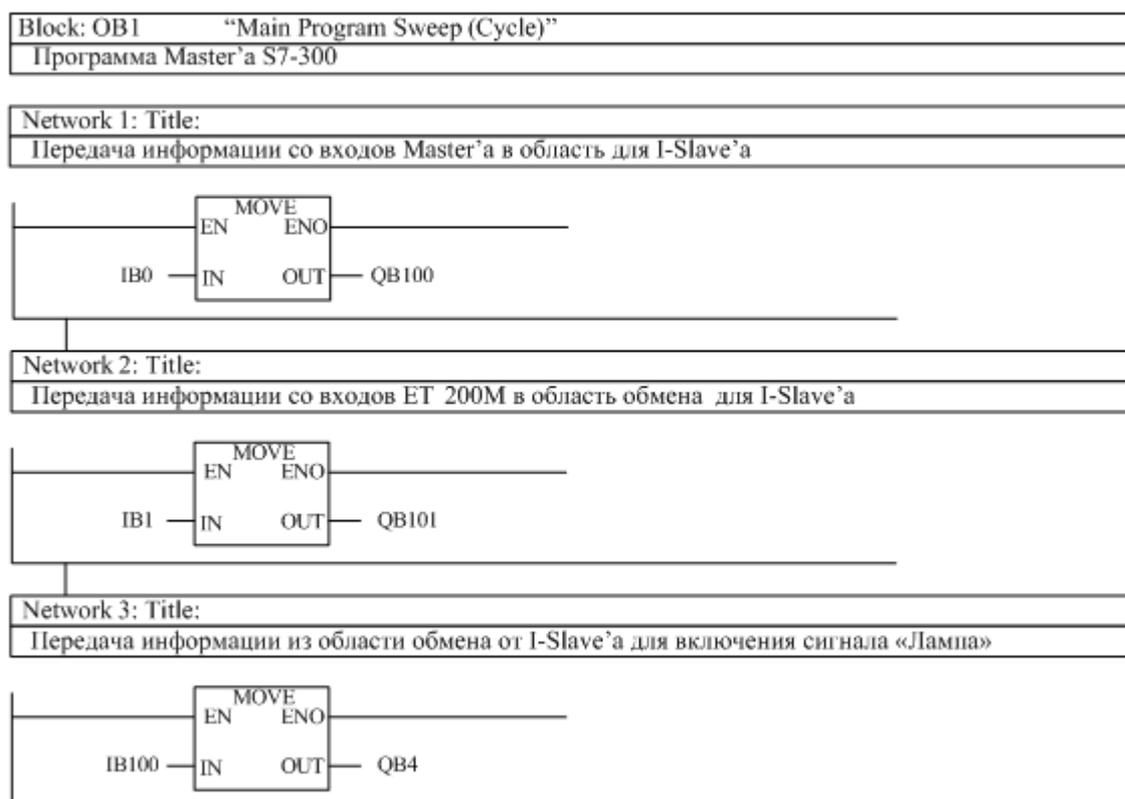


Рис. 3.18. Программа для Master'а S7-300

Таблица 3.3

Адресация переменных Slave'а S7-300

Символ сигнала, команды	Авт_м	Руч_м	Пуск_м	Сброс_м	Вр_м	Нр_м	Стоп_м
Адрес физический	M0.0	M0.1	M0.2	M0.3	M1.0	M1.1	M1.2

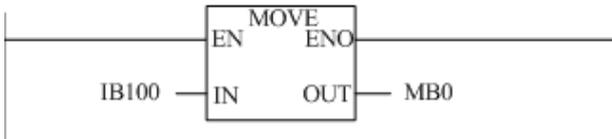
Символ сигнала, команды	Лампа_м	П1	П2	В	Н	р _а	р _с
Адрес физический	M2.0	I0.0	I0.2	Q4.0	Q4.1	M3.0	M3.1

Из табл. 3.3 видно, что в программе Slave'а S7-300 команды, принимаемые от Master'а S7-300, должны заноситься в байты меркеров соответственно MB0 и MB1, а сигнал на включение лампы записывается в байт меркеров MB2 для передачи Master'у.

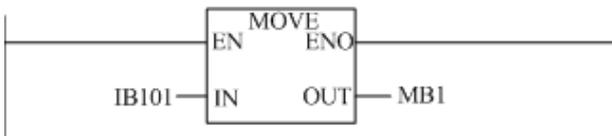
На рис. 3.19 представлена программа для Slave'а S7-300 на языке лестничных диаграмм.

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
 Программа Slave S7-300

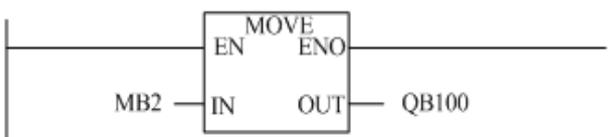
Network 1: Title:
 Передача информации, полученной от Master'a, в MB0



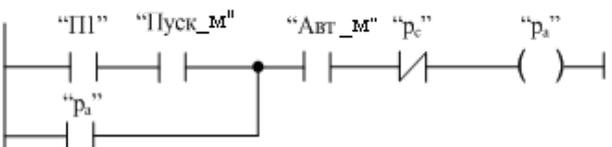
Network 2: Title:
 Передача информации, полученной от Master'a в MB1



Network 3: Title:
 Передача команды на включение "Лампы" от I-Slave'a Master'y



Network 4: Title:
 Формирование памяти о включении автоматического режима



Network 5: Title:
 Формирование памяти о нажатии кнопки "Сброс"

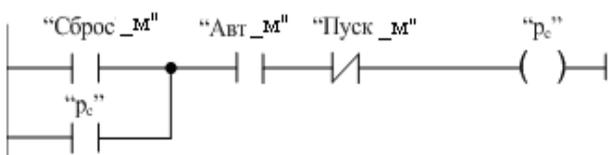


Рис. 3.19. Программа для Slave'a S7-300 (начало)

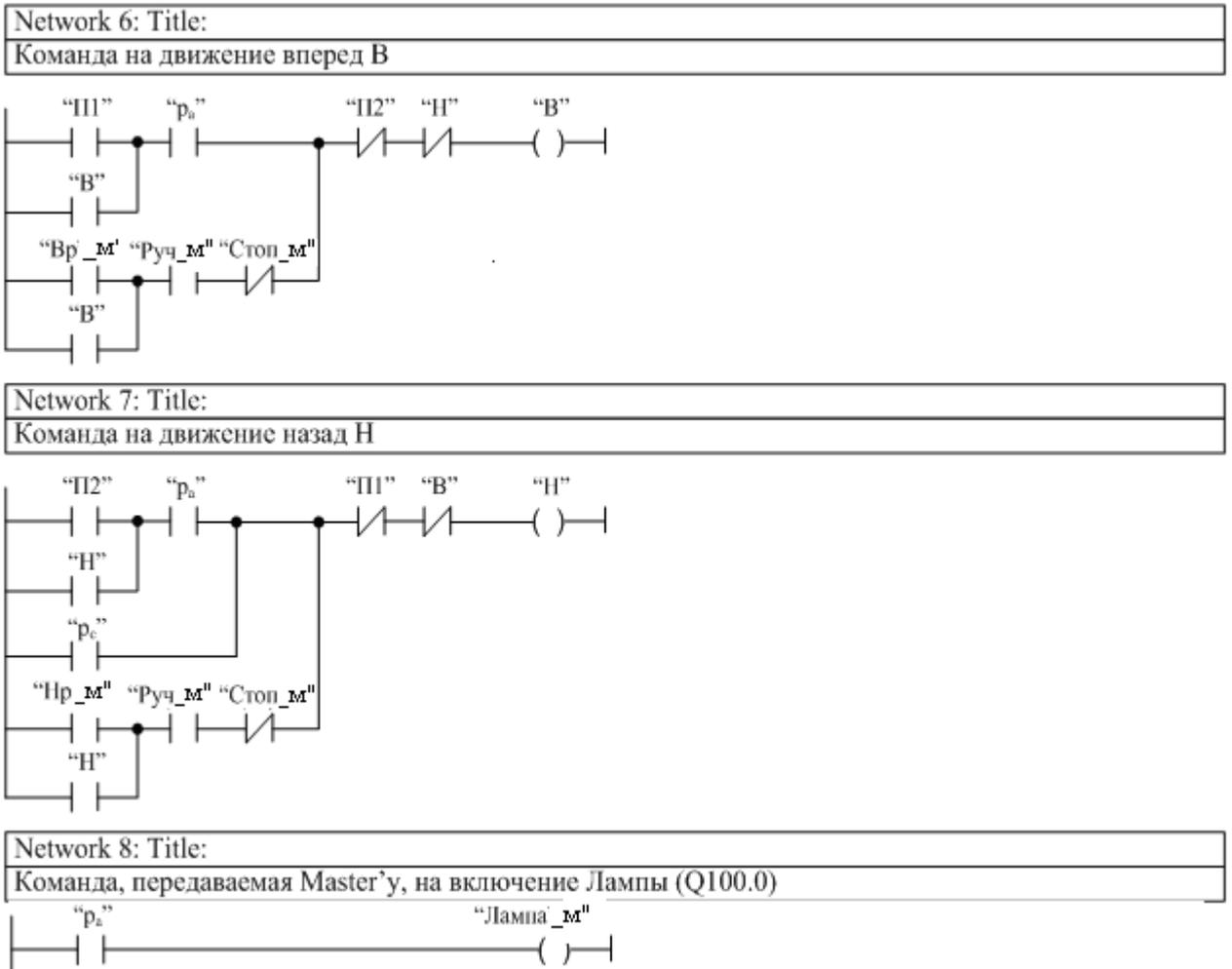


Рис. 3.19. Программа для Slave'a S7-300 (окончание)

Из представленного примера видно, что при программировании не учитываются ни тип кабеля, ни оптический шинный терминал, т.е. как бы вся сеть однородна.

4. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ PROFIBUS-PA

4.1. Общие сведения и основные компоненты

PROFIBUS-PA представляет собой расширение DP-протокола в части технологии передачи, основанной не на RS485, а на реализации стандарта IEC 61158-2 для организации технологии передачи во взрывоопасных средах. Для коммутации требуется всего одна витая пара, которая одновременно используется и для информационного обмена, и для питания устройств.

Шинная система PROFIBUS-PA позволяет установить связь между программируемым логическим контроллером и измерительным датчиком или исполнительным механизмом, расположенными в потенциально взрывоопасных зонах на большом расстоянии от контроллера.

Согласование сетей PROFIBUS-DP и PROFIBUS-PA может выполняться двумя способами:

- для систем с небольшим количеством сигналов и низкими требованиями к скорости передачи данных - с помощью отдельных **модулей DP/PA coupler**;
- для систем с большим количеством сигналов и высокой скоростью обмена данными – с помощью **блоков** (соединителей) **DP/PA link**.

Модули DP/PA coupler выпускаются в двух исполнениях: обычное (стандартное) исполнение с напряжением 31 В и выходным током до 1000 мА и DP/PA Ex[i] - исполнение с напряжением 13,5 В и выходным током до 100 мА. (Буква *i* в обозначении DP/PA Ex[i] означает искробезопасность). Искробезопасность, как один из видов защиты от воспламенения, базируется на том, что для воспламенения взрывоопасной среды требуется некоторый минимальный уровень энергии. Этот минимальный уровень не должен превышать ни при нормальных условиях работы, ни в случае сбоя. Искровое воспламенение в сетях PROFIBUS-PA предотвращается благодаря исключению основных причин, приводящих к искрению, которое обычно происходит при замыкании и размыкании электрических сетей, как во время работы, так и в случае замыкания и замыкания на землю. Для исключения искрения ограничивают уровни токов и напряжений, а также предотвращают образование больших индуктивностей.

Воспламенение из-за **перегрева** элементов в искробезопасных цепях ни в режиме нормальной работы, ни при сбоях невозможно, поскольку перегрев оборудования и линий в искробезопасных цепях невозможен.

Модули DP/PA обеспечивают электрическую развязку между PROFIBUS-DP и PROFIBUS-PA, конвертацию техники передачи RS485 в IEC 1158-2 и наоборот, имеют встроенный блок питания и встроенный шинный терминатор. Для работы сети PROFIBUS-PA скорость передачи PROFIBUS-DP должна быть 45,45 Кбит/с. Скорость передачи для PROFIBUS-PA – 31,25 Кбит/с.

К модулю DP/PA можно подключить до 31 полевого PA прибора.

Модули DP/PA монтируются на профильную шину S7-300 вместе с блоками питания нагрузки =24 В и могут устанавливаться в обычных условиях или условиях, соответствующих зонам повышенной опасности.

Применение модулей DP/PA позволяет использовать в сети PROFIBUS-DP только скорость передачи данных, равную 45,45 Кбит/с. Приборы сети PROFIBUS-PA адресуются непосредственно ведущим устройством PROFIBUS-DP.

На рис. 4.1 показано подключение компонентов сети во взрывоопасной среде и в нормальных условиях.

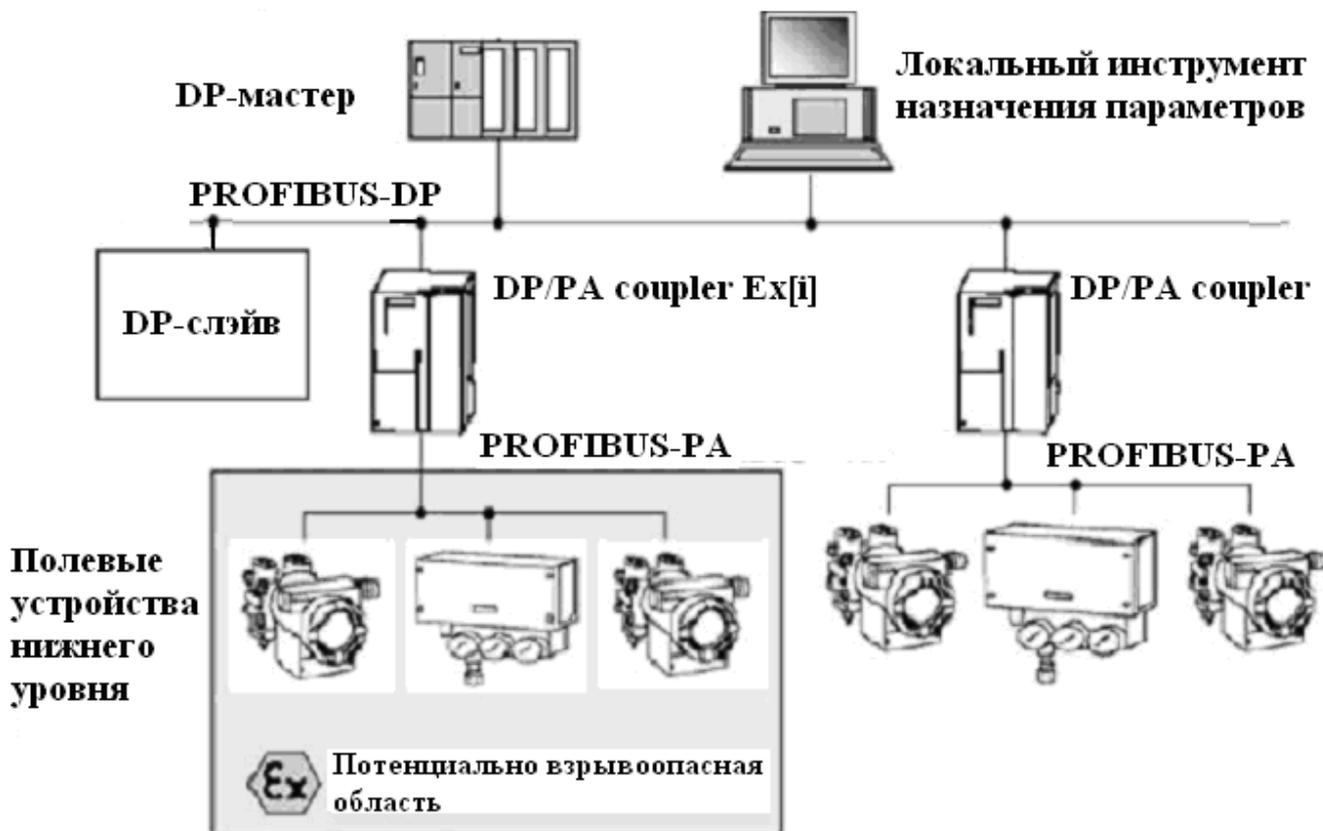


Рис. 4.1. Подключение модулей связи DP/PA coupler к сети PROFIBUS-DP

С точки зрения обмена данными модуль DP/PA связи является “прозрачным” устройством, не требующим настройки параметров. Приборы сети PROFIBUS-PA адресуются непосредственно ведущим устройством PROFIBUS-DP. Исключение составляет модуль FDC 157-0, который поставляется с заводскими настройками диагностируемого ведомого устройства PROFIBUS.

Блок DP/PA link (рис. 4.2) выполняет функции стандартного ведомого устройства сети PROFIBUS-DP (до 12 Мбит/с) и функции ведущего устройства сети PROFIBUS-PA (31,25 Кбит/с). С точки зрения ведущего устройства PROFIBUS-DP блок DP/PA связи представляется модульным ведомым устройством, функции модулей которого выполняют приборы, подключенные к сети PROFIBUS-PA. В сети PROFIBUS-DP блоку DP/PA связи присваивается только один адрес. Для адресации приборов сети PROFIBUS-PA используются косвенные методы. Этот механизм имеет полную аналогию с обслуживанием

модульных станций системы распределенного ввода-вывода на основе PROFIBUS -DP.

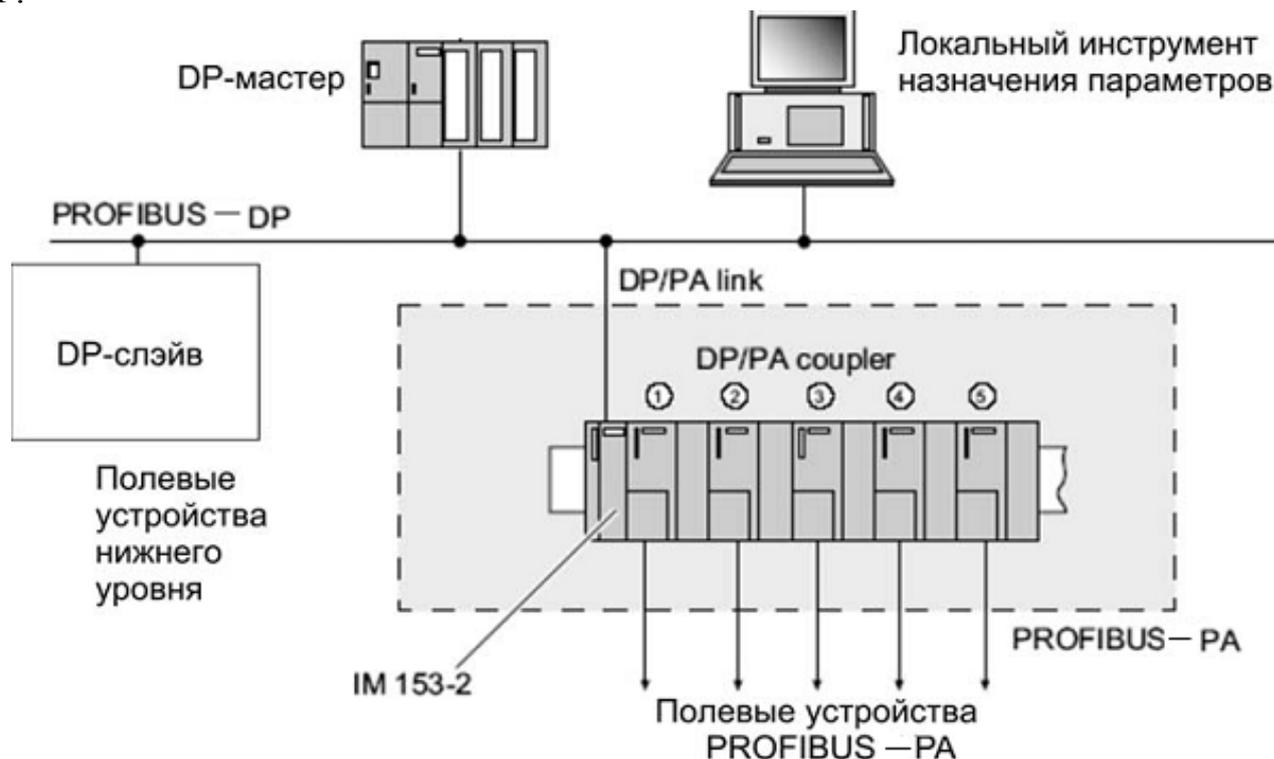


Рис. 4.2. Подключение блока DP/PA link к сети PROFIBUS-DP

Модули DP/PA coupler являются составной частью DP/PA link. На интерфейсный модуль IM 153-2 можно устанавливать до 5 модулей DP/PA, к которым можно подключить до 64 PA приборов. Непосредственное соединение сетей PROFIBUS-PA и PROFIBUS-DP через модуль DP/PA связи снижает скорость обмена данными в сети PROFIBUS-DP до 45,45 Кбит/с. При использовании тех же модулей в составе блока связи DP/PA link скорость обмена данными в сети PROFIBUS - DP остается неизменной.

Следует отметить, что кроме описанных модулей DP/PA coupler и блоков (соединителей) DP/PA link существует блок сопряжения Y, являющийся шлюзом между резервированной ведущей DP-системой на базе S7-400H и нерезервированной ведущей DP-системой, который в данном пособии не рассматривается.

4.2. Передача информации в сети PROFIBUS-PA

В качестве среды передачи в сети PROFIBUS-PA применяют двухжильный экранированный кабель с сечением проводника $0,8 \text{ мм}^2$. Возможно применение и неэкранированного провода. Кабель должен быть соединен на обоих концах с пассивными терминаторами, состоящими из R-C-элементов, соединенных последовательно, с $R=100 \text{ Ом}$ и $C=1 \text{ мкФ}$ (рис. 4.3).

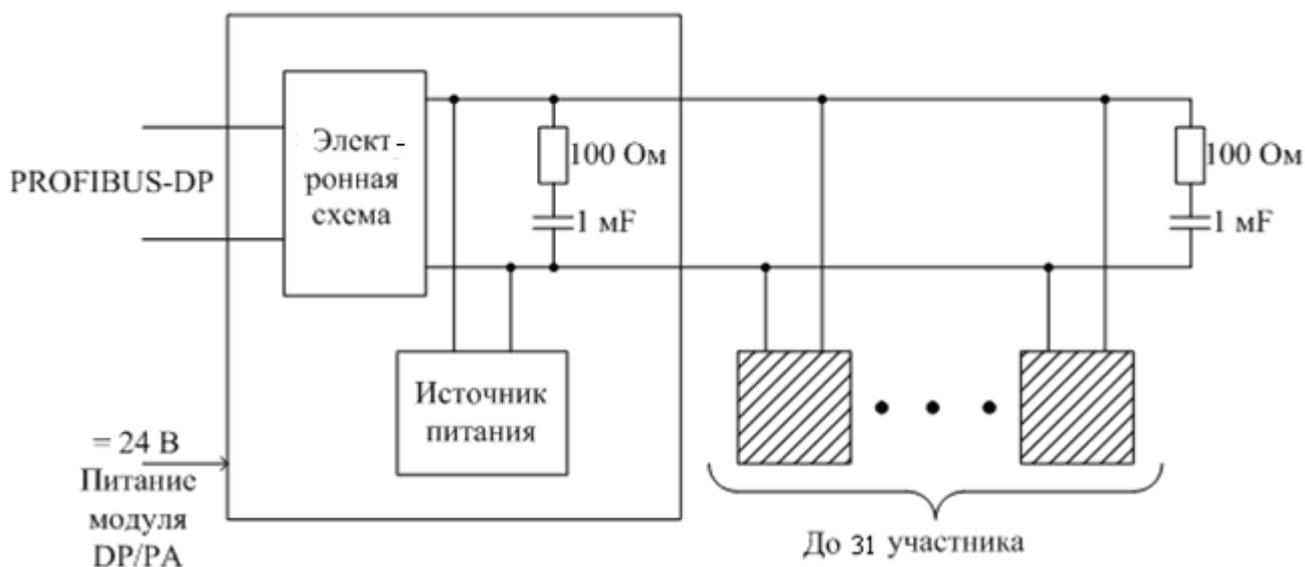


Рис. 4.3. Структура шинного сегмента PA

Для передачи данных используется бит-синхронизированный с манчестерским кодом передачи. При передаче манчестерским кодом логический «0» передается как смена фронта с 0 на 1, а логическая «1» – как смена фронта с 1 на 0. Данные передаются с помощью модуляции ± 9 мА основного тока шинной системы $I_{во}$ (рис. 4.4).

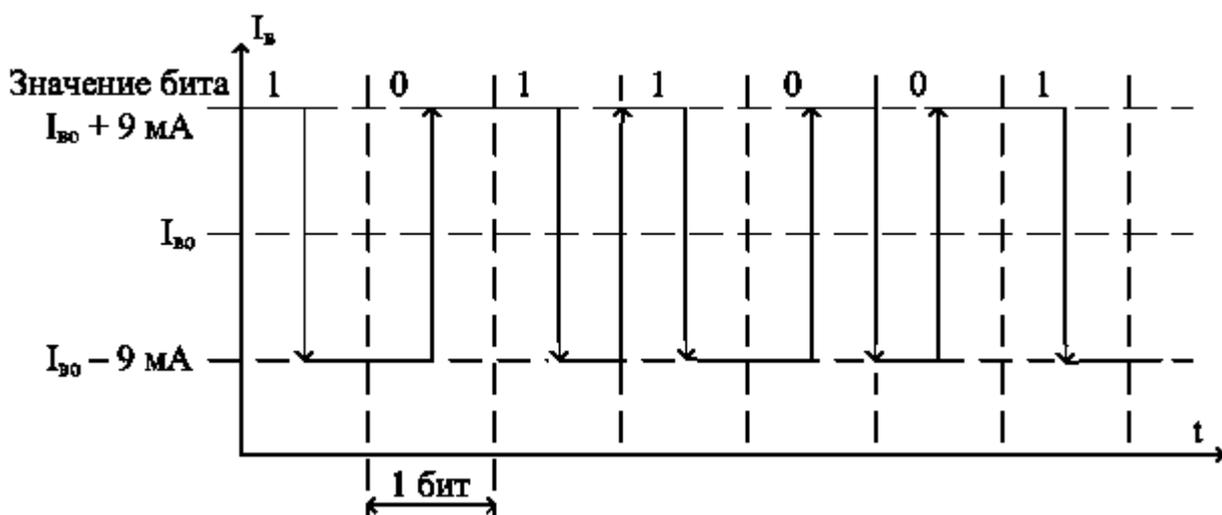


Рис. 4.4. Передача данных в PROFIBUS-PA с помощью модуляции тока

4.3. Конфигурация сетей PROFIBUS-PA

Как уже отмечалось выше, модули DP/PA выпускаются в двух исполнениях:

- для использования в обычных зонах с выходным напряжением 31 В и током нагрузки 1000 мА. Длина линии связи может достигать до 1900 м;
- для использования в Ex-зонах с выходным напряжением 13,5 В и током нагрузки 100 мА. Длина линии связи – 1000 м.

К каждому модулю может подключиться до 31 PA-прибора в безопасной зоне и до 10 приборов в Ex-зоне. При этом суммарный ток, потребляемый этими приборами, не должен превышать допустимую нагрузочную способность модуля DP/PA Coupler (рис.4.5).

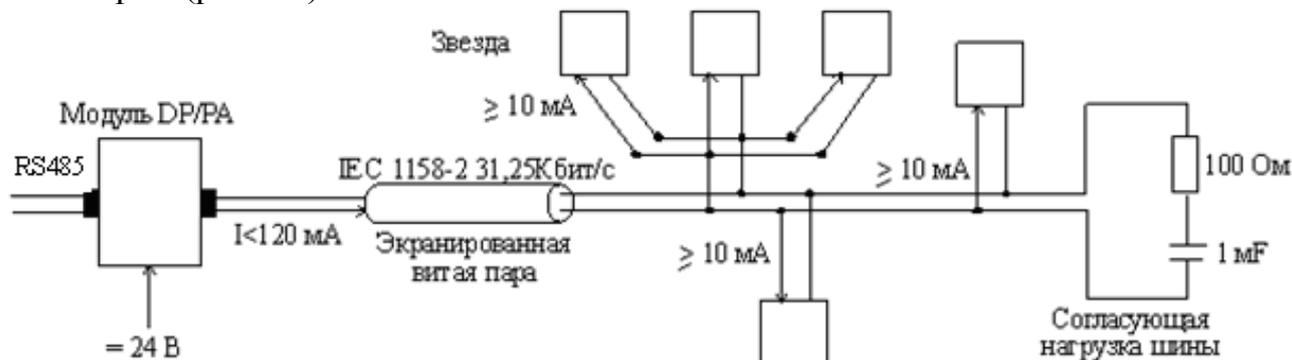


Рис. 4.5. Топология сети PROFIBUS-PA

Как следует из рис. 4.5 в сети PROFIBUS-PA используется топология линейная и звездообразная. Указанные выше ограничения по длине шины учитывают длину главной линии (магистрالی) и ответвлений.

Подключение участников сети к шине PROFIBUS-PA осуществляется через T-образные разветвители Splitconnect (рис. 4.6).

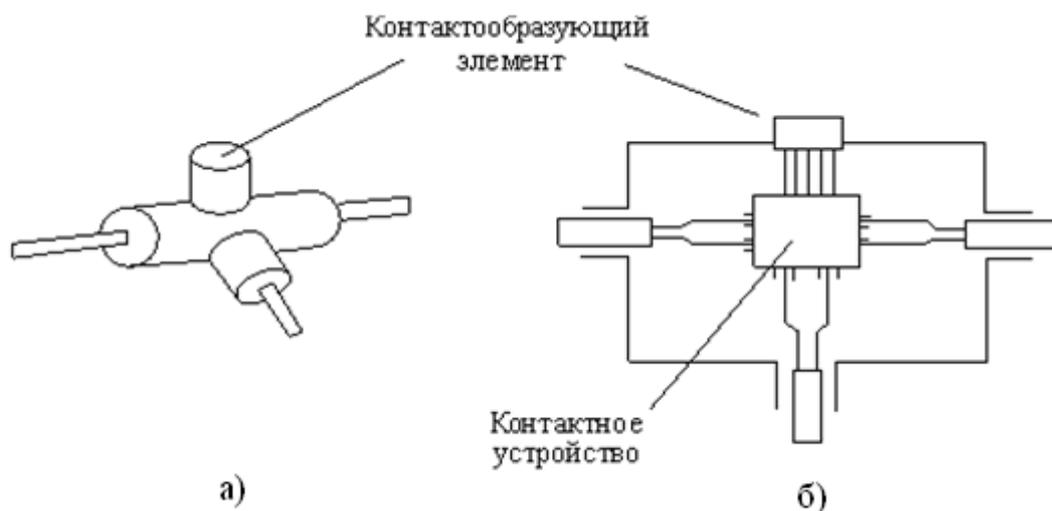


Рис. 4.6. Разветвитель Splitconnect: а) конструктивная схема; б) принцип соединения кабелей

Разветвители Splitconnect имеют пластиковые корпуса со степенью защиты IP65. Подключение жил кабелей выполняется методом прокалывания изоляции. Экранирование обеспечивается встроенным металлическим корпусом. Обеспечивается надежное соединение экранов всех соединяемых цепей. Все перечисленные соединения создаются в процессе навинчивания контактообразующего элемента с ножевыми контактами на корпус разветвителя (рис. 4.6б). Корпус разветвителя снабжен винтом подключения цепи заземления. Если заменить контактообразующий элемент терминатором Splitconnect, то он может использоваться в качестве окончного сопротивления шины.

4.4. Вариант лабораторного стенда для изучения сети PROFIBUS-PA

Представленная схема лабораторного стенда (рис. 4.7) содержит, кроме уже знакомых описанных выше компонентов, некоторые дополнительные элементы.

В схеме предусмотрено два источника питания. Один из них на выходное напряжение 13,5 В - для питания оборудования, работающего во взрывоопасной среде (среде Ex), а другой – с выходным напряжением 24 В для питания оборудования, работающего в стандартной среде.

Используются модули DP/PA coupler типа FDC 157-0.

Соединитель DP/PA link включает в себя интерфейсный модуль IM153-2 и два модуля связи DP/PA coupler FDC 157-0. В сочетании с ними активные полевые распределители (AFD) обеспечивают работу в режиме **кольцевого резервирования**. В этом случае к 2 модулям связи DP/PA coupler можно подключить максимум 8 активных полевых распределителей (AFD) с PA полевыми устройствами. К одному активному полювому распределителю (AFD) можно подключить до 4 PA полевых устройств. Общее число PA полевых устройств в эквипотенциальном канале составляет 31 с ограничением максимального тока 1 А.

Конструктивно распределители (AFD) имеют 2 кабельных муфты для основного PA-канала и 4 кабельных муфты для 4 полевых PA-устройств. К активному полювому распределителю (AFD) могут быть подключены различные PA полевые устройства, например, датчики и привода. На рис. 4.7 они имитируются соответственно тумблерами и светодиодами.

Тумблеры SA1 и SA2 служат для проверки при проведении лабораторных работ реализацию резервирования при разрыве шины сети либо тумблером SA1, либо тумблером SA2.

При разработке лабораторного стенда выяснилось, что в настоящее время количество устройств, имеющих возможность подключения к сети PROFIBUS-PA, ограничено. Это в основном дорогостоящие датчики давления, расхода жидкостей и т.п. В лабораторном стенде используются интерфейсные модули пневматических клапанов FDO-VC-Ex4.PA поставки компании ПРОСОФТ.

На стенде предполагается проведение следующих лабораторных работ:

1. Изучение состава сети и характеристик комплектующих сети;
2. Принцип передачи информации по сети: кадр передачи, форма сигналов, уровни сигналов, быстродействие;
3. Конфигурирование сети;
4. Программирование передачи входных/выходных сигналов;
5. Управление объектом автоматизации по сети PROFIBUS-PA.

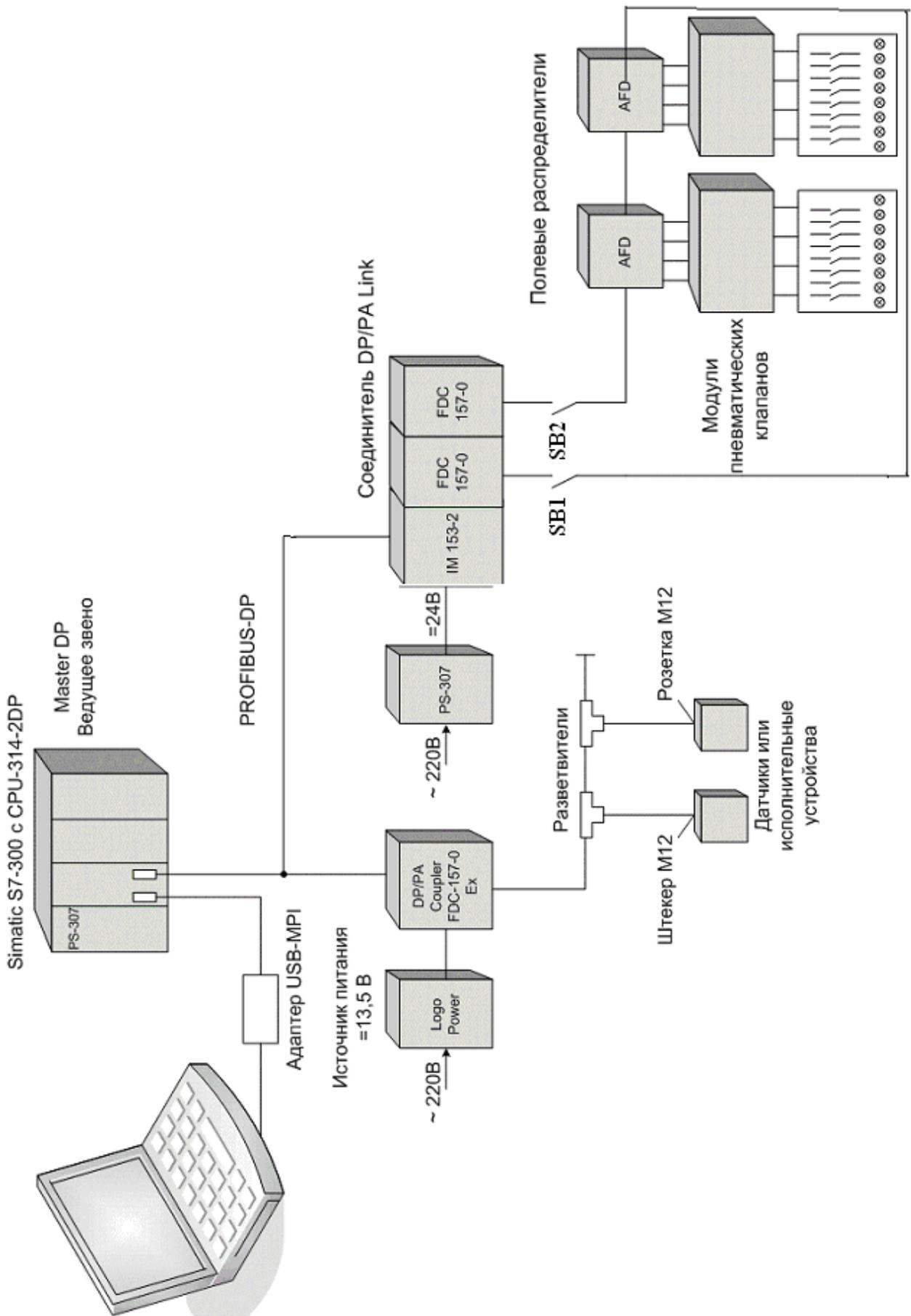


Рис. 4.7. Структурная схема лабораторного стенда

5.5. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ AS-Interface

5.1. Общие сведения и основные системные компоненты

AS-Interface, или AS-i (Actuator/Sensor Interface) – это промышленная сеть на самом нижнем уровне АСУ ТП. Она является результатом решения задачи упрощения структуры кабельного хозяйства и минимизации затрат на технические средства и монтажные работы. С 1994г. началось серийное производство специализированных устройств AS-i для связи по последовательному интерфейсу между дискретными датчиками и приводами с управляющим вычислительным устройством.

В AS-i используется двухжильный кабель, с помощью которого обеспечивается как питание всех сетевых устройств, так и опрос датчиков и выдача команд на исполнительные механизмы.

Кабель AS-i имеет специальный профиль, исключающий возможность неправильного подключения сетевых компонентов. Большая часть сетевых компонентов подключается к кабелю методом прокалывания. Кроме профилированного кабеля используется и круглый кабель, ориентированный на специальные модули.

Сети AS-i потребовали включения интегральных микросхем непосредственно в электронную часть датчиков и исполнительных механизмов, получивших название интеллектуальных устройств.

AS-i может иметь только одно ведущее устройство «Master». В качестве ведущего устройства могут выступать программируемые логические контроллеры, промышленные компьютеры или модули связи с сетями более высокого уровня: PROFIBUS, ModBus, Interbus и др.

До 2000 года к сети AS-i можно было подключить 31 ведомое устройства «Slave». Затем количество ведомых устройств в одной сети было увеличено до 62 за счет разделения адресного пространства ведущего сетевого устройства на две подобласти *A* и *B*.

AS-i использует циклический опрос ведомых устройств ведущим. При опросе системы с 31 ведомым устройством время цикла не превышает 5 мс. При числе устройств с сети 62 – время цикла опроса не превышает 10 мс.

Топология сети AS-i может быть любая: «линия», «звезда», «кольцо» или «дерево». На рис. 5.1 представлена структура сети AS-i с программируемым контроллером Simatic S7-300 с линейной топологией.

Под ведомыми устройствами AS-Interface понимают все узлы, к которым может адресоваться ведущее устройство AS-i.

Существуют следующие типы ведомых устройств AS-Interface, изображенные на рис. 5.1:

- модули пассивные, к которым может быть подключено до четырех (общее количество) датчиков и исполнительных механизмов со встроенными AS-Interface;

- модули активные, имеющие встроенные AS-Interface, к которым может быть подключено до четырех (общее количество) датчиков и исполнительных механизмов без встроенных AS-Interface;
- датчики и исполнительные механизмы со встроенными интерфейсами, которые могут поодиночке подключаться к сети AS-Interface.

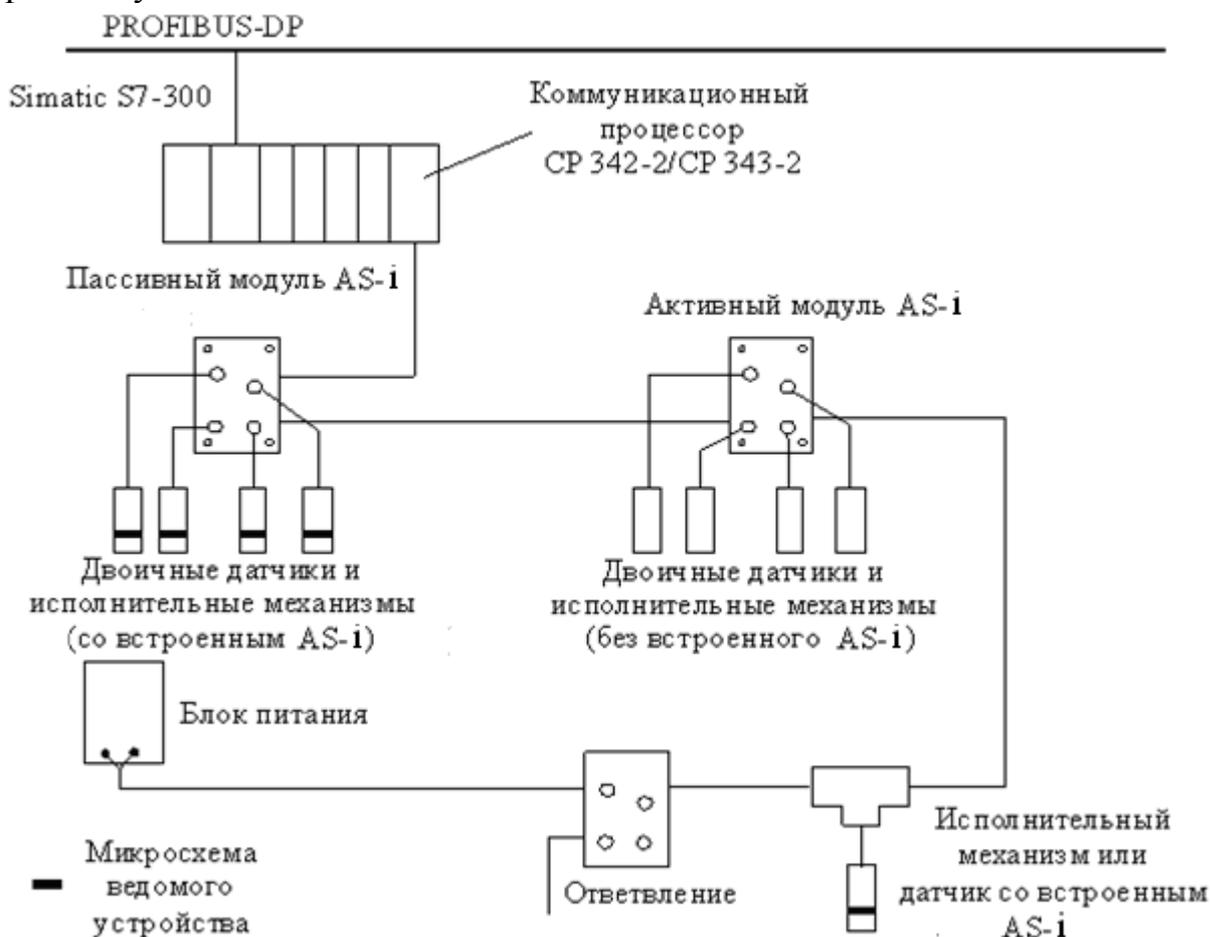


Рис. 5.1. Структура сети AS-Interface с Simatic S7-300

Различают стандартные ведомые устройства и ведомые устройства с расширенным режимом адресации (А/В ведомые).

Каждому стандартному ведомому устройству (без расширенного режима адресации) отводится один адрес в сети AS-i. К AS-i может быть подключено до 31 стандартного ведомого устройства.

Ведомые устройства с расширенным режимом адресации могут работать с ведущим устройством AS-i, поддерживающим расширенный режим адресации, попарно занимая один и тот же адрес. Вследствие этого, как уже упоминалось выше, можно удвоить количество адресуемых ведомых устройств AS-Interface.

В качестве шлюзов (модулей связи) для перехода на сеть PROFIBUS могут быть использованы различные устройства:

- Simatic S7-300/CPU31x-2DP с коммуникационными процессорами CP343-2/CP343-2 P (см. рис. 5.1);
- модули DP/AS с различной степенью защиты от окружающей среды.

Коммуникационные процессоры CP343-2/CP343-2P поддерживают расширенную адресацию, выполнение операций записи и считывания параметров настройки ведомых устройств, считывание диагностической информации. Необходимое программное обеспечение поставляется на дискете вместе с руководством по эксплуатации модуля. Коммуникационный процессор может быть использован для обслуживания до 62 дискретных или до 31 аналоговых ведомых устройств AS-Interface.

Конфигурирование AS-Interface для CP343-2 выполняется с помощью кнопок, расположенных на фронтальной панели модуля. Специального программного обеспечения для этого не нужно. CP343-2P дополнительно позволяет выполнять конфигурирование AS-Interface из среды HW-Config STEP7 от V5.2 или выше.

Коммуникационные процессоры выпускаются в компактном пластиковом корпусе с габаритами стандартного сигнального модуля Simatic S7-300 и могут устанавливаться на любое свободное место контроллера.

Модули DP/AS для организации обмена данными между сетями PROFIBUS и AS-Interface используются двух типов DP/AS-I Link Advanced и DP/AS-I Link 20E. На рис. 5.2 модуль сопряжения DP/AS-i соединяет шину PROFIBUS-DP с AS-Interface.

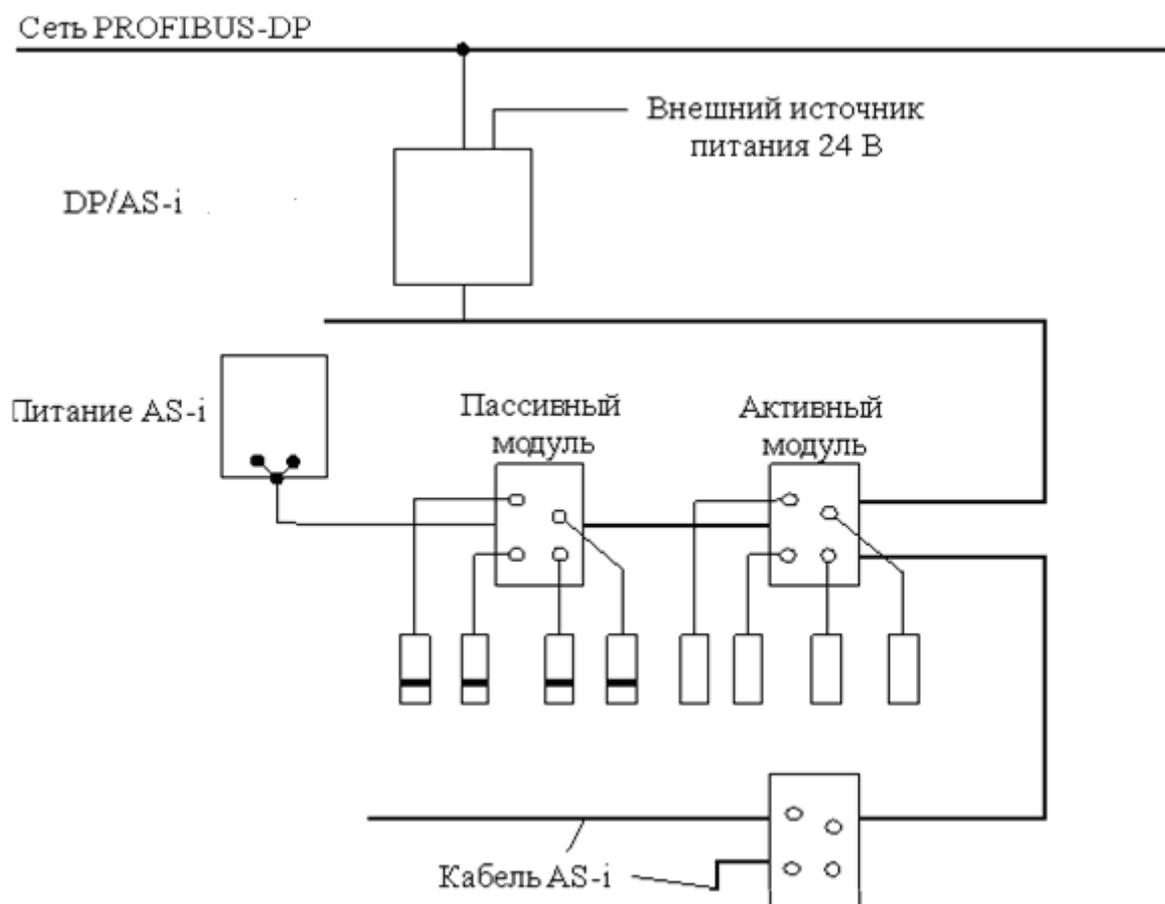


Рис. 5.2. Пример конфигурации с применением модуля сопряжения интерфейсов DP/AS-i

Модуль DP/AS-I Link Advanced в сети PROFIBUS выполняет функции ведомого DP устройства, а в сети AS-Interface выполняет функции ведущего устройства. Он реализует одно или два ведущих устройства AS-Interface. При работе с одним встроенным интерфейсом ведущего устройства AS-Interface он способен обслуживать до 62, а с двумя встроенными интерфейсами ведущего устройства AS-Interface – до 124 ведомых устройств. В последнем случае два сегмента сети AS-Interface работают независимо друг от друга. Ведомые устройства AS-Interface производства SIEMENS могут конфигурироваться в среде HW-Config STEP7 с использованием библиотеки ведомых устройств.

Модуль DP/AS-I Link 20E обеспечивает доступ к 62 ведомым устройствам, но не может работать в сочетании с повторителями RS485. Конфигурирование модуля может выполняться дистанционно через сеть PROFIBUS или локально с помощью встроенных в модуль кнопок.

Общая длина сети AS-i не должна превышать 100 м. Под общей длиной понимается сумма всех ветвей сети, обслуживаемая одним ведущим устройством. Если требуется большая длина, то можно использовать до двух удлинителей/повторителей. Тогда суммарная длина может быть увеличена до 300 м. При этом каждый сегмент требует своего источника питания (рис. 5.3). Следует иметь в виду, что гальванической развязки между кабелями нет.

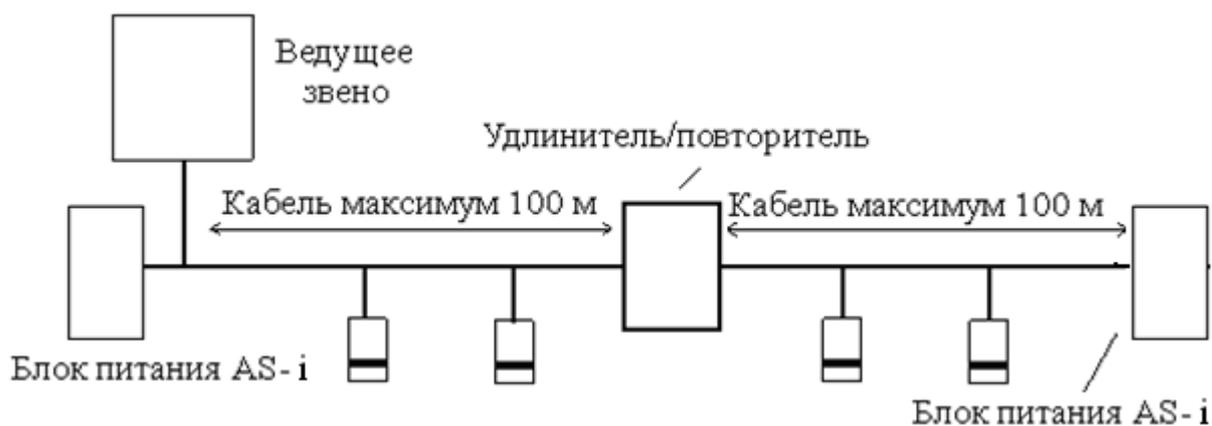


Рис. 5.3. Использование повторителей AS-Interface

Простое и быстрое выполнение монтажа системы AS-i достигается за счет использования профильного двухжильного кабеля (рис. 5.4) с сечением жилы 1,5 мм².

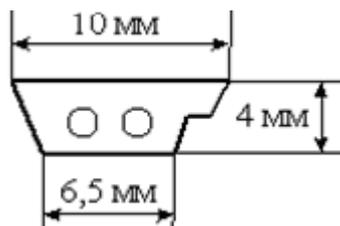


Рис. 5.4. Кабель профильный AS-Interface

Подключение к кабелю выполняется методом прокалывания изоляции. Острые контакты прорезают резиновую изоляцию кабеля и соприкасаются с обеими жилами. Кабель не требуется резать, не нужно удалять с него изоляцию. Упомянутые выше пассивные и активные модули специально разработаны для подключения методом прокалывания.

Конструктивно такие модули (рис. 5.5) состоят из двух блоков (половин). Верхний блок (модуль пользователя) и нижний блок (монтажный модуль) стягиваются винтами. При монтаже кабель размещают в направляющие пазы монтажного модуля. Когда будет привинчиваться модуль пользователя, режущие контакты будут прижаты к кабелю AS-i. Они прорежут изоляцию в двух точках и создадут контакт с жилами.

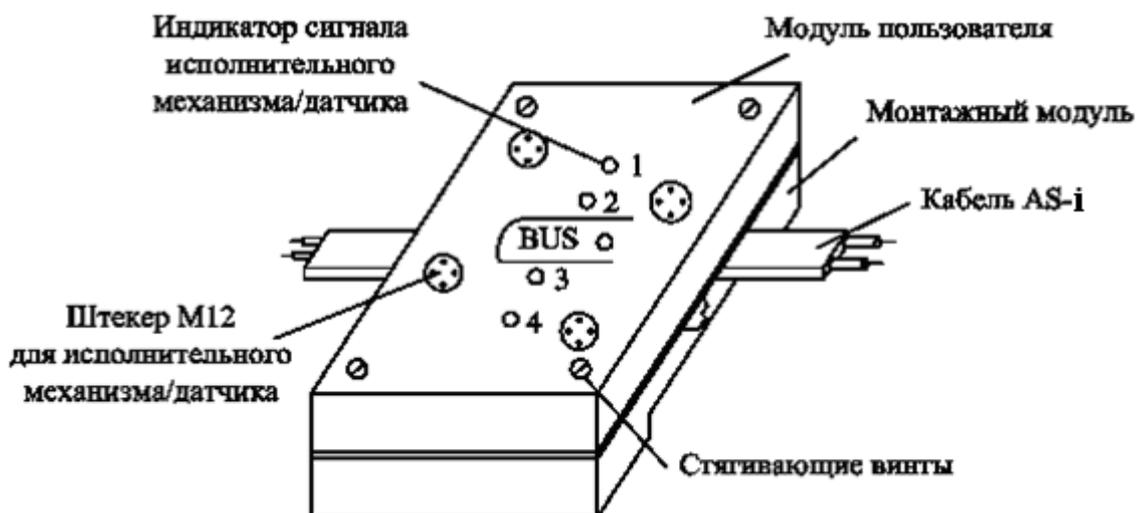


Рис. 5.5. Конструктивная схема активного модуля для четырех подключений

Оболочка кабеля AS-i выполнена из «самовосстанавливающейся» резины. Это означает, что отверстия, прорезанные острыми контактами в резиновой оболочке кабеля, при демонтаже кабеля вновь сомкнутся, и будет восстановлен тип защиты IP67.

Приобретенное новое устройство имеет сетевой адрес 0 и не распознается ведущим устройством AS-Interface. Для включения в работу ведомому устройству должен быть задан адрес из диапазона от 1 до 31 для стандартной или от 1A до 31A и от 1B до 31B для расширенной спецификации. Порядок присваиваемых адресов может быть произвольным.

Установка сетевых адресов может выполняться с помощью ведущего сетевого устройства или с помощью специального прибора для адресации и диагностики модулей AS-i (рис. 5.6).

Указанные специальные приборы постоянно совершенствуются и функциональные их возможности расширяются. Так представленный на рис. 5.6

прибор адресации и диагностики (заказной номер 3RK1904-2AB01) обеспечивает:

- проверку работоспособности AS-Interface: измерение напряжения питания (0...35 В) сети AS-Interface и значения потребляемого тока (0...100 мА);
- установку адресов ведомых устройств в соответствии со стандартной (1...31) или расширенной (1A...31A, 1B...31B) адресацией AS-Interface;
- считывание адресов всех существующих ведомых устройств AS-Interface;
- проверку работоспособности дискретного или аналогового устройства AS-Interface путем опроса его входных сигналов и установки выходных сигналов;
- считывание и сохранение данных о конфигурации сети во встроенном запоминающем устройстве и т.д.



Рис. 5.6. Прибор для адресации и диагностики модулей AS-i:

- 1 – главный индикатор, 2 – адресное поле отображения занятых адресов,
- 3 – подтверждение ввода, 4 – увеличение значения, 5 – уменьшение значения , 6 – возврат / Escape (клавиша выхода), 7 – поворотный переключатель для выбора функции, 8 – розетка разъема M12 для подключения к шине AS-i

5. 2. Обмен данными в сети AS-Interface

В связи с одновременной передачей информации и электропитания для датчиков и исполнительных механизмов потребовалось разработать новый метод модуляции для AS-Interface. Этот метод получил название Alternating Puls Modulation (рис. 5.7).

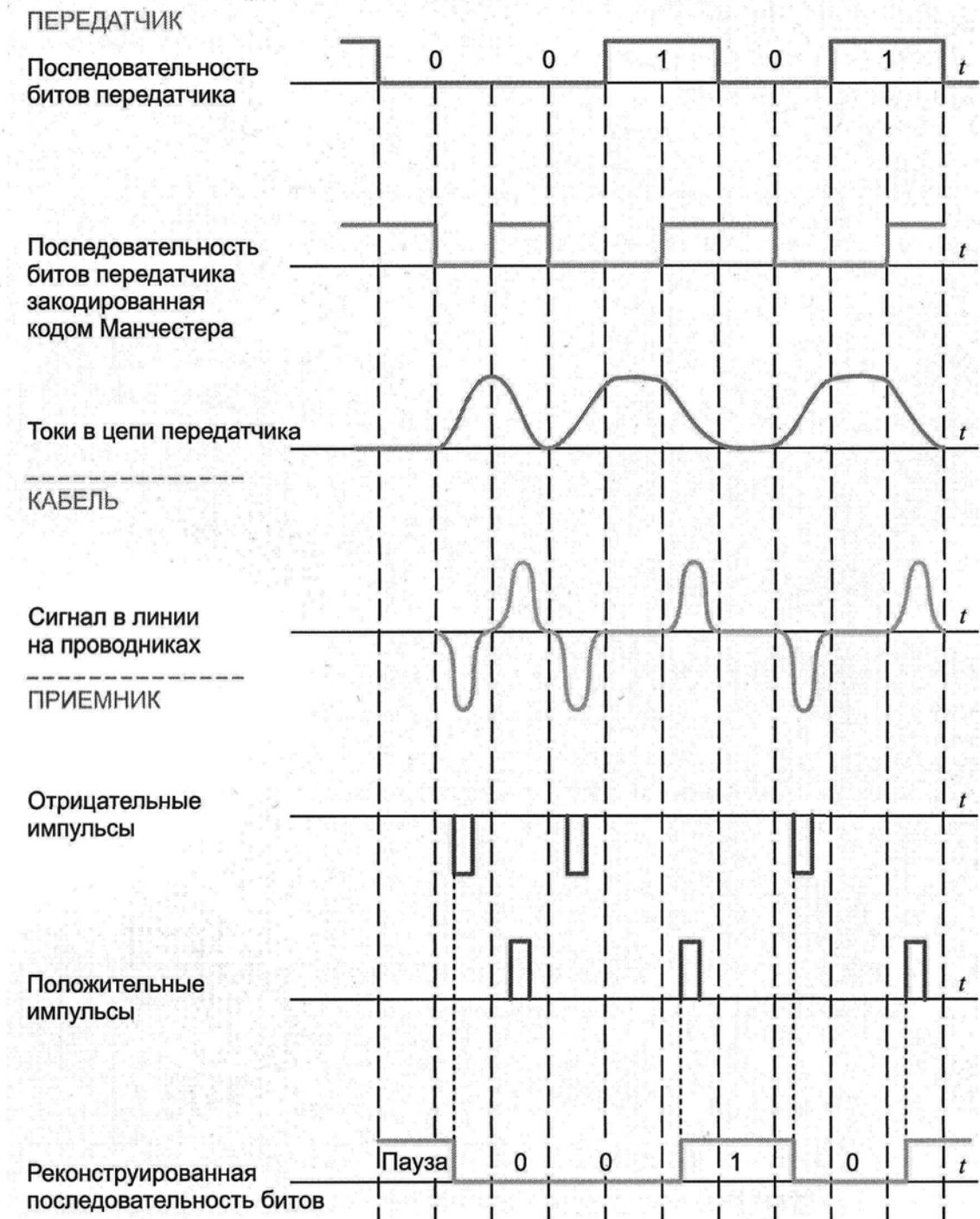


Рис. 5.7. Альтернативная импульсная модуляция для последовательной передачи данных по сети AS-Interface

Последовательность передаваемых битов сначала перекодируется в такую последовательность, в которой каждое изменение передаваемого сигнала приводит к кодированию Манчестера. При этом происходит формирование тока передачи, который в линии AS-Interface, благодаря имеющейся распределенной индуктивности, создает дифференциальные уровни напряжения. Каждое увеличение тока передачи ведет к появлению отрицательного, а понижение – положительного импульса напряжения. На приемной стороне AS-интерфейса эти сигналы напряжений детектируются и преобразуются в последовательность битов соответствующую исходной.

AS-Interface использует метод доступа к ведомым устройствам, основанный на циклическом опросе (polling). При опросе системы, состоящей из 31 ведомого устройства, время цикла составляет 5 мс. Таким образом, не позднее чем через каждые 5 мс каждый датчик или исполнительный механизм системы будет опрошен ведущим устройством. Скорость передачи данных до 53 кбит/с.

Протокол AS-Interface (рис. 5.8) состоит из запроса ведущего устройства, паузы ведущего устройства, ответа ведомого устройства и, соответственно, паузы ведомого устройства.



Рис. 5.8. Структура протокола AS-Interface

Все запросы ведущего устройства имеют длину 14 бит, все ответы ведомого устройства занимают 7 бит. При этом период времени передачи одного бита составляет 6 мкс. Пауза ведущего устройства может занимать по времени от 3 до 10 тактов передачи бита. Если ведомое устройство было синхронизировано, то есть приняло сообщение ведущего устройства и ответило, то это позволяет начать передачу ответа ведомого устройства через 3 такта. Если ведомое устройство не было синхронизировано, например, это первый запрос в адрес данного ведомого устройства или запрос после воздействия помехи, то требуется на два такта больше, чем это было необходимо в первом случае. Если ведущее устройство

после 10 тактов не приняло стартовый бит ответа ведомого устройства, можно сделать заключение, что ответ не проходит, и ведущее устройство может послать следующий запрос, например, ведомому устройству с более высоким адресом.

В табл. 5.1 и табл. 5.2 представлена дополнительная информация соответственно о назначении и состоянии битов ведущего устройства и ответа ведомого

Таблица 5.1

ST	Стартовый бит	Маркирует начало запроса ведущего устройства 0-действительный стартовый бит, 1- не допускается
SB	Управляющий бит	Обозначает тип запроса (запрос данных, параметра и т.п.) 0- запрос данных, параметра, адреса, 1- запрос команды
A4...A0	Адрес	Адрес ведомого устройства (5 разрядов)
I4...I0	Информация	5 информационных разрядов, соответствующих типу запроса (параметр, команда)
PB	Бит паритета	Сумма всех «1» в запросе ведущего устройства должна быть четной
EB	Конечный бит	Формирует конец запроса ведущего устройства: 0- не допускается, 1- признак конечного бита.

Таблица 5.2

ST	Стартовый бит	Маркирует начало запроса ведомого устройства 0-действительный стартовый бит, 1- не допускается
I3...I0	Информация	4 информационных разрядов указывают, например, параметр, установленный порт ввода-вывода, статус ведомого устройства
PB	Бит паритета	Сумма всех «1» в запросе ведомого устройства должна быть четной
EB	Конечный бит	Формирует конец запроса ведомого устройства: 0- не допускается, 1- признак конечного бита.

В табл. 5.3 представлены все допустимые запросы/команды ведущего устройства.

Таблица 5.3

	ST	SB	5 адресных разрядов	5 разрядов информации	PB	EB
Запрос данных	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	0 I3 I2 I1 I0	PB	1
Записать параметр	0	0	A4 A3 A2 A1 A0	1 I3 I2 I1 I0	PB	1
Присвоение адреса	0	0	0 0 0 0 0	A4 A3 A2 A1 A0	PB	1
Другие команды						
Сброс ведомого устройства	0	1	A4 A3 A2 A1 A0	1 1 1 0 0	PB	1
Удалить адрес	0	1	A4 A3 A2 A1 A0	0 0 0 0 0	PB	1
Считать конфигурацию ввода-вывода	0	1	A4 A3 A2 A1 A0	1 0 0 0 0	PB	1
Считать идентификационный код	1	1	A4 A3 A2 A1 A0	1 0 0 0 1	PB	1
Считать статус	1	1	A4 A3 A2 A1 A0	1 1 1 1 0	PB	1

Запрос данных ведущего устройства используется, чтобы передать последовательность битов на выходы данных запрашиваемого ведомого устройства и затем прочитать ответ ведомого устройства, содержащий биты логического состояния входов данных ведомого устройства. Направление порта данных ведомого устройства (вход, выход, двунаправленный порт) задается при установке конфигурации ввода-вывода.

5.3. Лабораторный стенд для изучения сети AS-Interface

Сотрудниками кафедры «Электропривод и автоматизация промустановок» ЮУрГУ создан лабораторный стенд, включающий в себя основные компоненты сети AS-Interface, устройства связи с сетью

Все основное изучаемое оборудование стенда поставки фирмы Siemens – разработчика и популяризатора сети AS-Interface. Лишь кнопки, тумблеры, индикаторы и иное вспомогательное оборудование отечественного производства и некоторых других зарубежных фирм.

Конструктивно стенд (рис. 5.9) представляет собой стойку 1, устанавливаемую на лабораторном столе 2. Стойка выполнена переносной с возможностью установки на любом подходящем столе, имеющемся в лаборатории. В основании стойки для крепления к столу предусмотрены соответствующие отверстия. На столе располагается ноутбук 3 с адаптером, являющимся неотъемлемой частью стенда, а также при необходимости прибор адресации и диагностики модулей сети, мультиметр и осциллограф.

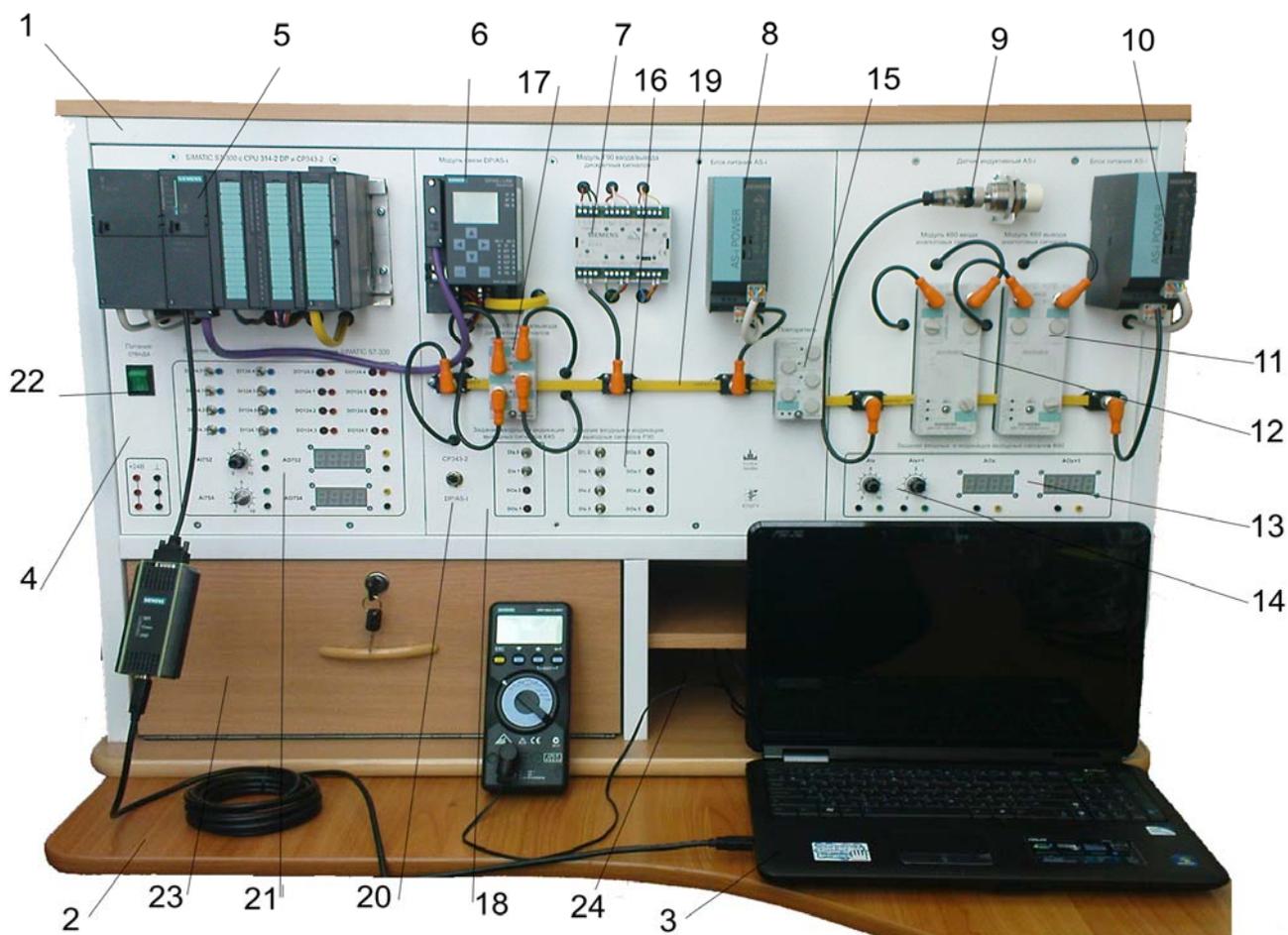


Рис. 5.9. Внешний вид стенда

На лицевой стороне стойки закреплена металлическая панель 4, с установленным на ней оборудованием изучаемой сети. На панели расположены:

- блок 5 программируемого контроллера SIMATIC S7-300, включающий в себя блок питания контроллера типа PS-300, процессорный модуль CPU314C-2DP с модулями ввода / вывода дискретных и аналоговых сигналов, а также коммуникационный процессор CP343-2 для связи с сетью AS-Interface;
- модуль 6 типа DP/AS-I Link Advanced для связи сети PROFIBUS-DP с сетью AS-Interface;
- модуль 7 типа F90 (плоский) для ввода/ вывода дискретных сигналов сети AS-Interface (4 входа/4 выхода);
- блоки 8 и 10 источников питания $\sim 220\text{ В}/=30\text{ В}$ сети AS-Interface;
- датчик индуктивный 9 со встроенной микросхемой связи с AS-Interface;
- модуль 11 типа K60 для вывода аналоговых сигналов из сети AS-Interface (2 выхода);
- модуль 12 типа K60 для ввода аналоговых сигналов в сеть AS-Interface (2 входа);
- поле 13 индикации выходных сигналов модуля 12 (2 цифровых вольтметра);

- поле 14 задания входных сигналов на модуль 12 (2 потенциометра);
- повторитель (удлинитель) 15 сети AS-Interface;
- поле 16 задания входных (кнопки и тумблеры) и индикации (светодиоды) сигналов модуля 7;
 - модуль 17 типа К45 для ввода/ вывода дискретных сигналов сети AS-Interface (2 входа/2 выхода);
 - поле 18 задания входных (тумблеры) и индикации (светодиоды) сигналов модуля 17;
 - кабель 19 желтый специальной (кодирующей) формы, который проходит через ряд модулей, подключение которых к кабелю осуществляется методом прокалывания;
 - переключатель 20 для подключения сети AS-Interface либо к сети PROFIBUS-DP, либо к коммуникационному процессору CP343-2;
 - поле 21 для задания входных сигналов (кнопки, тумблеры, потенциометры) и выходных сигналов (светодиоды, вольтметры) блоку 5 программируемого контроллера SIMATIC S7-300;
 - выключатель питания стенда 22.

В стойке предусмотрен выдвижной ящик 23 с замком для хранения ноутбука, прибора адресации и диагностики, мультиметра и технической документации, а также предусмотрен отсек с перегородкой 24 для бумаг, литературы и пр.

На рис. 5.10 представлена схема электрическая функциональная стенда. На схеме представлены подробные указания функционального назначения каждого элемента схемы и поэтому дополнительных пояснений к схеме не требуется. Следует только указать, что ПС1...ПС5 – это поля размещения задания входных и индикации выходных сигналов соответствующих модулей программируемого контроллера и сети.

По литературным источникам следует, что оборудование для AS-Interface чрезвычайно популярно у европейских специалистов по автоматизации, но им мало интересуются в нашей стране и мало специалистов о нем знают. Представленный стенд в какой-то мере способствует устранению этого недостатка.

5.4. Пример программирования управления объектом по сети AS-Interface

В качестве примера рассмотрим на представленном лабораторном стенде управление движением тележки по сети AS-Interface.

Тележка перемещается по прямолинейному пути. Имеется два фиксированных положения П0 и П1. Исходное положение тележки – П0. При кратковременном нажатии на кнопку «Пуск» тележка движется вперед до положения П1, стоит в положении П1 5 секунд и возвращается назад в положение П0. В положении П0 немедленно возникает реверс привода тележки. Тележка вновь движется в

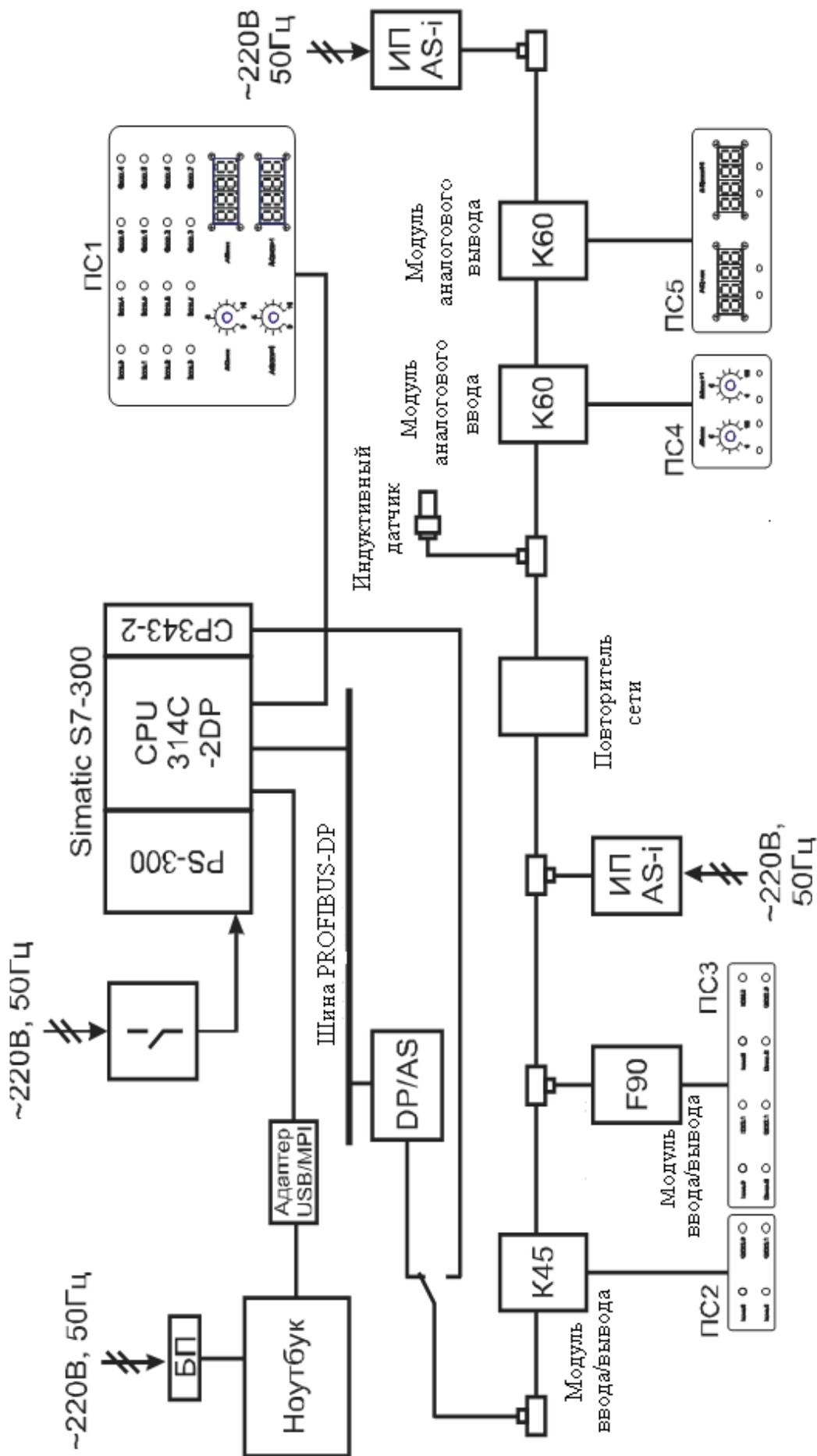


Рис. 5.10. Схема электрическая функциональная лабораторного стенда

положение П1, стоит в нем 5 секунд и возвращается в П0. В положении П0 вновь возникает команда на движение до положения П1 и т.д. После 10 циклов перемещения в положение П1 при возвращении тележки в положение П0 возникает сигнал «Конец цикла». Для управления движением тележки следует предусмотреть счетчик (СЧ) со счетом до 10, задержку времени (таймер) для формирования задержанного сигнала П1[↑] и память P_П о нажатии на кнопку «Пуск».

Память P_П о нажатии на кнопку «Пуск» формируется в соответствии со следующим логическим уравнением

$$P_{\text{П}} = (\text{Пуск} + P_{\text{П}}) \cdot \overline{\text{КЦ}}$$

Команда на перемещение тележки вперед (В) возникает в положении П0, если отсутствует сигнал счетчика СЧ, и сохраняется при наличии сигнала памяти пуска P_П до достижения положения П1. Этому описанию соответствует логическое уравнение

$$V = (\text{П0} \cdot \overline{\text{СЧ}} + V) \cdot \overline{\text{П1}} \cdot P_{\text{П}}$$

Команда на перемещение тележки назад (Н) возникает через 5 секунд ее нахождения в положении П1 и сохраняется, при наличии переменной P_П, до достижения положения П0. Тогда логическое уравнение для команды Н имеет вид

$$H = (\text{П1}^{\uparrow} + H) \cdot \overline{\text{П0}} \cdot P_{\text{П}}$$

Сигнал конца цикла (КЦ) возникает в положении П0 при наличии сигнала счетчика СЧ о завершении 10 циклов перемещения в положение П1 и сигнала P_П. Сигнал КЦ сохраняется до очередного нажатия на кнопку «Пуск». Тогда логическое уравнение для рассматриваемого сигнала имеет вид

$$\text{КЦ} = (\text{П0} \cdot \text{СЧ} \cdot P_{\text{П}} + \text{КЦ}) \cdot \overline{\text{Пуск}}$$

Сброс счетчика производится сигналом конца цикла КЦ.

Для формирования входных и выходных и выходных сигналов и команд по условию задачи необходимо использовать модули ввода-вывода дискретных сигналов серии K45 и F90 (рис. 5.10) лабораторного стенда. Для связи же с сетью PROFIBUS-DP использовать модуль сопряжения DP/AS-I Link Advanced. (в дальнейшем изложении DP/AS-i). Модуль DP/AS-i позволяет использовать сеть AS-Interface как подсеть для PROFIBUS-DP. В результате, в общей шинной системе можно сочетать преимущества, которыми обладает сеть PROFIBUS-DP и сеть AS-Interface.

Для решения поставленной задачи необходимо

- провести конфигурирование контроллерного блока и сети PROFIBUS-DP;
- провести конфигурирование сети AS-Interface;
- задать адресацию физическую и символьную входным и выходным командам и сигналам;
- написать и ввести в контроллер программу управления объектом автоматизации;

– запустить контроллер для выполнения программы управления объектом и убедиться в правильности ее работы. При необходимости ввести коррективы в программу и добиться правильности управления объектом.

Конфигурирование контроллерного блока было уже рассмотрено в примере проектирования сети PROFIBUS-DP (см. п. 3.2 данного пособия). Следует учесть, что в стенде с сетью AS-интерфейс используется программируемый контроллер SIMATIC S7-300 с процессором CPU 314C-2DP. Этот контроллер оснащен не только коммуникационным интерфейсом, но и набором встроенных входов и выходов. Такой процессор используется в качестве готового блока управления. После конфигурирования контроллерного блока следует присвоить контроллеру статус Master'a сети PROFIBUS-DP. Для этого левой кнопкой мыши следует выбрать строку DP процессорного модуля и в появившемся окне «Properties – PROFIBUS interface DP (RO/S2.1)» выделить строку «PROFIBUS (1)» и нажать ОК. В верхнем окне конфигурационной таблицы появится изображение шины (в просторечии, как уже упоминалось, «вешалка» или «якорь»), к которой будут подключаться компоненты сети (рис.5.11).

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address	Comment
1							
2	CPU 314C-2 DP	6ES7 314-6CG03-0AB0	V2.6	2			
X2	DP				1023*		
2.2	DI24/DO16				124...126	124...125	
2.3	AI5/AO2				752...761	752...755	
2.4	Count				768...769	768...769	
2.5	Position				784...789	784...789	
3							
4							

Рис. 5.11. Конфигурирование контроллерного блока и сети PROFIBUS-DP

Затем устанавливается на шину PROFIBUS (1) модуль сопряжения DP/AS-I Link Advanced. Для этого в разделе PROFIBUS-DP каталога аппаратуры найдите раздел DP/AS-I, в нем выберите позицию DP/AS-I Link Advanced, а в ней модуль с заказным номером 6GK1 415-2BA20 с версией V2.0. Этот модуль методом

Drag&Drop перетащите на изображение шины («вешалки»). В нижней части конфигурационной таблицы появляется информация о DP/AS-I Link Advanced.

Конфигурирование сети AS-Interface заключается во внесении в появившуюся конфигурационную таблицу с DP/AS-I Link Advanced данных подключаемых модулей сети AS-Interface:

- компактный модуль ввода-вывода дискретных сигналов серии K45 на 2 входа/2 выхода с заказным номером 3RK1 400-0BQ20-0AA3 (Input/Output modul IP6x Digital/ Input/Output K45F, 2DI/2DO);

- модуль ввода-вывода дискретных сигналов серии F90 на 4 входа/4 выхода (плоский) с заказным номером 3RG9 002-0DB00 (F90, IP20, 4DI/4DO, 4xInput, PNP, 200 mA, 4xOutput, 1A, 24 V, modul 90 mm);

- модуль ввода аналоговых сигналов серии K60 (2 входа) с заказным номером 3RK1 207-2BQ40-0AA3 (K60, IP67, analog 2AI, 2xInput, Voltage +/- 10 V, 1...5 V, 16 bits);

- модуль вывода аналоговых сигналов серии K60 (2 выхода) с заказным номером 3RK1 107-2BQ40-0AA3 (K60, IP67, analog, 2AO, output voltage +/- 10 V, 0...10 V, 1...5 V, 12 bits);

- датчик индуктивный ПС221 фирмы «ИФМ электроник» (AS-I профиль – S-0.A.F).

Обратите внимание на информацию в скобках по каждому модулю, она необходима при конфигурировании соответствующего модуля.

Рассмотрим для примера последовательность внесения в конфигурационную таблицу модуля ввода-вывода дискретных сигналов серии K45.

Следует выбрать в таблице строку с AS-I addr. [1] 1A и щелчком правой кнопки мыши открыть окно, в котором выбирается позиция «Insert Objekt». Открывается окно выбора типа модуля сопряжения.

Затем последовательно выбирая позиции DP/AS-I Link Advanced ► 6GK1 415-2BA20 ► V2.0 ► AS-I Slave, в строке с выбранным адресом [1] 1A появляется запись AS-I Slave. Следует скопировать ее и записать по адресам [1] 2A, [1] 3A, [1] 4A, [1] 6A. Двойным щелчком левой кнопкой мыши по строке с адресом [1] 1A выводится окно «Properties AS-I Slave-(TB1,1)» (рис. 5.12).

В этом окне выбрать позицию «Configuration», а в появившемся окне нажать кнопку «Selection». Появляется окно «Slave Selection Dialog» с перечнем групп элементов сети AS-Interface.

Для установки требуемого модуля K45 нужно следовать последовательности: Input/Output modules IP6x compact modules ► Digital ► Input/Output ► K45 compact modules ► 3RK1 400-1BQ20-0AA3 ► ОК (рис. 5.13). В строке с адресом [1] 1A появляется информация о подключенном модуле. При конфигурировании сети AS-Interface источники питания и удлинители (повторители) не учитываются.

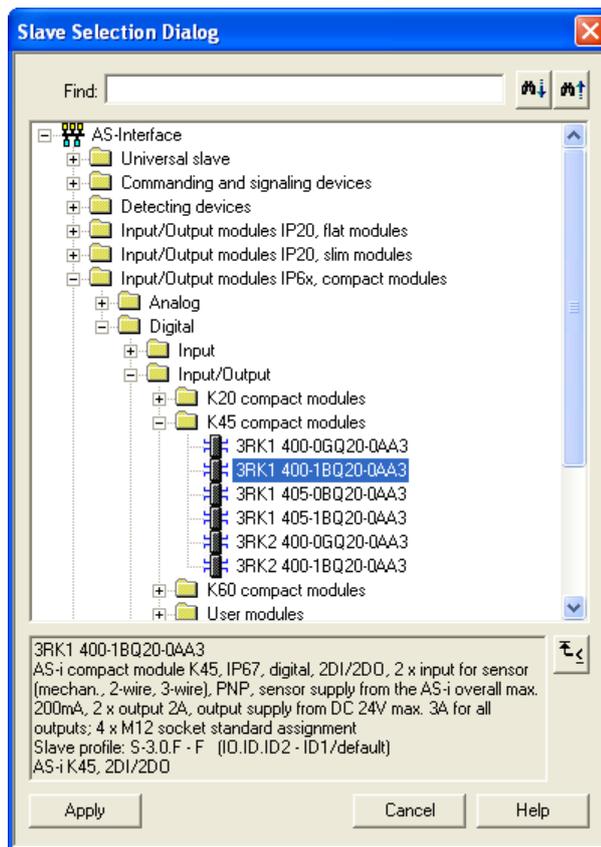


Рис. 5.12. Окно редактирования свойств устройства сети AS-Interface

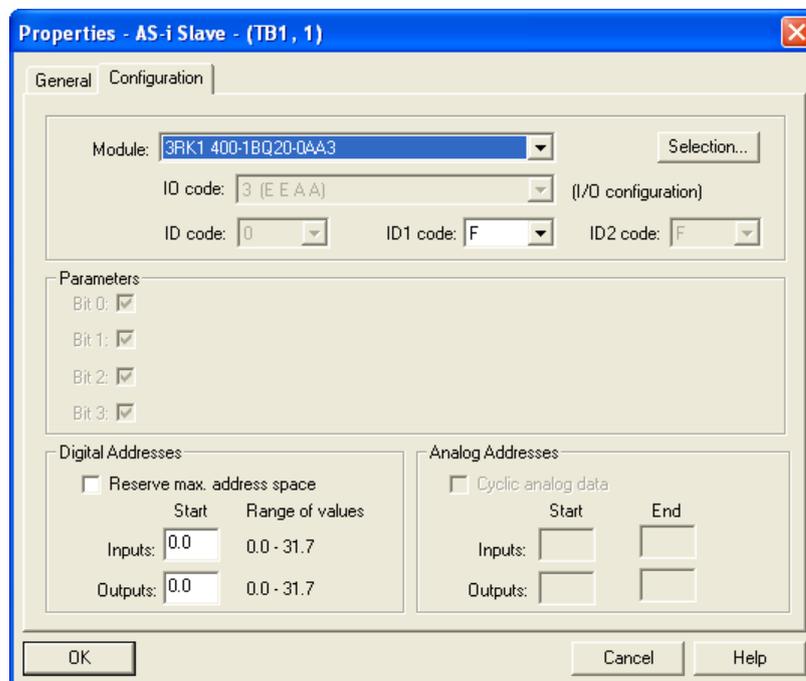


Рис. 5.13. Выбор устройства сети AS-Interface

Аналогично осуществляется ввод в конфигурационную таблицу модулей серии F90 и K60. Сложнее обстоит дело с устройствами, которые выпускаются другими фирмами и не представлены в каталоге программного обеспечения STEP7. В нашем случае это индуктивный датчик ПС221 фирмы «IFM Electronics». При этом также необходимо вызвать окно «Properties AS-i Slave-(TB1,5)». В окне module необходимо выбрать пункт AS-i A/B Slave Universal. В поле IO code (I/O configuration) необходимо установить 0 (E E E E), в поле ID code – A, в поле ID1 – 7, и в поле code ID2 – F (рис. 5.14).

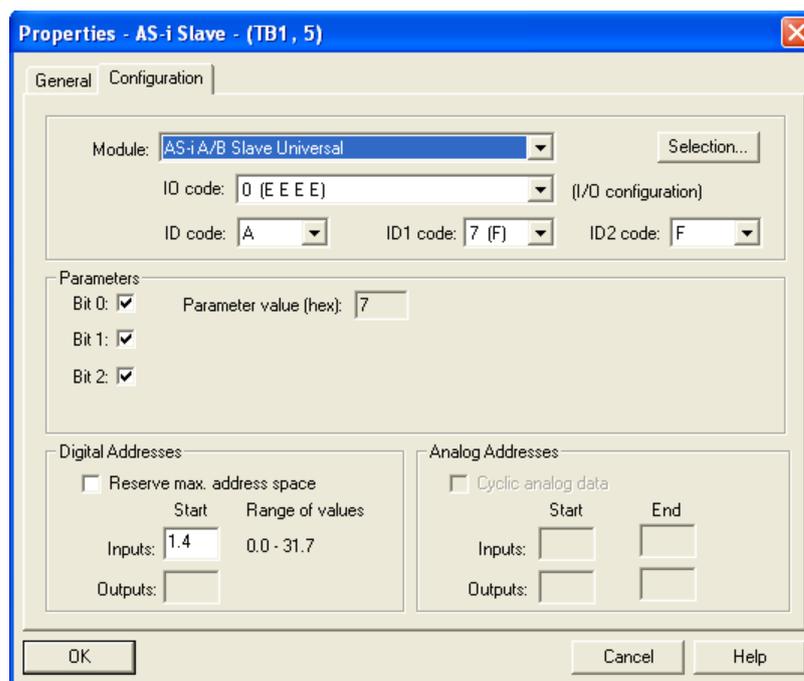


Рис. 5.14. Окно редактирования свойств индуктивного датчика ПС221

Итоговая таблица конфигурирования сети AS-Interface имеет вид, представленный на рис. 5. 15.

Как следует из рис. 5.15 при установке каждого модуля автоматически присваиваются его адреса входов и выходов. STEP 7 автоматически адреса сети AS-Interface сделал как бы собственностью процессорного блока. Эти адреса будут использоваться при подготовке программы управления объектом автоматизации.

Адресацию физическую и символьную входным и выходным командам и сигналам определяет проектировщик по своему усмотрению. Принимаем, что входные сигналы контролируемых положений П0, П1 и выходной сигнал конца цикла КЦ формируются модулем ввода-вывода дискретных сигналов серии K45. Входная команда Пуск и выходные команды В и Н формируются модулем ввода-вывода дискретных сигналов серии F90. Адресация сигналов и команд для рассматриваемого случая физическая и символьная представлена в табл. 5.4.

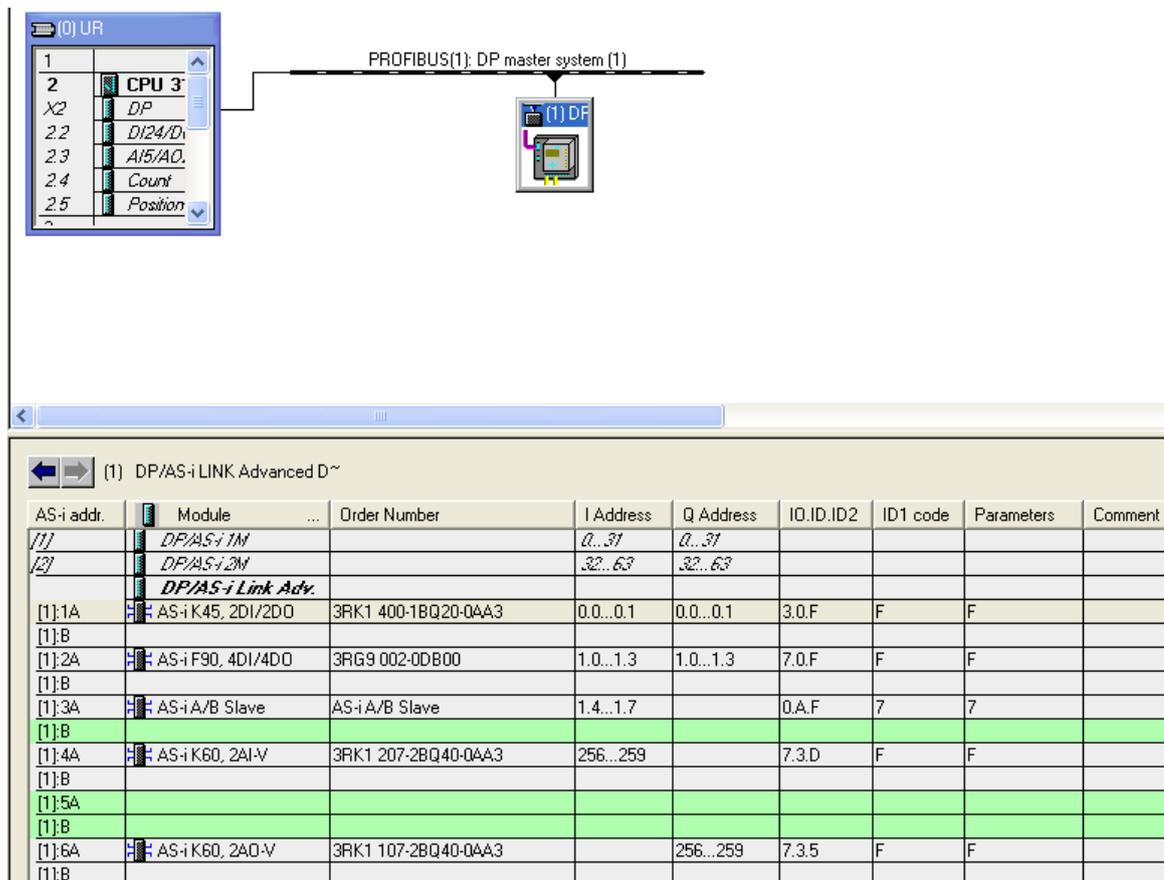


Рис. 5.15. Итоговая конфигурационная таблица устройств подключаемых к сети AS-Interface

Таблица 5.4

Команда, сигнал	П0	П1	Пуск	В	Н	КЦ	Р _П	СЧ	П1 [↑]
Адрес	I0.0	I0.1	I1.0	Q1.0	Q1.1	Q0.0	M0.0	M0.1	M0.2
Символ	П0	П1	Пуск	Вперед	Назад	КЦ	Память	СЧ	Задержка

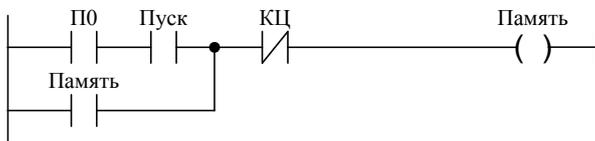
Программа управления объектом автоматизации (рис. 5.16) с учетом адресации табл. 5.4 составлена на языке лестничных диаграмм. Она составлена в полном соответствии с вышеприведенными логическими уравнениями и в дополнительных комментариях не нуждается.

ОВ1:

Управление движением тележки

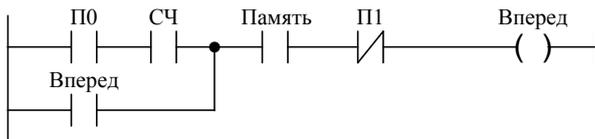
Network: 1

Память пуска



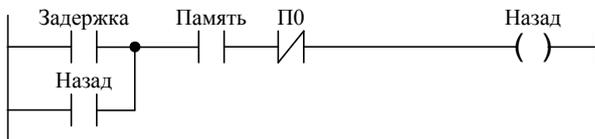
Network: 2

Движение вперед



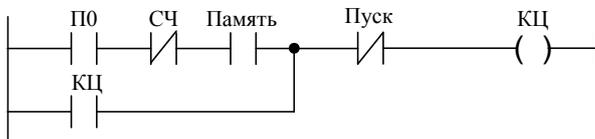
Network: 3

Движение назад



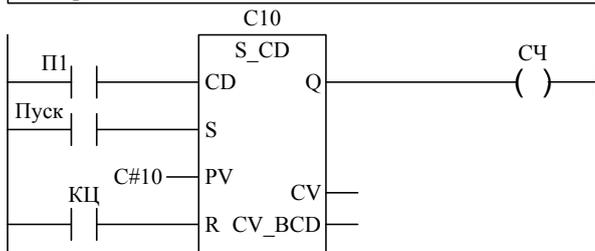
Network: 4

Конец цикла



Network: 5

Управление счетчиком



Network: 6

Управление таймером с задержкой на включение

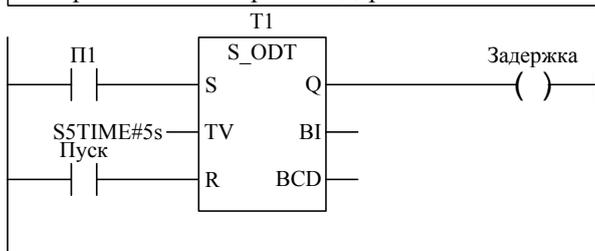


Рис. 5.16 . Программа управления объектом автоматизации

В программе (рис. 5.16) использован счетчик на вычитание. При нажатии на кнопку «Пуск» в счетчик вводится уставка 10. Счетчик считает число циклов перемещения в положение П1. При достижении этого положения число в счетчике уменьшается на единицу. Счетчик сбрасывается по сигналу конца цикла КЦ. Признаком окончания цикла является число в счетчике равное нулю, при котором на выходе счетчика «0». Поэтому в уравнениях команд В и КЦ использована инверсия сигнала СЧ по отношению к ранее записанным уравнениям:

$$V = (П0 \cdot СЧ + В) \cdot \overline{П1} \cdot P_{II}$$

$$КЦ = (П0 \cdot \overline{СЧ} \cdot P_{II} + КЦ) \cdot \overline{Пуск}$$

При **проверке правильности функционирования программы** объект автоматизации представляется мысленно, на который управляющие команды и сигналы датчиков подаются включением/отключением тумблеров полей ПС2 и ПС3 соответственно модулей К45 и F90 (рис. 5.10), а команды на исполнительный механизм - загоранием/погасанием светодиодов указанных полей.

6. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ Industrial Ethernet

6.1 Общие сведения и основные системные компоненты

Industrial Ethernet – это мощная коммуникационная сеть верхнего уровня управления для промышленного применения, соответствующая международным стандартам IEEE 802.3 (Industrial Ethernet) и IEEE 802.3u (Fast Industrial Ethernet). Ethernet занимает 80% рынка мировых локальных сетей.

Industrial Ethernet может работать при скорости передачи 10 Мбит/с с использованием триаксиального кабеля, стеклянного волоконно-оптического кабеля или экранированной витой пары.

Fast Industrial Ethernet может работать при скорости передачи 100 Мбит/с с использованием стеклянного волоконно-оптического кабеля или экранированной витой пары.

В 1997 году появилась версия на скорость 1000 Мбит/с (**Gigabit Ethernet**, стандарт IEEE 802.3z).

Управление доступом к сети обеспечивается с помощью протокола Carrier Sense Multiple Access with/Collision Detection (**CSMA/CD**)

Протокол CSMA/CD (множественный доступ с опросом несущей и обнаружением коллизий) также известен как протокол LWT (Listen While Talk буквально, говори, слушая.). Такой метод доступа является децентрализованным, поскольку все терминальные устройства, подключенные к сети, обладают равными правами.

Если терминальное устройство собирается передавать данные, оно сначала слушает, не передаются ли по каналу связи данные другими терминальными устройствами. Если другие терминальные устройства не передают данные, оно может начать передачу. Если же терминальное устройство обнаружило, что среда передачи уже используется другим оконечным оборудованием данных (ООД), оно должно дождаться освобождения канала связи. Все терминальные устройства слышат передаваемые данные. Информация об адресе назначения, содержащаяся в данных, позволяет терминальному устройству распознать, должно оно принимать данные или нет.

Если несколько терминальных устройств собираются передавать данные одновременно, и они обнаружили, что канал связи свободен, они начинают передачу. Спустя короткое время произойдет столкновение передаваемых данных (коллизия).

Терминальные устройства снабжены механизмом, который позволяет им обнаруживать такие коллизии. Все терминалы, оказавшиеся участниками коллизии, прекращают передачу, и в течение некоторого времени для каждого терминала производится вычисление величины задержки обращения к сети. Случайный характер величины задержки с высокой степенью вероятности гарантирует, что у всех терминалов, участвующих в конфликте, задержки будут различными. Затем попытка передачи повторяется сначала. Терминал, у

которого вычисленная задержка будет меньше, начнет передачу первым и заблокирует все остальные передачи. Другие терминалы ожидают освобождения канала связи.

Техника доступа CSMA/CD функционирует без ошибок в сети Ethernet, протяжённость которой ограничена максимальным допустимым временем распространения пакета данных. Расстояние, в пределах которого протокол CSMA/CD работает корректно, называют доменом обнаружения коллизий, или "коллизийным доменом". В классических сетях Ethernet (10 Мбит/с) домен обнаружения коллизий имеет протяжённость 4520 м. С увеличением скорости передачи информации, базирующейся на том же методе доступа CSMA/CD, как, например, в сети Fast Industrial Ethernet, максимальная протяжённость домена обнаружения коллизий уменьшается пропорционально увеличению скорости передачи.

Сопоставление основных характеристик Industrial Ethernet и Fast Industrial Ethernet представлено в табл. 6.1. Из этой таблицы следует, что они отличаются не только быстродействием, но использованием разных сред передачи информации и использованием разных компонентов.

Таблица 6.1

Сравнение Ethernet и Fast Ethernet		
	Ethernet	Fast Ethernet
Стандарт IEEE	802.3	802.3u
Скорость передачи	10 Мит/с	100 Мит/с
Длительность импульса (бита)	10 нс	10 нс
Метод доступа	CSMA/CD	
Наибольшая длина пакета	1518 байт	
Наименьшая длина пакета	64 байт	
Длина поля адреса	48 бит	
Топология	звезда, дерево, шина	
Поддерживаемая среда передачи	Коакс: 10BASE5 Витая пара: 10BASE-T ВО: 10BASE-FL	Витая пара: 100BASE-TX ВО: 100BASE-FX
Сетевые компоненты	Трансиверы OLM ELM ASGE Mini UTDE Mini OTDE	OSM ESM
Макс. длина сегмента витой пары	100 м	100 м
Макс. длина сегмента оптоволоконна	Многомодовое опто- волоконно 3000 м	Многомодовое волокно: 3000 м Одномодовое волокно: 26 км

6.2. Стандартные сегменты и сетевые компоненты сети Industrial Ethernet

Industrial Ethernet ориентирован на использование 3-х стандартных сегментов: 10BASE5, 10BASE-T и 10BASE-FL.

Наименование сегмента включает в себя три элемента: цифра «10» означает скорость передачи 10 Мбит/с, слово BASE – передачу в основной полосе частот, а последний элемент – допустимую длину сегмента: «5» - 500 метров или тип линии связи: «Т» - витая пара (от английского «twisted pair»), «F» - оптоволоконный кабель (от английского «fiber optic»).

Стандарт 10BASE5 определяет сегмент Ethernet на основе толстого триаксиального кабеля с топологией «шина» длиной до 500 метров. Распространение такого кабеля ограничено. Это связано с большими трудностями монтажа и сравнительно высокой стоимостью. Толстый кабель – это самая дорогая среда передачи (примерно втрое дороже, чем другие типы). Тем не менее, он обладает лучшей помехоустойчивостью и высокой механической прочностью.

Подключение, например, компьютера к сети (рис. 6.1) обеспечивается трансивером (MAU, Medium Attachment Unit – устройство присоединения к среде), которое устанавливается на толстом кабеле и связывается с адаптером трансиверным кабелем.

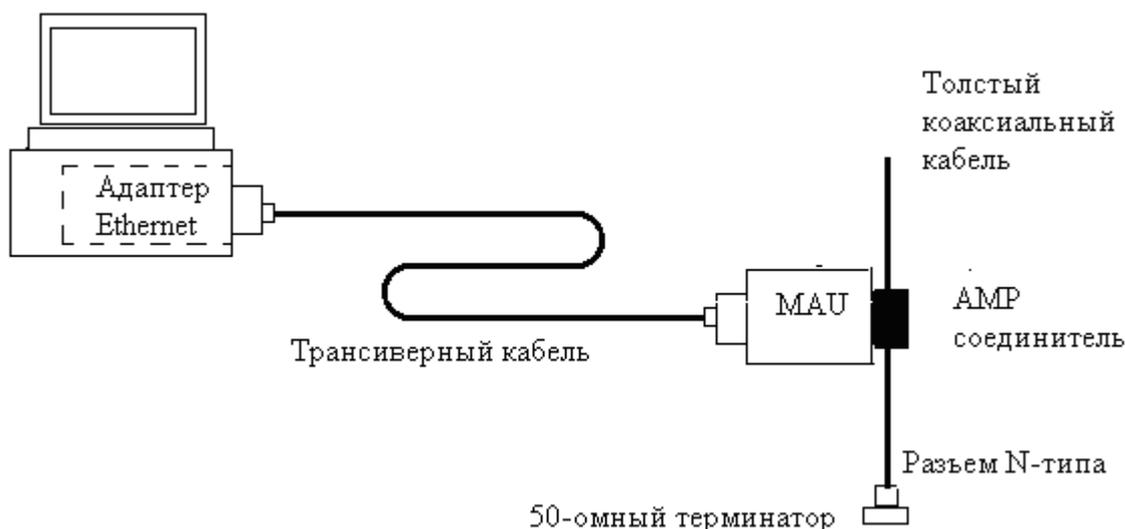


Рис. 6.1. Подсоединение адаптера к толстому кабелю

Для присоединения к кабелю используются устройства, предложенные корпорацией AMP. Они не требуют разрезания кабеля в точке присоединения, а просто прокалывают оболочку и изоляцию кабеля, обеспечивая механическое и электрическое соединение, как с оплеткой, так и с центральной жилой кабеля. Они носят название «вампиры».

Здесь «Адаптер Ethernet» обеспечивает сопряжение объекта, например компьютера, с сетью, то есть обмен информацией между объектом и каналом связи в соответствии с принятыми правилами обмена. Адаптер, как правило,

выполняется в виде платы, которая вставляется, например, в слоты расширения компьютера.

Стандарт 10BASE-T определяет сегмент Ethernet на основе промышленной витой пары. Промышленная витая пара (10BASE-T) обеспечивает передачу данных со скоростью 10 Мбит/с.

Среда передачи представляет собой экранированный кабель с двумя витыми парами с волновым сопротивлением 100 Ом. Каждая пара проводов передает информацию только в одну сторону (одна пара – передающая, другая – принимающая). Использование встречно направленных витых пар упрощает задачу детектирования коллизий. Коллизия детектируется тогда, когда имеется входной сигнал во время передачи.

На концах кабеля, согласно стандарту 10BASE-T, располагаются разъемы RJ-45. В рамках семейства продукции SIMATIC NET в качестве альтернативы также возможно использование разъемов sub-D.

Витая пара позволяет устанавливать соединения «точка – точка» между двумя электрически активными компонентами. Это означает, что между терминалом и портом сетевого компонента всегда устанавливается прямая связь (прямой канал). Сетевой компонент осуществляет усиление принятых сигналов и их дальнейшую передачу через все свои выходные порты. В сетях Industrial Ethernet семейства SIMATIC NET эти задачи выполняются такими сетевыми компонентами, как OLM, ELM, OSM и ESM. Максимальная длина канала, связывающего терминал и сетевой компонент (известная как длина сегмента) не может превышать 100 м.

Кабелем, содержащим двойные витые пары, каждый из абонентов сети подключается к концентратору (разветвителю), использование которого обязательно (рис. 6.2).

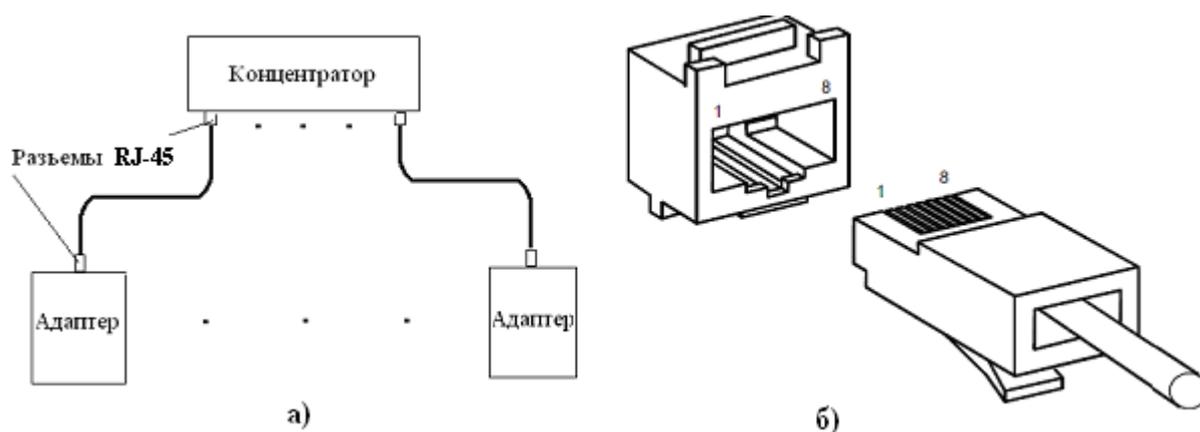


Рис. 6.2. Связь абонентов 10BASE-T с сетью с помощью кабелей с витыми парами: а) подключение, б) конструкция разъема RJ-45

Представленный на рис. 6.2 разъем (штекер, соединитель) RJ-45 нельзя заказать отдельно. Он поставляется только с готовыми кабелями (ТР кордами).

Стандарт 10BASE-FL определяет сегмент Ethernet с волоконно-оптическим каналом связи.

В качестве среды передачи используется многомодовый волоконно-оптический кабель со стеклянными волокнами типа 62.5/125 мкм или 50/125 мкм.

Волоконно-оптические кабели позволяют устанавливать соединения «точка – точка» между двумя активными компонентами (рис. 6.3). Это означает, что между компонентом сети и портом другого компонента сети всегда устанавливается прямая связь. Сетевые компоненты (на рис. 6.3 трансиверы FOMAU) выполняют усиление принимаемых сигналов и дальнейшую передачу данных через выходные порты. В сетях SIMATIC NET Industrial Ethernet эту задачу выполняют модули OLM.

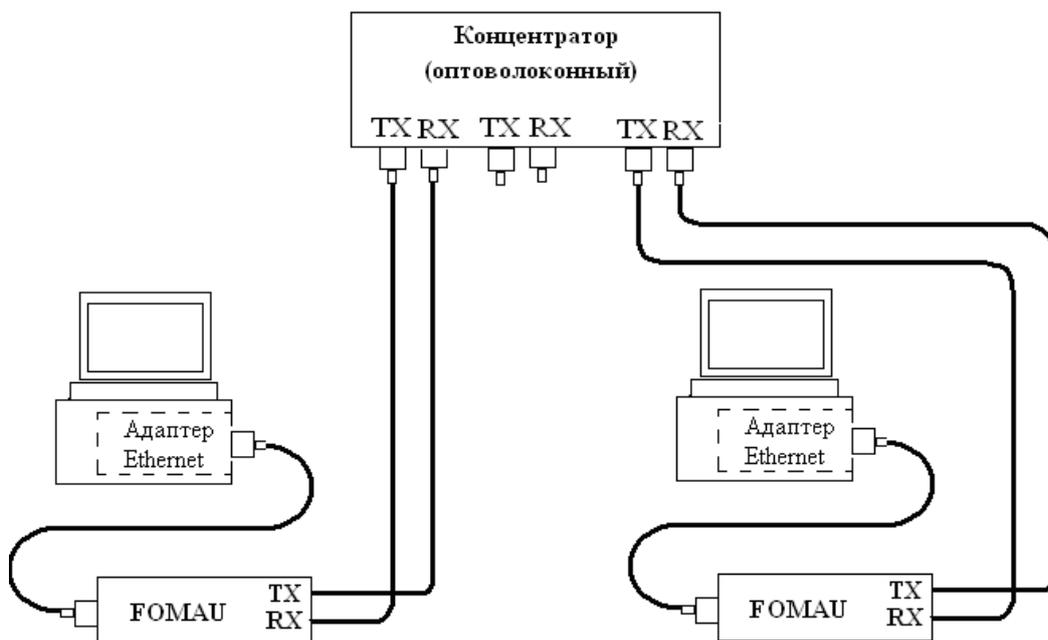


Рис. 6.3. Подключение абонентов 10BASE-T с помощью оптоволоконных кабелей

Трансиверы или приемопередатчики служат для передачи информации между адаптером и кабелем связи или между двумя сегментами (частями) сети. Трансиверы усиливают сигналы, преобразуют их уровни или преобразуют сигналы в другую форму, (например, из электрической в световую и обратно).

Оптоволоконный трансивер FOMAU (Fiber Optic MAU) выполняет все функции обычного трансивера MAU, но кроме того преобразует электрический сигнал в оптический при передаче и обратно при приеме. FOMAU также формирует и контролирует сигнал целостности связи, передавая его в паузах между пакетами.

На рис. 6.4. представлен трансивер MINI UTDE (RJ-45) для витой пары, который служит для подключения терминального устройства с портом AUI (оптическими интерфейсами) к сети, выполненной на витой паре, а также для

установления связи по витой паре между двумя терминальными устройствами с портами АUI.



Рис. 6.4. Электрический трансивер MINI UTDE (RJ-45)

На рис. 6.5 представлен трансивер MINI OTDE, который служит для подключения терминального устройства с портом АUI к оптической сети, а также для организации оптического канала между двумя терминальными устройствами. MINI OTDE обеспечивает электрическую развязку с волоконно-оптическим кабелем. В результате повышается защищенность от электромагнитных помех.

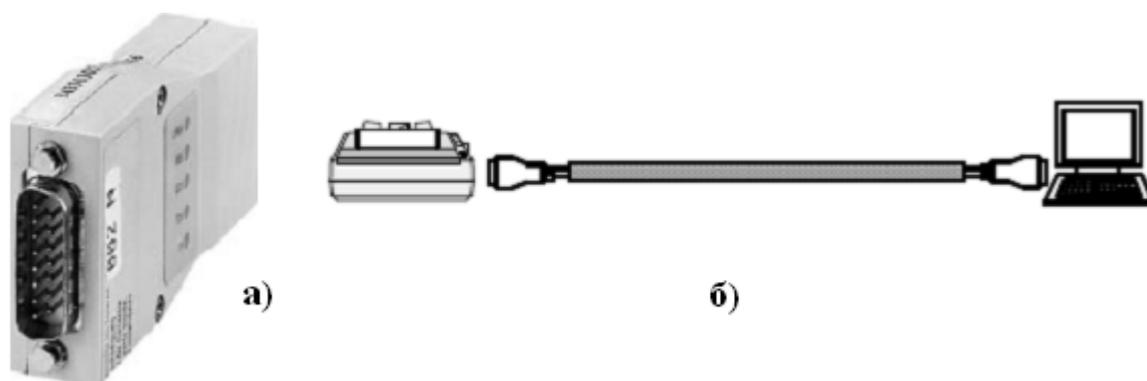


Рис. 6.5. Оптический трансивер MINI OTDE: а) общий вид, б) канал «точка – точка»

В соответствии с табл. 6.1 активными сетевыми компонентами сети Industrial Ethernet являются модули связи OLM и ELM (рис. 6.6).

Благодаря этим модулям становится возможным гибкое конфигурирование сетей Ethernet в соответствии со стандартом IEEE 802.3, с использованием в качестве канала передачи данных волоконно-оптических или медных кабелей. Скорость передачи на всех участках составляет 10 Мбит/с. Модули связи фиксируются на стандартной рейке.

Оптические модули связи (OLM) имеют три порта для подключения промышленной витой пары (ИТР) и два оптических порта (ВФОС). К портам ИТР можно подключить до трёх терминальных устройств или других сегментов ИТР. К оптическому порту можно подключить до двух терминальных устройств или оптических сетевых компонентов (OLM, звездообразный разветвитель др.).

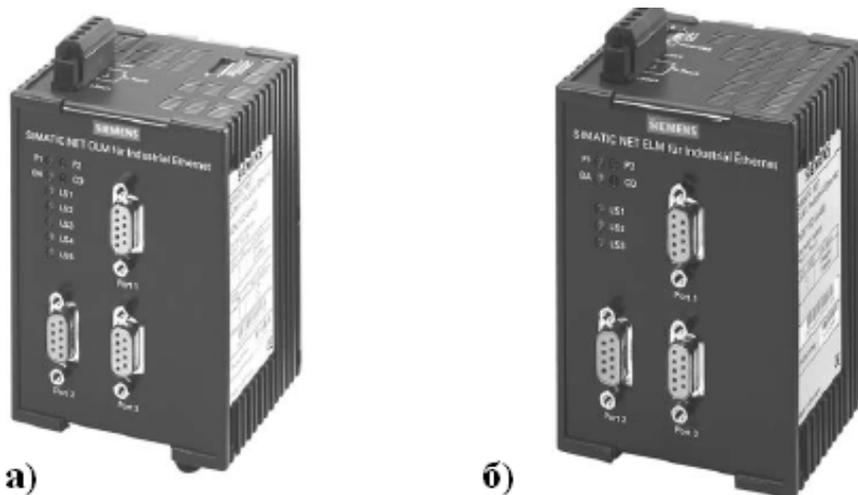


Рис. 6.6. Модули связи сети Industrial Ethernet: а) оптический OLM
б) электрический ELM

Электрические модули связи (ELM) также снабжены портом AUI дополнительно к трём портам для подключения промышленной витой пары (ITP). К порту AUI через соединительный кабель 727.1 и трансивер может быть подключен сегмент сети Ethernet, выполненный на триаксиальном кабеле.

С помощью активных звездообразных разветвителей в сети, использующей протокол SCMA/CD, формируются точки ответвления (рис. 6.7). Благодаря модульной конструкции достигается гибкое конфигурирование сети, в которой могут совместно использовать различные среды передачи, например, триаксиальный кабель, промышленная витая пара и волоконно-оптический кабель. Для различных сред передачи и приложений предлагается линейка интерфейсных карт (рис. 6.7б).



Рис. 6.7. Активный звездообразный разветвитель ASGE: а) вид общий,
б) интерфейсные карты

6.3. Стандартные сегменты и сетевые компоненты сети Fast Ethernet

Если сравнивать набор стандартных сегментов Ethernet и Fast Ethernet, то главное отличие – полный отказ в Fast Ethernet от коаксиального кабеля. Остаются только сегменты на витой паре и оптоволоконные сегменты.

Стандарт 100BASE-TX определяет сеть с топологией пассивная звезда и использованием сдвоенной витой пары. Однако, в этом случае необходимо применение кабелей с неэкранированными витыми парами (UTP) категории 5 или выше, что связано с требуемой пропускной способностью кабеля. В настоящее время это самый популярный тип сети Fast Ethernet.

Стандарт 100BASE-FX определяет аппаратуру очень близкую к аппаратуре 10BASE-FL. Точно также здесь используется топология пассивная «звезда» с подключением, например, компьютеров к разветвителям с помощью двух разнонаправленных оптоволоконных кабелей (рис. 6.3).

В соответствии с табл. 6.1 активными сетевыми компонентами сети Fast Ethernet являются модули OSM и ESM версии 2 (рис. 6.8). Они являются недорогим и эффективным средством для построения коммутируемых сетей, работающих при скоростях передачи данных 100 Мбит/с. Создание отдельных сегментов (разбиение сети на подсети/сегменты) и подключение этих сегментов к OSM и ESM позволяет ограничить загруженность существующих сетей и увеличить их производительность.



Рис. 6.8. Модули связи сети Fast Ethernet: а) модуль OSM, б) модуль ESM

Используя технологию коммутирования, модули OSM и ESM позволяют создавать резервированные кольцевые структуры с малым временем переключения (время переключения не превышает 0.3 с).

Для создания оптического кольца используются модули OSM с двумя волоконно-оптическими портами.

Для создания электрического кольца модули ESM соединяются кабелем UTP через свои порты 7 и 8.

Скорость передачи данных в кольце составляет 100 Мбит/с. Помимо двух портов, используемых для построения кольца, у модулей OSM имеются ещё 6 портов, к которым можно подключать как терминальные устройства, так и

сегменты сети. Несколько колец можно объединить между собой в целях резервирования, используя для этого встроенную функцию резервирования.

6.4. Пример конфигурации сети Ethernet

На рис. 6.9 приводится пример комбинирования различных технологий и поколений изделий Industrial Ethernet в одной сети.

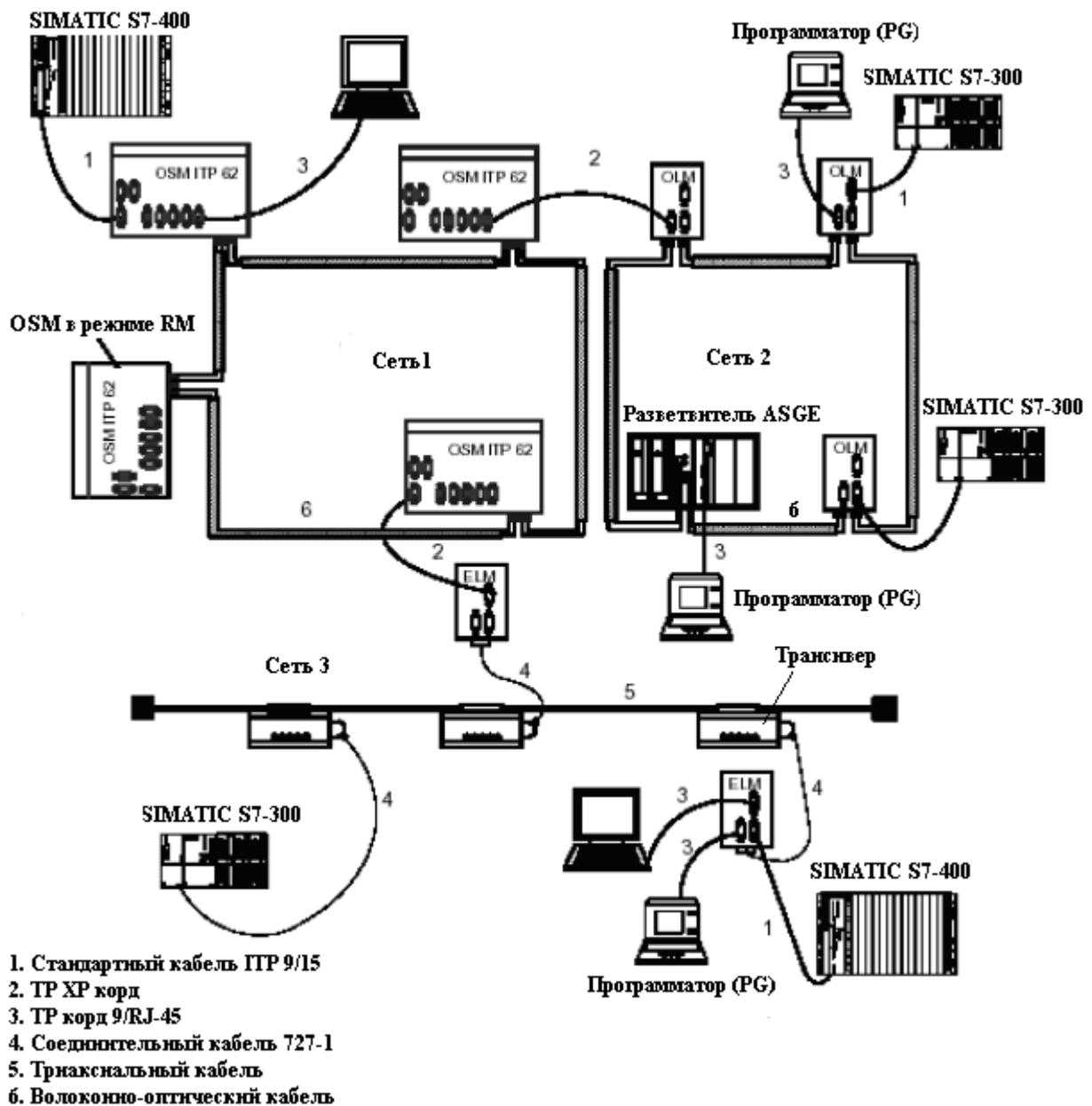


Рис. 6.9. Структура сети с использованием сетевых компонентов Industrial Ethernet

Сеть 1

Четыре модуля OSM в высокоскоростной сети 1 образуют резервированное кольцо, поддерживающее скорость передачи 100 Мбит/с. Если подключаемое терминальное устройство или сетевой компонент имеют надлежащее исполнение,

порты для подключения витой пары модулей OSM также могут работать со скоростью 100 Мбит/с. OSM выполняет функцию коммутатора и при конфигурировании следует принимать во внимание лишь максимальные длины каналов связи, подключаемых к отдельным портам (100 м для витой пары, 3000 м – для оптоволокна).

Сеть 2

Сеть 2 также имеет топологию резервированного кольца. Сетевые компоненты OLM и звездообразный разветвитель ASGE работают на скорости 10 Мбит/с, используя метод доступа к среде передачи CSMA/CD. Максимальная длина каналов связи составляет 100 м для витой пары (подключение отдельного терминального устройства к портам OLM) и 3000 м для оптоволокна (между двумя модулями OLM). Также следует принимать во внимание границы доменов обнаружения коллизий (максимально допустимое время распространения сигнала между двумя узлами).

Сеть 3

Сеть 3 представляет собой небольшую систему с триаксиальным кабелем, которая просуществовала многие годы. Модуль ELM позволяет подключить данную систему к современной широкомасштабной сети, в которой используется техника коммутирования.

6.5. Сети Ethernet с использованием технологии коммутируемых сетей

В современных сетях Ethernet широко используется технология коммутируемых сетей. Эта технология позволяет увеличивать пропускную способность и производительность сети, выполнять ее неограниченное расширение, разрешать конфликтные ситуации между доменами и подсетями, выполнять удобное конфигурирование сети и т.д. Новая серия коммуникационных компонентов SCALANCE X (рис. 6.10) объединяет в своем составе несколько согласованных семейств коммутаторов, оптимизированных по своим функциональным возможностям, позволяющим решать коммуникационные задачи различной степени сложности и использовать технологию коммутируемых сетей не только в Industrial Ethernet, но и в PROFINET.

Неуправляемые коммутаторы SCALANCE X005/XB000/X100 – это наиболее простые коммутаторы Industrial Ethernet, позволяющие создавать линейные и звездообразные сетевые структуры со скоростью обмена данными 10/100 Мбит/с, а XB000G до 1000 Мбит/с.

Коммутаторы X005, XB005 и X108 оснащены только электрическими RJ-45, коммутаторы XB004-1, X106-1 и X104-2 – электрическими RJ-45 и оптическими BFOC/SC портами Industrial Ethernet.

Управляемые коммутаторы SCALANCE X200/X200IRT/XF200/XF200IRT позволяют создавать линейные, звездообразные и кольцевые структуры сетей Industrial Ethernet и PROFINET со скоростью обмена данными 10/100 Мбит/с. Коммутаторы X200/XF200 могут применяться в сетях, использующих обмен данными в реальном масштабе времени (RT – Real Time), поддерживают широкий спектр диагностических функций.

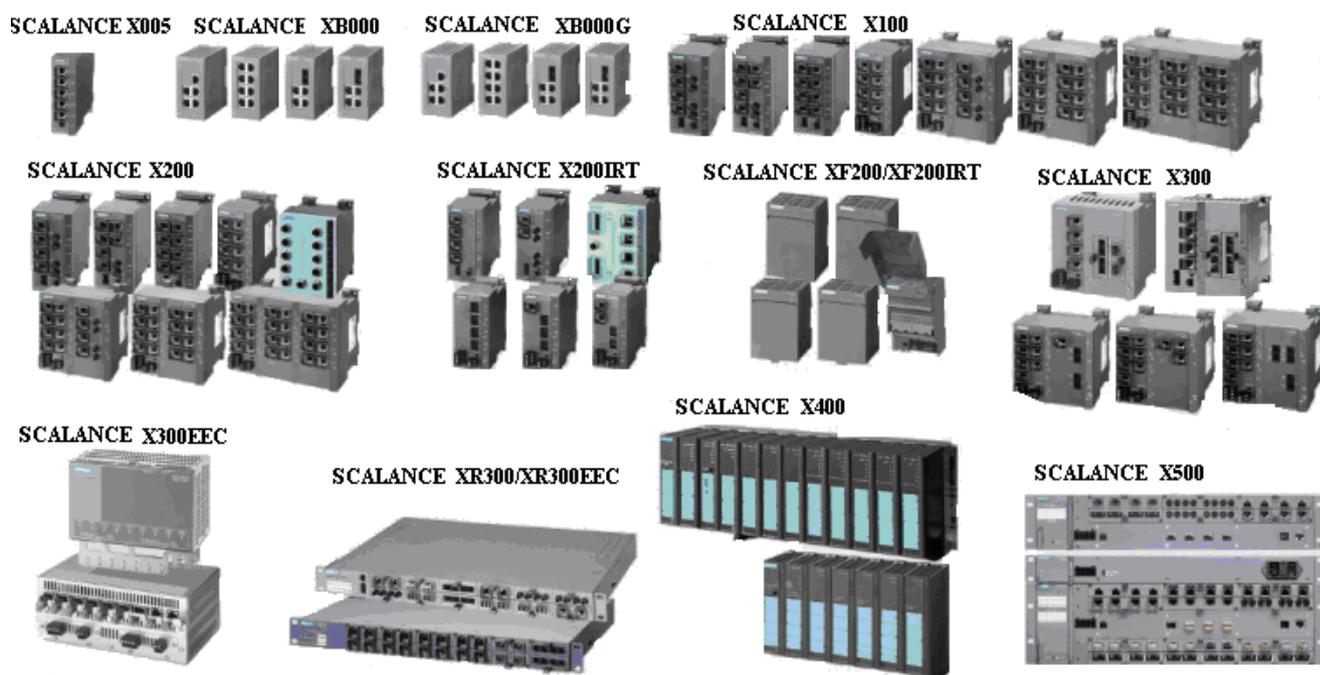


Рис. 6.10. Коммутаторы Industrial Ethernet серии SCALANCE X

Коммутаторы X200/XF200 могут включаться в кольцевые топологии сети и поддерживают функции реконфигурирования (RM – Roaming Management) при обрыве кольца (кроме X208PRO), но не способны поддерживать функции Standby, необходимые для построения структур с резервированием двух колец. Эти функции способны выполнять лишь коммутаторы X200IRT. Время реконфигурирования сети не превышает 0.3 с. Дополнительно X200IRT/XF200IRT обеспечивают поддержку обмена данными в реальном масштабе времени с использованием тактовой синхронизации (Isochronous Real Time – IRT).

IP адреса коммутаторов серии SCALANCE X200/X200IRT/XF200/ XF200IRT могут устанавливаться с помощью DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), с помощью прилагаемого программного обеспечения или с помощью STEP 7. Параметры настройки могут сохраняться в съемном модуле C-PLUG, который необходимо заказывать отдельно.

Управляемые коммутаторы SCALANCE X300 объединяют некоторые программные и аппаратные возможности серии SCALANCE X400 и компактную конструкцию серии SCALANCE X200.

Коммутаторы SCALANCE X300 позволяют создавать линейные, кольцевые

и звездообразные структуры сетей Industrial Ethernet и PROFINET со скоростью обмена данными 10/100/1000 Мбит/с. Они могут применяться в сетях, использующих обмен данными в реальном масштабе времени (RT – Real Time), и способны поддерживать широкий спектр диагностических функций.

Коммутаторы X300 могут включаться в кольцевые топологии сети, способны поддерживать функции реконфигурирования RM при обрыве кольца, а также функции Standby, необходимые для построения структур с резервированием двух колец.

Для снижения стоимости некоторые модели коммутаторов серии SCALANCE X300 были разработаны для использования в сетях Fast Ethernet (10/100 Мбит/с) с сохранением всех остальных характеристик коммутаторов этой серии. Такие коммутаторы содержат в своей маркировке буквы FE (Fast Ethernet).

Коммутатор SCALANCE X308-2M оснащен 4 встроенными портами RJ-45, 10/100/1000 Мбит/с, а также двумя слотами для установки конвертирующих модулей MM991 или MM992. С помощью этих модулей встроенные порты X308-2M могут быть дополнены 4 электрическими или оптическими портами Fast Ethernet или гигабитного Ethernet.

В коммутаторе X308-2M PoE встроенные порты поддерживают функции питания через Ethernet. Параметры настройки коммутатора сохраняются в съемном модуле C-PLUG, который включен в комплект поставки.

Управляемые коммутаторы SCALANCE XR300 выпускаются в прочных металлических корпусах со степенью защиты IP30, ориентированных на установку в 19" стойки управления. Все приборы имеют версии с напряжением питания =24 В или ~230 В. Подключение кабелей питания и сетевых кабелей в различных версиях приборов может выполняться с фронтальной или тыльной стороны корпуса.

Коммутаторы имеют модульную конструкцию и позволяют устанавливать до 12 конвертирующих модулей MM991 и/или MM992, С их помощью может быть получено до 24 электрических и/или оптических портов Fast Ethernet или гигабитного Ethernet.

Обеспечивается поддержка магистральных, кольцевых и звездообразных топологий сети, а также функций реконфигурирования одиночных или дублированных кольцевых сетевых структур. Параметры настройки сохраняются в модуле C-PLUG.

Управляемые коммутаторы SCALANCE XR300PoE имеют 16 встроенных электрических портов RJ-45 гигабитного Ethernet и 4 слота для установки конвертирующих модулей MM991 и/или MM992. 8 встроенных портов обеспечивают поддержку функций питания через Ethernet.

Управляемые коммутаторы SCALANCE X300EEC предназначены для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях. Коммутаторы SCALANCE X300EEC (Enhanced Environmental Conditions – расширенные условия окружающей среды) отвечают требованиям стандартов IEC 61850-3 и IEEE 1613,

позволяют выполнять операции синхронизации времени с точностью 1 мкс в соответствии с требованиями стандарта IEEE 1588 V2, обеспечивают поддержку всех функций коммутаторов SCALANCE X300.

Высокая стойкость к воздействию электромагнитных полей, широкий диапазон рабочих температур, наличие вариантов с резервированными цепями питания позволяет использовать коммутаторы SCALANCE X300EEC для организации надежного обмена данными в системах управления:

- подстанциями среднего и высокого напряжения;
- газопроводами и нефтепроводами;
- предприятиями горной промышленности и т.д.

Модульные коммутаторы SCALANCE X400 представляют конвертирующие модули и модули расширения. Коммутаторы обеспечивают поддержку обмена данными со скоростью 10/100/1000 Мбит/с через электрические и оптические каналы связи Ethernet и PROFINET. Модульная конструкция и поддержка офисных стандартов позволяет легко адаптировать коммутатор к требованиям решаемой задачи, а также выполнять обмен данными между промышленными и офисными сетями. Основной областью применения коммутаторов данной серии являются высокопроизводительные сети заводского уровня.

SCALANCE X400 позволяют создавать линейные, звездообразные и кольцевые конфигурации сети, обеспечивают поддержку функций RM и Standby.

SCALANCE X414-3E оснащен двумя TP портами гигабитного Ethernet (10/100/1000 Мбит/с, RJ-45) и 12 TP портами Fast Ethernet (10/100 Мбит/с, RJ-45). В слот 5 может устанавливаться конвертирующий модуль MM492, который преобразует встроенные электрические порты гигабитного Ethernet в оптические порты. В слоты 6 и 7 могут быть установлены конвертирующие модули MM491, каждый из которых оснащен двумя оптическими интерфейсами Fast Ethernet. Справа от коммутатора может быть установлен модуль расширения EM495-8 с 8 TP портами (гнезда RJ-45) Fast Ethernet (10/100 Мбит/с) или модуль расширения EM496-4 с 4 слотами для установки конвертирующих модулей MM491 и получения до 8 дополнительных оптических портов Fast Ethernet.

Встроенная система управления резервированием обеспечивает скоростной выбор каналов передачи данных в больших сетях как для гигабитных интерфейсов Ethernet (SCALANCE X-400 в кольцевой структуре), так и для интерфейсов Fast Ethernet (SCALANCE X-400, SCALANCE X-200 и OSM/ESM в одном кольце)

Подключение оптических кабелей к конвертирующим модулям MM491 выполняется с помощью BFOC соединителей, к модулям MM492 – с помощью SC соединителей. Максимальная конфигурация коммутатора позволяет поддерживать 2 электрических или оптических порта гигабитного Ethernet, до 24 TP портов Fast Ethernet и до 12 оптических портов Fast Ethernet. Монтажная ширина X414-3E с подключенным модулем расширения позволяет монтировать коммутатор в 19” стойку управления.

Параметры настройки коммутатора сохраняются в съемном модуле C-PLUG, который включен в комплект поставки.

На рис. 6.11 в качестве примера представлены схемы подключения аппаратуры пользователя программируемого контроллера SIMATIC S7-300, станции ET 200S распределенного ввода-вывода и компьютера (рис. 6.10а), а также компонента промышленной беспроводной связи IWLAN (Industrial Wireless Local Area Network) SCALANCE W788-1PRO к модульному коммутатору SCALANCE X400.

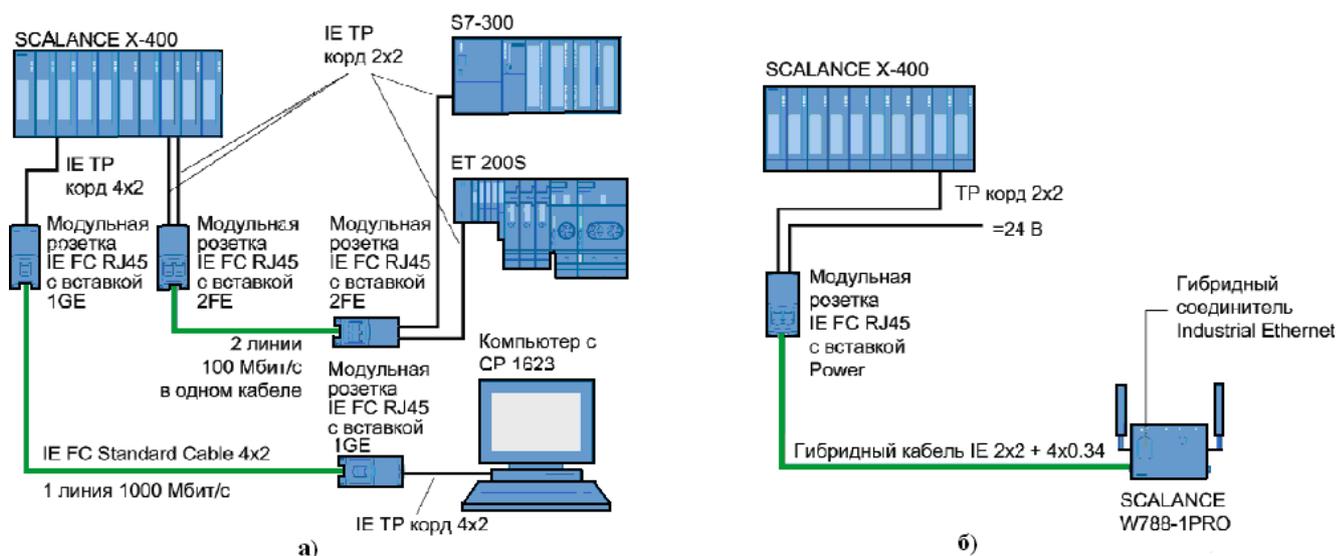


Рис. 6.11. Примеры использования модуля SCALANCE X400: а) подключение аппаратуры пользователя, б) подключение компонента промышленной беспроводной связи

Модульные коммутаторы SCALANCE X500 3-го уровня Industrial Ethernet обеспечивают поддержку промышленных и офисных стандартов. Они позволяют формировать линейные, звездообразные и кольцевые структуры с электрическими и оптическими каналами связи, способны поддерживать обмен данными со скоростью до 10 Гбит/с. Коммутаторы оснащены четырьмя оптическими интерфейсами Ethernet 10 Гбит/с и могут иметь до 12 слотов для установки конвертирующих модулей различных типов. В зависимости от типа каждый конвертирующий модуль оснащен 4 электрическими или оптическими портами Ethernet 10/100/1000 Мбит/с. Общее количество электрических и/или оптических интерфейсов гигабитного Ethernet коммутатора может достигать 48. Из них до 12 электрических интерфейсов могут поддерживать функции питания через Ethernet. Обеспечивается поддержка функций “горячей” замены конвертирующих модулей.

Встроенный менеджер резервирования позволяет использовать коммутаторы SCALANCE X500 для скоростного реконфигурирования поврежденных кольцевых сетей, а также установки резервированных соединений между кольцами в сетях с топологией двойного кольца. Поддержка протоколов MSTP/

STP/ RSTP позволяет выполнять резервированное подключение коммутатора к офисным сетям более высокого уровня.

Сохранение параметров настройки – в съемном модуле CPLUG/KEY-PLUG.

Модули SCALANCE X101 играют роль неуправляемых конвертеров, преобразующих проводной Ethernet 10/100/1000 BASE-T/TX в оптоволоконный Ethernet 100 BASE-FX и 1000 BASE-FX. Различные модели медиа-конвертеров выполнены в офисном или промышленном исполнении и предназначены для работы в стандартном или в расширенном диапазоне температур. Подключение линий связи к электрическим портам выполняется IE FC TP кабелями 2x2 с установленными штекерами IE FC RJ-45 с осевым отводом кабеля. Подключение к оптическим портам – стеклянными или пластиковыми (в X101-1POF) оптоволоконными кабелями с BFOC или SC штекерами.

Компоненты беспроводной связи IWLAN обеспечивают возможность организации обмена данными через беспроводные каналы связи сетей Industrial Ethernet, работающие в диапазонах частот 2.4 и 5.0 ГГц:

- IWLAN точки доступа серии SCALANCE W780,
- IWLAN модули Ethernet клиентов серии SCALANCE W740,
- круговые и направленные антенны IWLAN различного назначения,
- программное обеспечение SINEMA E для проектирования и обслуживания IWLAN сетей.

Их функционирование базируется на международных стандартах IEEE 802.11a/b/g/h, GSM, GPRS, а в будущем – UMTS. Скорость обмена данными достигает 54 Мбит/с, что позволяет использовать IWLAN для обмена данными в реальном масштабе времени, интегрировать ее каналы в системы распределенного ввода-вывода PROFINET IO, обеспечивать поддержку профиля PROFI-safe.

По функциональным возможностям модули SCALANCE W подразделяются на точки доступа и модули Ethernet клиента. Точки доступа подключаются к стационарным сетям Ethernet и поддерживают беспроводный обмен данными с мобильными станциями или стационарными объектами через IWLAN. Каждая мобильная станция или удаленный стационарный объект комплектуется модулем Ethernet клиента (рис.6.12). Через встроенный интерфейс Ethernet к такому модулю подключается от одного до восьми приборов, способных поддерживать обмен данными через каналы связи IWLAN. Каждая точка доступа формирует радио поле, в пределах которого поддерживается беспроводный обмен данными. Характер формирования этого поля зависит от типа используемых антенн.

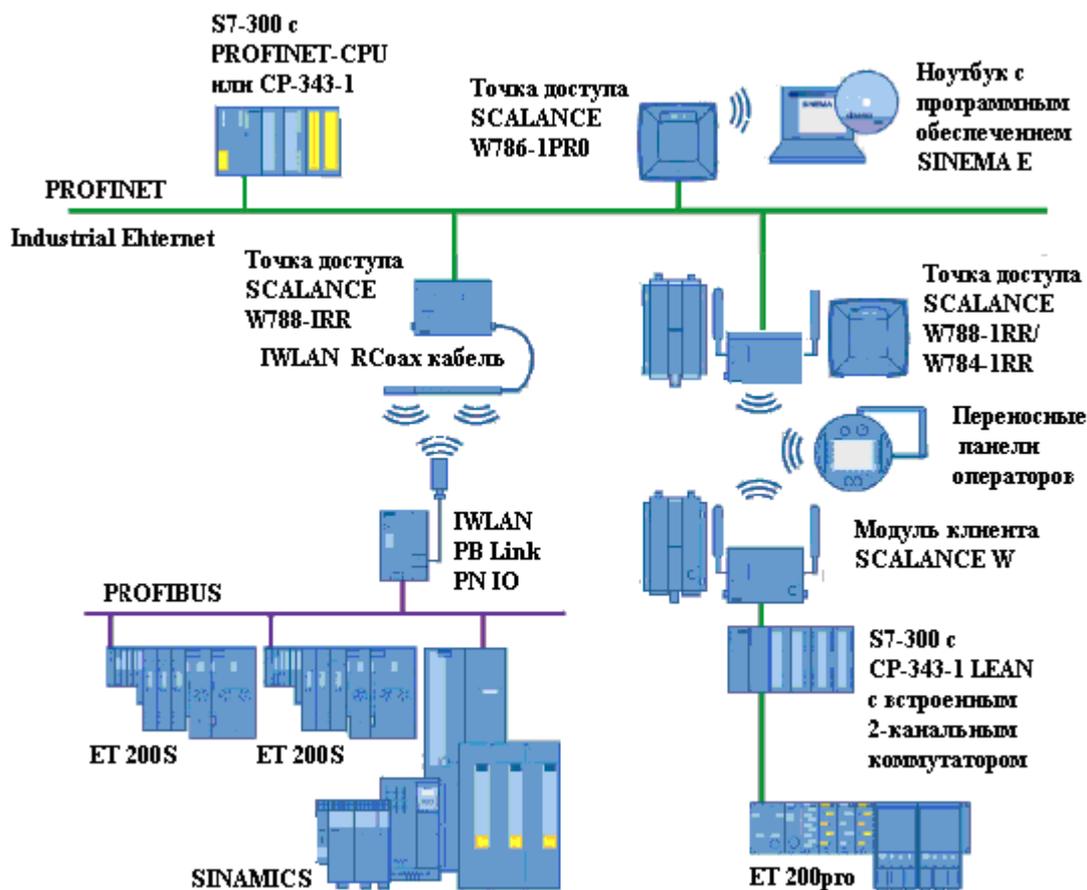


Рис. 6.12. Пример использования компонентов беспроводной связи в сети Industrial Ethernet

Направленные антенны концентрируют радио поле в виде направленного луча. Протяженность такого канала связи может достигать нескольких сот метров. Отклонение за пределы направленного радио поля приводит к потере связи. Такие антенны оказываются удобными для установки соединений “точка к точке” между стационарными объектами, расположенными по разные стороны автомобильных и железных дорог, на разных берегах рек и водоемов и т.д.

Круговые антенны формируют радио поле вокруг своей оси. Напряженность этого поля наиболее высока у оси антенны и снижается по мере удаления от нее. В помещениях надежная связь с точкой доступа обеспечивается в радиусе 30 м от антенны, на открытых пространствах – в радиусе до 200 м.

При необходимости поддержки беспроводной связи на больших территориях формируется инфраструктура радиосети с необходимым количеством точек доступа, формирующих сплошную зону радио охвата. Разработаны переносные панели операторов. При перемещении оператора с такой панелью, например, вдоль автоматической линии панель автоматически переключаются с одной точки доступа на другую.

Структура интегрированной системы, рекомендуемая фирмой Siemens, создающая универсальную платформу для решения задач комплексной

автоматизации предприятий различных отраслей промышленного производства, с помощью которой может быть обеспечена экономичная, широкомасштабная интеграция систем управления всеми производственными процессами в единую систему управления предприятием, представлена на рис.6.13.

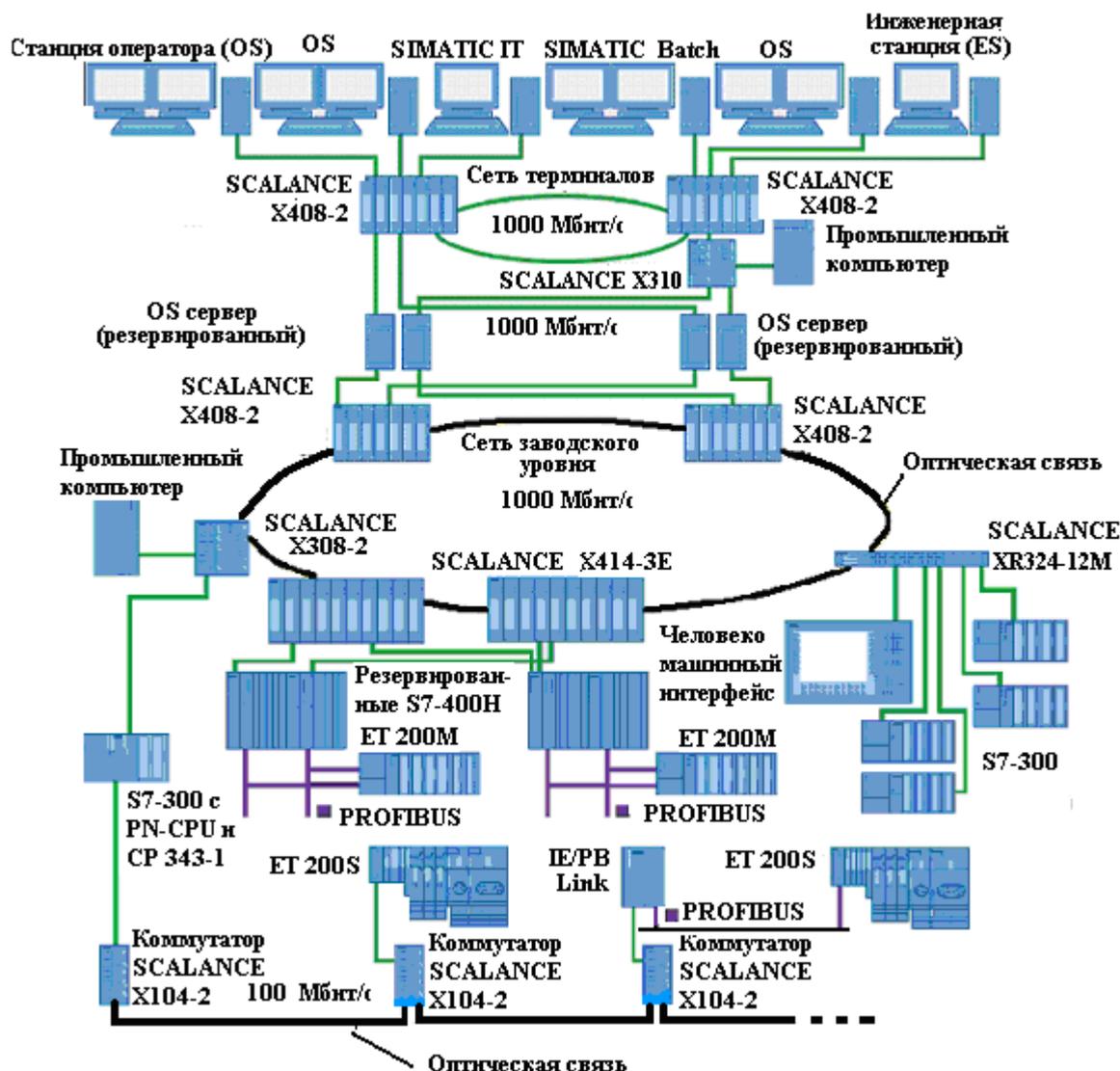


Рис. 6.13. Пример структуры интегрированной системы управления с использованием коммуникационных компонентов SIMATIC NET серии SCALANCE X

На верхнем этаже иерархии управления представлены станции операторов (OS). Это окна и шлюзы в процессы. Они позволяют наблюдать и управлять всеми шагами технологического процесса. Операторские станции OS (Operator Station) представляют собой персональные компьютеры. В рамках клиент-серверной архитектуры они ведут обмен данными с сервером, а не напрямую с контроллером. При этом операторских станций может быть несколько десятков.

SIMATIC IT - набор высокоинтегрированных компонентов, разработанных для координации систем на любом предприятии, стандартизации производства в объеме всего предприятия и сохранения производственных процессов, встроенных в логистическую цепочку SIMATIC PCS 7 (полное название: SIEMENS SIMATIC Process Control System 7). Это набор программ для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами, отвечающих требованиям концепции «полностью интегрированная автоматизация» (англ. Totally Integrated Automation), разработанных и внедряемых компанией SIEMENS.

SIMATIC Batch обеспечивают создание отчетов (в частности, несколько predetermined packet reports) и полное управление аудиторским учётом и электронной подписью.

Часто в системе выделяют инженерную станцию ES (engineering station). На ней устанавливаются программные средства разработки, с помощью которых технический специалист может централизованно вносить изменения и дополнения в конфигурацию системы. Часто ES дополняют расширенными средствами диагностики состояния системы.

Высокая отказоустойчивость достигается путем резервирования (как правило, дублирования) аппаратных и программных компонентов системы, использования компонентов повышенной надежности, внедрения развитых средств диагностики. На рис. 6.13 представлены два резервированных кольца: сеть терминалов на проводном кабеле и сеть заводского уровня на оптоволоконном кабеле.

На среднем уровне находятся программируемые логические контроллеры – условно говоря, мозги системы. Их задача – обрабатывать поступающую из подсистемы ввода/вывода информацию и выдавать обратно управляющее воздействие. Эта обработка осуществляется в соответствии с заложенными алгоритмами управления и происходит циклически. Для решения сложных задач контроллеры могут обмениваться между собой данными, используя цифровые коммуникационные сети.

Для связи с распределенной периферией (станциями распределенного ввода-вывода ET 200S, ET 200M и др.) используются промышленные сети полевого уровня PROFIBUS.

Из самого названия “распределенная периферия” становится очевидным, что подобные системы могут охватывать множество территориально распределенных объектов. В действительности расстояние между технологическими установками, объединенными в одну систему управления, порой достигает нескольких километров. Система может покрывать большие площади. При этом используются как медные кабели, так и оптоволокно. Цифровая сеть позволяет объединить разнесенные компоненты системы в единый программно-аппаратный комплекс.

На нижнем уровне, уровне ввода/вывода, располагаются полевые приборы (датчики, сенсоры, исполнительные механизмы), которые с помощью электрических кабелей подключаются к станциям ввода/вывода.

6. 6. Вариант лабораторного стенда для изучения сети Industrial Ethernet

На рис. 6.14 представлен структура лабораторного стенда для изучения и исследования

В стенде представлены основные компоненты сети Industrial Ethernet. Это верхний уровень иерархии управления и поэтому здесь предусмотрена связь проводная через коммуникационный процессор CP343-1 с сетью PROFIBUS-PA и беспроводная связь через модуль IWLAN с сетью AS-Interface.

На стенде предусмотрено использование как проводных (витая пара), так и оптических каналов связи на пластиковых и стеклянных оптоволоконных кабелях.

На стенде реализуются три резервированных кольцевых сегмента. Первый из них содержит три оптических коммутирующих (переключающих) модуля OSM TP22, имеющих оптические и электрические порты. В принципе в такое кольцо допускается включать до 50-ти модулей OSM. Максимальная длина оптоволоконного кабеля между двумя модулями OSM составляет 3 км и кольцо из 50-ти модулей OSM может достигать 150 км. Лишь одно устройство в кольце должно участвовать в режиме управления резервированием.

Следующий сегмент включает в себя три оптических модуля связи. Модуль X204-2 (управляемый коммутатор) обеспечивает связь с двумя неуправляемыми коммутаторами типа X104-2. В принципе максимальная дальность передачи (длина сегмента) стеклянным оптоволоконным кабелем составляет 3 км. Число включаемых модулей ограничивается допустимым временем распространения пакетов данных.

Третий сегмент включает в себя три электрических коммутатора типа ESM TP40. Это кольцо непосредственно связано с программируемым контроллером Simatic S7-300, который принимает управляющие команды (имитируются тумблерами) на объект автоматизации и выдает информацию включением/отключением светодиодов о состоянии объекта автоматизации. Объект автоматизации может быть подключен к модулям сети Industrial Ethernet, модулям сети PROFIBUS-DP или к сети AS-Interface. В принципе максимальная дальность передачи (длина сегмента) электрическим кабелем составляет 5 км. Число включаемых модулей ограничивается допустимым временем распространения пакетов данных.

В лабораторный стенд включается сервер с серверным программным обеспечением для сбора и хранения информации, ноутбук с программным обеспечением STEP7 V5.4 для конфигурирования сети и программирования контроллера и панель оператора (сенсорный монитор) типа TP 177B.

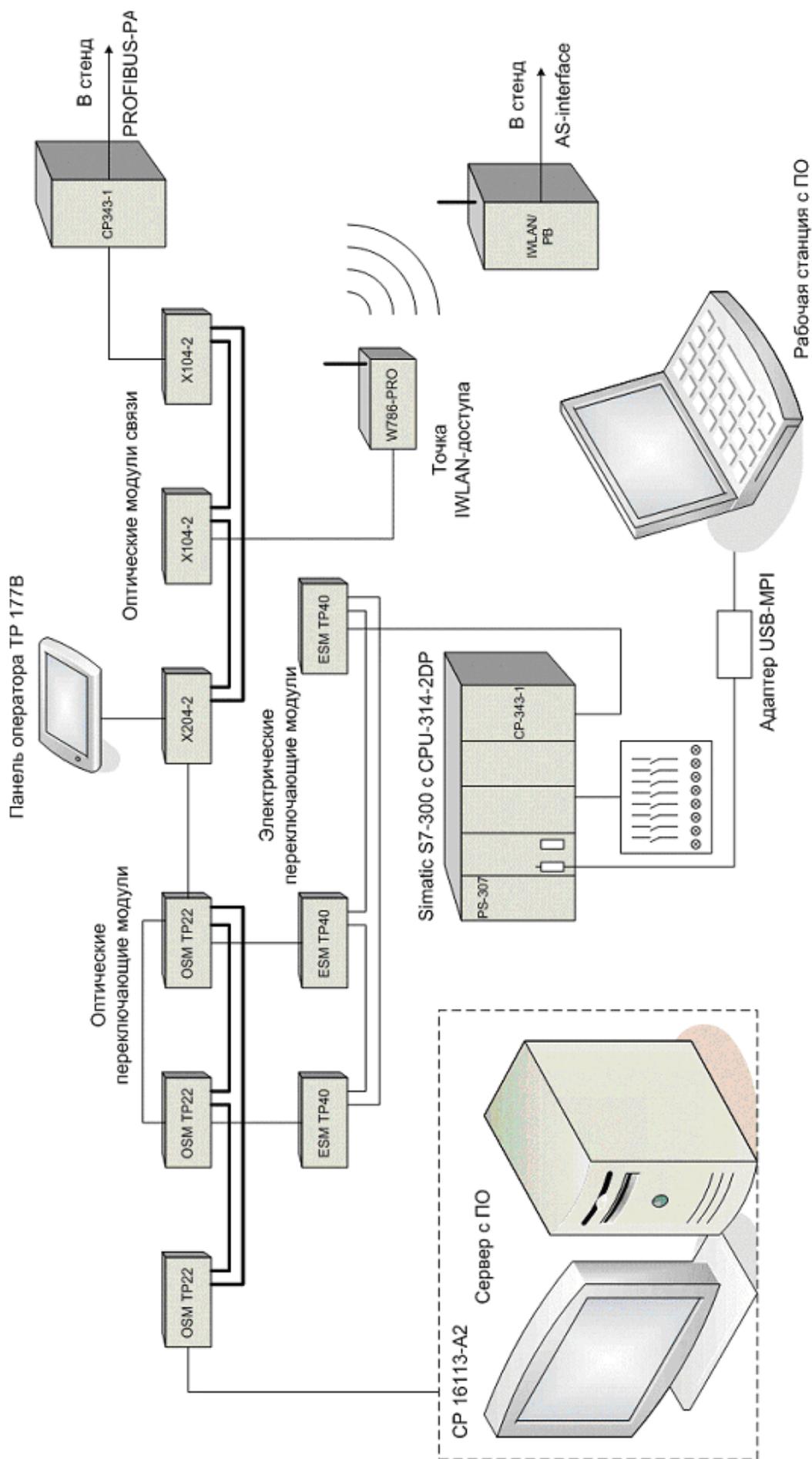


Рис. 4.7. Структурная схема лабораторного стенда

7. Стандарт PROFINET

Сеть Ethernet является общепризнанным лидером в области коммуникационных технологий. Она обладает высокой пропускной способностью, не имеет ограничений на количество подключаемых станций, используется в промышленных и офисных условиях и обладает множеством других преимуществ. Однако у сети Ethernet есть и существенный недостаток - отсутствие детерминированного (закономерного) времени доставки сообщений, что ограничивает возможные сферы применения этой сети для организации обмена данными **между системами автоматизации**.

Новый открытый коммуникационный стандарт PROFINET (IEC 61158) устраняет указанные недостатки и существенно расширяет функциональные возможности обмена данными по использованию **Ethernet в системах автоматизации**.

PROFINET ориентирован на организацию широкого обмена данными между всеми иерархическими уровнями управления предприятием. Он существенно упрощает вопросы проектирования систем промышленной связи, распространяет использование IT (информационных технологий) стандартов на полевой уровень управления, позволяет использовать существующие каналы связи и сетевые компоненты Ethernet, а также дополнять эти сети специализированными компонентами. PROFINET обеспечивает поддержку всех существующих стандартных механизмов обмена данными через Ethernet параллельно с обменом данными между системами автоматизации **в реальном масштабе времени**.

С помощью PROFINET можно создавать системы распределенного ввода-вывода, где приборы полевого уровня подключаются напрямую к сети Industrial Ethernet и обслуживаются PROFINET контроллером ввода-вывода. Настройка такой системы выполняется из среды STEP 7. Поддерживается возможность дальнейшего использования существующей аппаратуры полевого уровня, например, аппаратуры PROFIBUS. PROFINET является стандартом для всех прикладных областей автоматизации. За счет интеграции сетей PROFIBUS он также распространяется **на автоматизацию оборудования**, расположенного во взрыво - и пожароопасных зонах.

Каналы связи и топологии сети

Для организации обмена данными между системами автоматизации в сети PROFINET могут использоваться электрические (витые пары), оптические и беспроводные каналы связи Ethernet. В зависимости от вида используемых каналов для построения сети может использоваться различный набор сетевых компонентов. Обеспечивается поддержка всех топологий, характерных для сети Industrial Ethernet: линейных, кольцевых, древовидных.

Сетевые компоненты

Для построения сетей PROFINET концерн SIEMENS предлагает широкую гамму активных и пассивных сетевых компонентов, а также коммуникационного программного обеспечения и инструментальных средств проектирования. Большинство сетевых компонентов PROFINET может использоваться и в сетях Industrial Ethernet.

Пассивные сетевые компоненты

Пассивные PROFINET компоненты включают в свой состав электрические (витые пары 2x2) и оптические кабели, а также соединительные устройства различного назначения. Для большинства электрических пассивных компонентов поддерживается технология FastConnect, позволяющая выполнять быстрый и безошибочный монтаж сети. Все соединительные устройства выполнены с учетом требований стандарта PROFINET.

Активные сетевые компоненты

Активные PROFINET компоненты представлены широкой гаммой коммутаторов серии SCALANCE X200/X200IRT/X300/X400. Модули серии SCALANCE X позволяют конфигурировать линейные, звездообразные и кольцевые структуры сетей Industrial Ethernet/ PROFINET, использовать для передачи данных оптические и электрические каналы связи, поддерживают технологию коммутируемых сетей, позволяют использовать обмен данными в реальном масштабе времени, в том числе, и с тактовой синхронизацией.

Технологические компоненты

Технологические компоненты для PROFINET представлены специализированными микросхемами ERTEC 200 и 400, а также комплектами разработки, позволяющими специалистам различных фирм выполнять проектирование, макетирование и наладку интерфейсной части собственной аппаратуры управления, предназначенной для работы в сетях PROFINET.

Решения на основе PROFINET

В настоящее время наиболее ярко прослеживаются два направления использования сетей PROFINET:

- построение систем распределенного ввода-вывода (PROFINET IO) и
- построение модульных систем управления с распределенным интеллектом – PROFINET CBA (Component Based Automation).

PROFINET IO

В системах PROFINET IO приборы полевого уровня подключаются непосредственно к сети Industrial Ethernet и обслуживаются PROFINET

контроллером ввода-вывода. Скоростной обмен данными носит циклический характер и выполняется на скорости 100 Мбит/с.

В зависимости от состава используемых компонентов в такой сети обеспечивается поддержка обмена данными в реальном масштабе времени (Real Time – RT) и использование тактовой синхронизации (Isochronous RT – IRT). При этом в качестве активных сетевых компонентов для поддержки RT режима могут применяться коммутаторы семейств SCALANCE X100/200/X300/X400, для поддержки IRT режима – только коммутаторы семейства SCALANCE X200IRT/XF200IRT.

Поддерживается возможность интеграции существующих сетей PROFIBUS-DP в системы PROFINET IO. При этом ведущее устройство подключается к сети PROFINET и поддерживает связь с ведомыми устройствами PROFIBUS-DP через PROFINET Proxy

Из многочисленных значений английского слова проху в данном контексте применимы такие: "доверенное лицо", "полномочный представитель". То есть некто, кто действует от вашего имени по вашему поручению вместо вас. Например, в компьютерах прокси — это программа, которая передает запросы ваших программ (браузеров и других) в интернет, получает ответы и передает их обратно. Необходимость в такой программе возникает обычно, если с пользовательского компьютера невозможно работать в интернете непосредственно напрямую из-за того, что у него нет прямого подключения к интернету (модема, например), но есть на другом компьютере в его сети. Тогда на этом другом компьютере ставят программу прокси, а все остальные компьютеры в локальной сети настраивают таким образом, чтобы работа велась через прокси. Это значит, что все пользователи локальной сети могут получить полноценный доступ в интернет, если хотя бы один из них этот доступ уже имеет.

Конфигурирование систем PROFINET IO выполняется в среде STEP 7 и ничем не отличается от подобных операций для сети PROFIBUS-DP.

Функции PROFINET контроллеров ввода-вывода способны выполнять:

– Программируемые контроллеры S7-300 с центральными процессорами CPU 31x-2 PN/DP или CPU31xF-2 PN/DP. Каждый процессор оснащен встроенным комбинированным интерфейсом MPI/DP, а также встроенным интерфейсом Industrial Ethernet/PROFINET.

– Станции ET200S с интерфейсным модулем IM151-8 PN CPU и ET200pro с интерфейсным модулем IM154-8 PN/DP CPU.

– Программируемые контроллеры S7-300 с коммуникационными процессорами CP 343-1 или CP 343-1 Advanced.

– Программируемые контроллеры S7-400 с центральными процессорами CPU 41x-3 PN/DP или CPU 416F-3 PN/DP. Каждый процессор оснащен встроенным комбинированным интерфейсом MPI/ DP, интерфейсом DP, а также встроенным интерфейсом Industrial Ethernet/ PROFINET.

- Программируемые контроллеры S7-400 с коммуникационными процессорами CP 443-1 и CP443-1 Advanced.
- Промышленные и офисные компьютеры с коммуникационными процессорами CP 1616, а также SIMATIC MicroBox PC 427B и PC104 совместимые компьютеры с коммуникационными процессорами CP 1604,
- Промышленные и офисные компьютеры со стандартными сетевыми адаптерами и программным обеспечением SOFTNET PN IO.

В качестве ведомых устройств систем PROFINET IO могут использоваться:

- Станция S7-300 с CP343-1 Lean, CP343-1 или CP343-1 Advanced.
- Станции ET 200M с интерфейсными модулями IM 153-4 PN.
- Станции ET 200S с интерфейсными модулями IM 151-3 PN.
- Станции ET 200pro с интерфейсными модулями IM 154-4 PN HF.
- Датчики визуального анализа 2D-кодов SIMATIC VS 130-2.
- Ведомые устройства PROFIBUS DP, подключаемые к PROFINET через PROFINET Proxy.
- Компьютеры с коммуникационными процессорами CP 1616/ 1604.

Для интеграции существующих систем на основе PROFIBUS DP в системы PROFINET применяются PROFINET IO Proxy и специальные согласующие модули. **Функции PROFINET IO Proxy** способны выполнять:

- Программируемые контроллеры S7-300 с центральными процессорами CPU 31x-2 PN/DP, CPU 31xF-2 PN/DP.
- Коммуникационные модули IE/PB Link PN IO.
- Коммуникационные модули IWLAN/PB Link PN IO.

При необходимости системы PROFINET IO могут дополняться панелями операторов типов TP 177B DP/PN, OP 177B DP/PN, Mobile Panel 177/277 DP/PN и OP/TP/MP 277, MP377, серии Basic Line оснащенными встроенным интерфейсом PROFINET.

В качестве примера на рис. 7.1 представлено подключение компонентов полевого уровня, таких как станций ET 200S, ET 200M, интерфейсного модуля RF170C для подключения RFID (Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация) систем фирмы Siemens к системе децентрализованной периферии ET 200pro, программируемого контроллера SIMATIC S7-300, сетей PROFIBUS и AS-Interface.

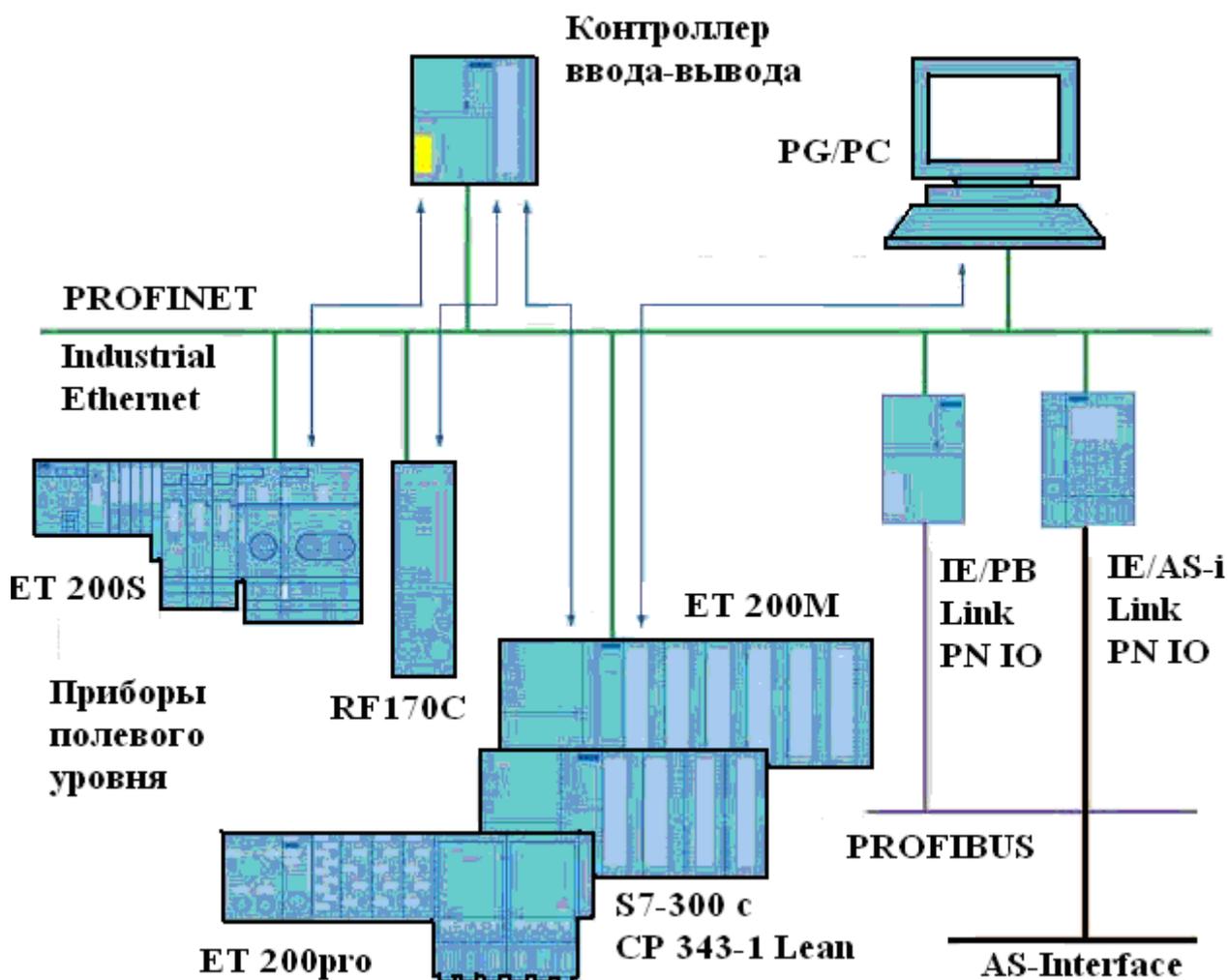


Рис. 7.1. Подключение приборов полевого уровня к сети PROFINET/ Industrial Ethernet

PROFINET CBA

Технология CBA призвана упростить вопросы организации промышленной связи через PROFINET между оборудованием различных производителей. При этом операции трудоемкого программирования систем связи заменяются операциями графического проектирования таких систем.

Основной производственной единицей в системах CBA является технологический компонент, представляющий совокупность механической, электрической и электронной части конкретной машины или установки, а также соответствующее прикладное программное обеспечение.

Каждому технологическому компоненту ставится в соответствие программный модуль, который содержит полное описание интерфейса данного компонента в соответствии с требованиями стандарта PROFINET. В дальнейшем эти программные модули используются для проектирования коммуникационных соединений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васин, Н.Н. Основы сетевых технологий на базе коммутаторов и маршрутизаторов / Н.Н. Васин. – Интернет-университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.– 270 с.
2. Новиков, Ю.В. Основы локальных сетей: курс лекций; учеб. пособие: для студентов, обучающихся по специальностям в обл. информ. технологий / Ю. В. Новиков, С. В. Кондратенко.– М.: Интернет – Ун-т Информ. Технологий, 2009. – 360 с.
3. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебное пособие для вузов./ В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. – СПб., Питер, 2010. – 943 с. <http://www/leksa/net/2007/sposoby-soedineniya-opticheskix-volokon>.
4. Парр, Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр; пер. 3-го англ. изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 516 с.
5. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике. Электродинамика/ Р. Фейнман, Р. Лейтон, М.Сэндс. М.: Изд-во Мир. 1966. – Т. 6. – 343 с.
6. Интерактивный каталог СА 01 по продукции фирмы Siemens по адресу: www.mall.automation.siemens.com/ru
7. <http://www.siemens.ru/ad/as>
8. <http://www.simatic.ru>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СТРУКТУРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ	
1.1 Общие сведения.....	5
1.2. Структура АСУ ТП на базе локальных сетей.....	7
2. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ PROFIBUS-DP	
2.1.Общая характеристика сети.....	9
2.2. Передача информации в сети PROFIBUS-DP.....	12
2.2.1. Общие положения.....	12
2.2.2. Электрическая передача сигнала по стандарту EIA RS485.....	14
2.2.3. Оптическая передача сигнала	21
2.2.4. Беспроводная передача сигнала	24
2.3. Управление доступом к шине PROFIBUS.....	26
2.4. Топология сетей PROFIBUS.....	27
2.4.1. Топология сетей с техникой передачи RS485	27
2.4.2. Топология с использованием встроенных оптических интерфейсов.....	28
2.4.3. Топология построения беспроводных сетей.....	29
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ PROFIBUS-DP	
3.1. Варианты конфигурации сетей PROFIBUS-DP.....	31
3.2. Пример проектирования сети PROFIBUS-DP.....	35
3.3. Пример пользовательской программы автоматизации управления транспортной тележкой по сети PROFIBUS-DP...	47
4. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ PROFIBUS-PA	
4.1.Общие сведения и основные компоненты.....	53
4.2. Передача информации в сети PROFIBUS-PA.....	55
4.3.Конфигурация сетей PROFIBUS-PA.....	56
4.4. Вариант лабораторного стенда для изучения сети PROFIBUS-PA.	58
5. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ AS-Interface	
5.1.Общие сведения и основные системные компоненты.....	60
5.2. Обмен данными в сети AS- Interface.....	66
5.3. Лабораторный стенд для изучения сети AS- Interface	69
5.4. Пример программирования управления объектом по сети AS- Interface	71

6. ПРОМЫШЛЕННАЯ СЕТЬ Industrial Ethernet	
6.1 Общие сведения и основные системные компоненты.....	81
6.2. Стандартные сегменты и сетевые компоненты сети Industrial Ethernet.....	83
6.3. Стандартные сегменты и сетевые компоненты сети Fast Ethernet.....	88
6.4. Пример конфигурации сети Ethernet.....	89
6.5. Сети Ethernet с использованием технологии коммутируемых сетей...	90
6.6. Вариант лабораторного стенда для изучения сети Industrial Ethernet..	99
7. СТАНДАРТ PROFINET.....	101
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	106