

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ SIEMENS SIMATIC S7-3XX

Р.Е. Кондратьев

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Аннотация. Для эффективного управления производственным процессом современных предприятий сегодня уже не достаточно оснастить линии автоматическими выключателями, реле скорости и локально расположенными контроллерами. С усложнением технологического процесса приходится применять современные компьютерные технологии в виде промышленных логических контроллеров и локальных сетей. Контроллеры Siemens Simatic S7-3xx отвечают всем требованиям современности в области обеспечения контроля и автоматизации. Созданные на их основе локальные сети способны взять под контроль весь комплекс промышленных объектов, значительно облегчая персоналу в поиске неполадок и из дальнейшего устранения. Для создания автоматизированных линий необходимо знание языков программирования LAD, STL или FBD. Полученные системы управления способны вести опрос датчиков, выработку управления, используя заложенные алгоритмы, вести необходимое оповещение персонала и журнал событий, используя базу данных Microsoft SQL Server. Возможности систем зависят только от уровня профессионализма разработчиков.

Ключевые понятия: контроллер, сеть, модуль ввода-вывода, протокол, уровень.

Сегодня степень сложности линии промышленного производства на предприятиях России зависит в первую очередь от производственной мощности самого завода, степени сложности изготавливаемого продукта, а также от методов производства. Применительно к металлургическим предприятиям республики Мордовия можно отметить тот факт, что технологические линии производства состоят в основе своей из конвейеров, двигателей различных мощностей постоянного и переменного токов, компрессорных подстанций, всевозможных вентиляционных каналов, а также шкафов управления этими линиями. Анализ современного технического состояния подобного предприятия показал, что на данный момент для управления и контроля производством до сих пор используется, к сожалению, обычная коммутационная аппаратура либо морально устаревшие контроллеры, которые являются громоздкими и не эффективными в плане обслуживания.

Они не способны в полной мере производить гибкий контроль и управление производственным объектом, а с усложнением линий создают порой серьезные трудности при ликвидации аварийных ситуаций. Выходом из сложившейся ситуации может являться применение современных промышленных контроллеров Siemens SIMATIC S7-3xx, способных в полной мере удовлетворить требованиями современного типа производства, а также обеспечить возможность их использования для управления из единых координационных центров в целях сбора оперативной информации и управления.

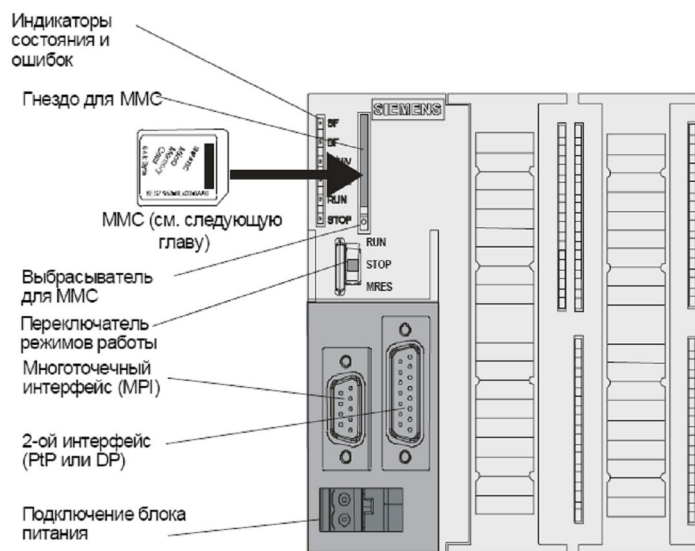


Рис. 1. Элементы и структура CPU

Технологически контроллеры Siemens SIMATIC S7-3xx имеют модульный тип исполнения, что позволяет разработчикам не ограничиваться определенным набором линий ввода-вывода, как это сделано в других контроллерах, а наращивать их число в зависимости от количества задействованных элементов. Максимальное число модулей варьируется в зависимости от модели контроллера [1].

На рисунке 1 изображены элементы контроллера Siemens SIMATIC S7-3xx: CPU и модули ввода-вывода, обычно, располагаемые справа. CPU имеет удобную светодиодную индикацию, сигнализирующую о состоянии процессора (рис. 2). С помощью одного из трех доступных языков программирования (LAD, STL и FBD) создается программа, которая после отлаживания записывается в CPU. Для хранения программы используются обычные карты памяти MMC, что дает возможность при необходимости увеличить ее размер, тем самым загрузив более громоздкую программу. В общем случае, при загрузке проекта на карту на ней сохраняются блоки программы пользователя, архивы и рецепты, проектные данные, а также данные для сохранения и обновления операционной системы. Являясь центральным узлом в модульной сборке всего контроллера, CPU обладает широкими коммуникативными возможностями. В зависимости от конкретной модели частота счета CPU лежит в пределах от 10 до 60 кГц. Данного предела достаточно, так как промышленные процессы в большинстве своем медленные.

Для приема управляющих сигналов от всевозможных датчиков и кнопок CPU снабжается цифровыми и аналоговыми модулями ввода-вывода. Цифровые модули ввода предназначены для приема сигналов от цифровых элементов управления или кнопок без необходимого преобразования уровней. Физически цифровой модуль представляет шину из определенного количества входов. Все входы потенциально развязаны, что позволяет использовать значительные входные напряжения, а защита от перенапряжений и индуктивная защита позволяет подключать на входах катушки реле и контакторы. На рис. 3 изображен один из примеров организации цифрового модуля ввода. На нем:

1. номер канала
2. Индикаторы состояния (горят либо зеленым, либо красным)
3. Подключение к задней шине
4. Распознавание обрыва провода

Цифровые модули вывода по функциональному назначению предназначены для прямого управления исполнительными механизмами цифрового и аналогового типа через промежуточное реле, рассчитанное на напряжение сра-

Индикаторы CPU:

○	SF	(красный)	Аппаратная или программная ошибка
○	BF	(красный)	Ошибка шины (только CPU с интерфейсом DP)
○	DC5V	(зеленый)	Питание 5 В для CPU и шины S7-300-в порядке.
○	FRCE	(желтый)	Активно задание на принудительную установку.
○	RUN	(зеленый)	CPU в состоянии RUN; светодиод мигает при запуске с частотой 2 Гц; при останове (HOLD) – с частотой 0,5 Гц
○	STOP	(желтый)	CPU в состоянии STOP, HOLD или в режиме запуска; светодиод мигает при запросе на общее стирание с частотой 0,5 Гц, во время стирания – с частотой 2 Гц

Рис. 2. Индикаторы состояния и ошибки CPU

батывание 24 вольта (выходное напряжение цифрового модуля).

На рис. 4 изображен один из примеров организации цифрового модуля вывода. На нем:

1. Номер канала
2. Индикаторы состояния-зеленые
3. Подключение к задней шине.

Для работы с аналоговыми сигналами необходимо подключать аналоговые модули ввода и вывода. Среди их основных функций можно обозначить ввод аналоговых величин, их сравнение и измерение. В зависимости от модификации существуют 15, 13 и 12 разрядные аналоговые корпуса.

Как указывалось выше, CPU имеет широкие коммуникационные возможности. Функционирование систем управления отныне зависит не только от программируемых логических контроллеров, но также в сильной степени определяется и окружением, в котором они находятся. И кроме средств визуализации, управления и контроля здесь также имеется в виду высокопроизводительная коммуникационная система. Семейство промышленных сетей

SIMATIC имеет открытую гетерогенную коммуникационную систему, предназначенную для использования на всех уровнях иерархии систем автоматизированного управления в условиях промышленного производства.

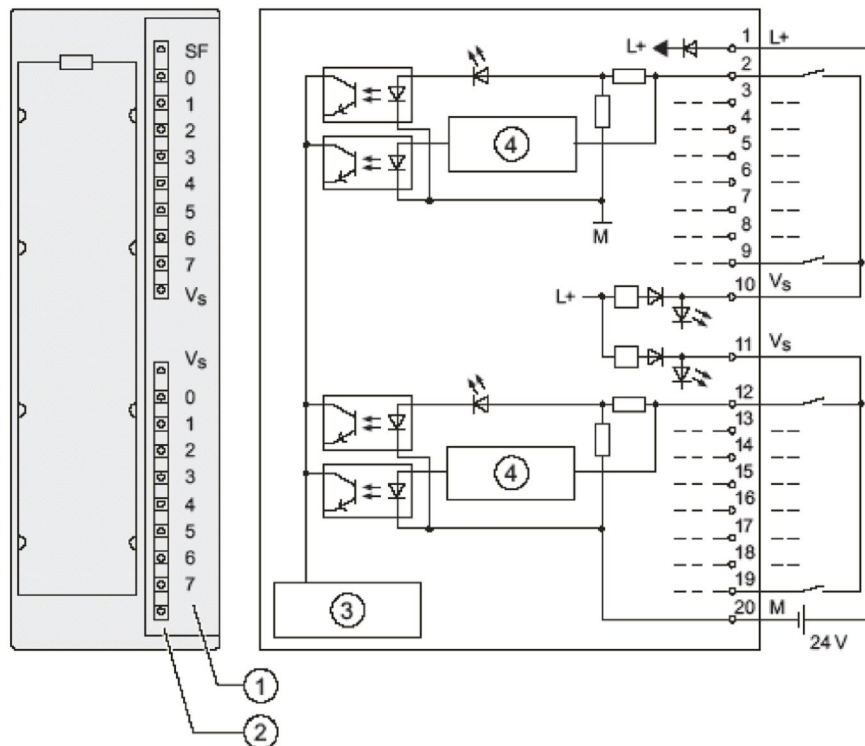


Рис. 3 Схема подключения и принципиальная схема цифрового модуля ввода

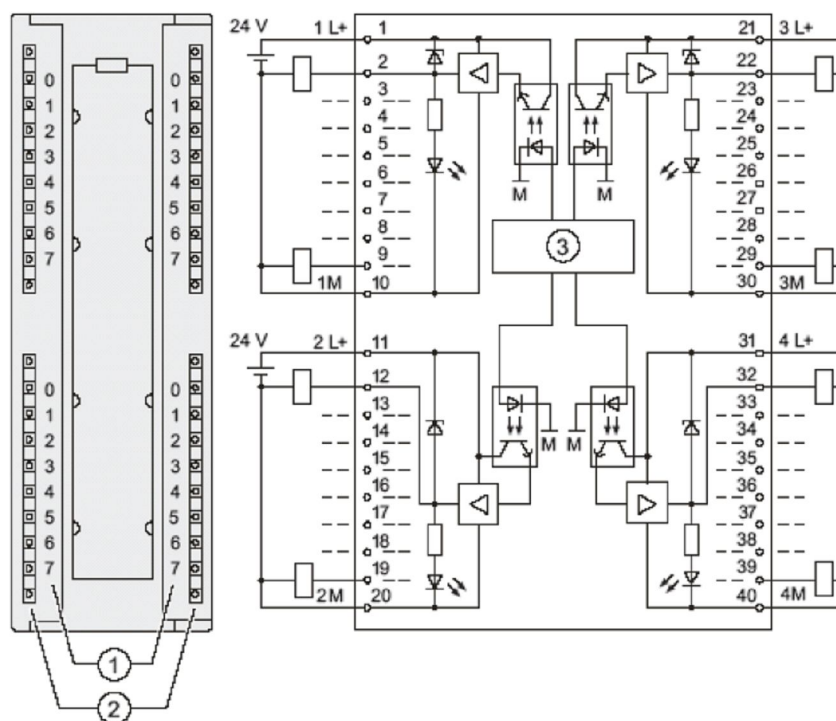


Рис. 4. Схема подключения и принципиальная схема цифрового модуля вывода

Коммуникационные системы SIEMENS SIMATIC NET базируются на государственных и международных стандартах в соответствии с 7-уровневой моделью ISO/OSI (Open System Interconnection).[2] Основой таких коммуникационных систем служат локальные вычислительные сети (ЛВС), которые могут быть реализованы как:

- Электрические
- Оптические
- Беспроводные
- Комбинация электрических/оптических/беспроводных
- Электрические искробезопасные

В состав сетевого окружения SIMATIC входят следующие компоненты:

- Коммуникационная сеть, состоящая из среды передачи, средств для подключения к сети и передачи данных, а также соответствующие технологии передачи

- Протоколы и службы, используемые для передачи данных между перечисленными выше устройствами

- Модули, предназначенные для подключения программируемого контроллера или компьютера к ЛВС (коммуникационные процессоры “СР” или “интерфейсные модули”).

Для объединения шкафов управления технологической линии производства в сеть используются сети Industrial Ethernet, Profibus-DP и АС-интерфейс. На рис. 5 изображена иерархия сетей Siemens SIMATIC.

К особенностям Industrial Ethernet можно отнести стандарт Ethernet 10 BASE5/1/, введенный еще в 1985 году. Стандарт базируется на использовании в качестве среды передачи коаксиального кабеля. Свойством таких сетей является не модулированная передача данных и метод доступа CSMA/CD. Среда распространения сигнала формирует единый канал связи, ресурсы которого должны использоваться одновременно всеми подключенными терминальными устройствами (ООД). Все подключенные терминальные устройства принимают передаваемую информацию одновременно. В любое время правом на передачу данных обладает лишь одно терминальное устройство. Если несколько терминальных устройств передают данные одновременно, в канале связи возникает коллизия. Сигналы терминальных устройств, пытающихся передать данные одновременно, подавляют друг друга.

Совершенно очевидно, что возникает необходимость в координировании доступа к среде передачи, используемой совместно. Для решения данной проблемы необходимо использовать протокол CSMA/CD, который также известен как протокол LWT (Listen While Talk). Такой метод доступа является распределённым, поскольку все терминальные устройства, подключенные к сети, обладают равными правами. Если терминальное устройство собирается передавать данные, оно сначала проверяет, 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 ООД, оно должно дождаться освобождения канала связи.

Все терминальные устройства информируются о передаваемых данных. 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 оба они обнаружили, что канал связи свободен, они начинают передачу. Спустя короткое время произойдёт столкновение передаваемых данных.

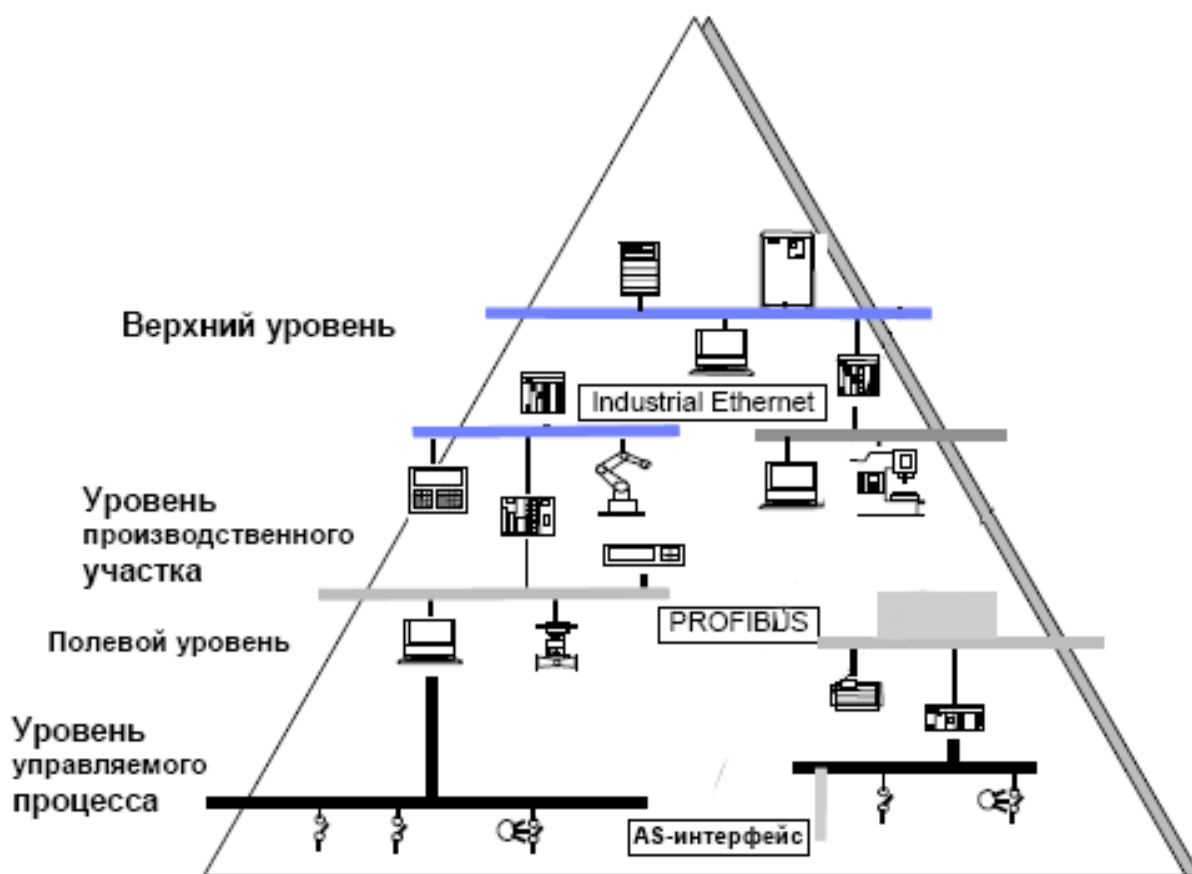


Рис. 5. Иерархия сетей Siemens SIMANTIC

Терминальные устройства снабжены механизмом, который позволяет им обнаруживать такие коллизии. Все терминалы, оказавшиеся участниками коллизии, прекращают передачу и в течение некоторого времени, величина которого случайна и рассчитывается для каждого отдельного терминала по-разному, вновь предпринимают попытку передачи данных. Так повторяется до тех пор, пока один из терминалов не добьётся успешной передачи в отсутствие коллизий. 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.

В качестве среды передачи для построения сетей Industrial Ethernet используются витая пара и волоконно-оптический канал связи. Витая пара и оптический канал позволяют устанавливать соединения «точка-точка» между двумя электрически активными компонентами. Это означает, что между ООД 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, а при использовании оптоволоконного канала компонентом OLM. Максимальная длина канала для витой пары, связывающего ООД и сетевой компонент (известная как длина сегмента.) не может превышать 100 м., трехпроводного коаксиального кабеля 50 м.

АС-интерфейс, необходимый для подключения датчиков и исполнительных механизмов, называемый сокращённо AS-i, является коммуникационной системой, предназначенной для использования на самом нижнем уровне иерархии промышленного автоматизированного комплекса – уровне управляемого процесса. Непременный атрибут этого уровня – развитая сеть соединительных кабелей, замещается одним единственным кабелем AS-интерфейса. С помощью AS-i кабеля и ведущего устройства AS-интерфейса простейшие бинарные датчики и исполнительные устройства могут подключаться к средствам управления на полевом уровне посредством модулей AS-интерфейса. Отличительными чертами AS-интерфейса являются следующие основные характеристики:

- AS-интерфейс оптимален для подключения бинарных датчиков и исполнительных механизмов. Кабель AS-i используется как для обмена данными между датчиками/исполнительными механизмами (ведомыми устройствами AS-i) и ведущим устройством AS-i, так и для подачи напряжения питания на датчики/исполнительные механизмы.
- Более простой и экономичный монтаж соединений. Благодаря использованию метода прокалывания изоляции упрощается монтаж кабеля и достигается высокая гибкость, необходимая для построения древовидной топологии.
- Малое время реакции: ведущему устройству AS-i требуется не более 5 мс для циклического обмена данными с 31 узлом сети.
- В качестве узлов (AS-i ведомых) кабеля AS-интерфейса могут выступать либо датчики/исполнительные механизмы со встроенным AS-i интерфейсом, либо модули AS-i, к которым можно подключить до 4 обычных бинарных датчиков/исполнительных механизмов.
- При использовании стандартных AS-i модулей на кабеле AS-i может находиться до 124 исполнительных механизмов/датчиков.
- Если используются AS-i модули с расширенным режимом адресации, с одним ведущим устройством, с расширенным режимом адресации могут работать до 186 исполнительных механизмов и 248 датчиков.

Расширенные ведущие устройства AS-интерфейса обеспечивают простой доступ к аналоговым датчикам/исполнительным механизмам или модулям,

функционирование которых соответствует профилю ведомых устройств AS-интерфейса 7.3/7.4.

AS-интерфейс обладает следующими характеристиками:

- Технология доступа "Ведущий - Ведомый" (Master - Slave)

AS-интерфейс является системой с одним ведущим устройством. Это означает, что в сети AS-интерфейса присутствует одно единственное ведущее устройство, которое управляет обменом данными. Это устройство опрашивает поочередно все ведомые устройства AS-i одно за другим, ожидая от каждого ответ.

- Электронная установка адреса

Адрес ведомого устройства AS-i является его идентификатором. Присвоение адреса происходит в системе AS-интерфейса только один раз. Установку адреса можно выполнить либо с помощью специального модуля задания сетевых адресов, или с помощью ведущего устройства AS-i. Адрес постоянно хранится в ведомом устройстве AS-i. При изготовлении в устройство по умолчанию всегда записывается адрес "0".

- Надёжность функционирования и гибкость

Используемая техника передачи (модуляция тока) гарантирует высокую эксплуатационную надёжность. Ведущее устройство контролирует напряжение на кабеле, а также передаваемые данные. Оно распознаёт ошибки передачи и выход из строя ведомых устройств и передаёт сообщение на PLC (programming logic controller). Пользователь имеет возможность среагировать на такое сообщение. Замена или добавление ведомых устройств в режиме нормальной работы не окажет влияние на обмен данными с другими ведомыми устройствами AS-i.

PROFIBUS-это коммуникационная сеть полевого уровня и уровня отдельных производственных участков, базирующаяся на стандарте EN 50170-1-2 и использующая гибридный метод доступа к шине (маркерное кольцо между активными узлами и "ведущий - ведомый" между активными и пассивными узлами). Средой передачи может являться витая пара, волоконно-оптический кабель или беспроводная среда. Архитектура протоколов PROFIBUS базируется на модели OSI (Open System Interconnection). На рисунке 6 изображена модель ISO/OSI для коммуникационных стандартов, состоящая из 7 уровней, подразделяющихся на два класса:

- ориентированных на пользователя с уровня 5 по уровень 7;
- ориентированных на сеть (уровни 1-4).

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

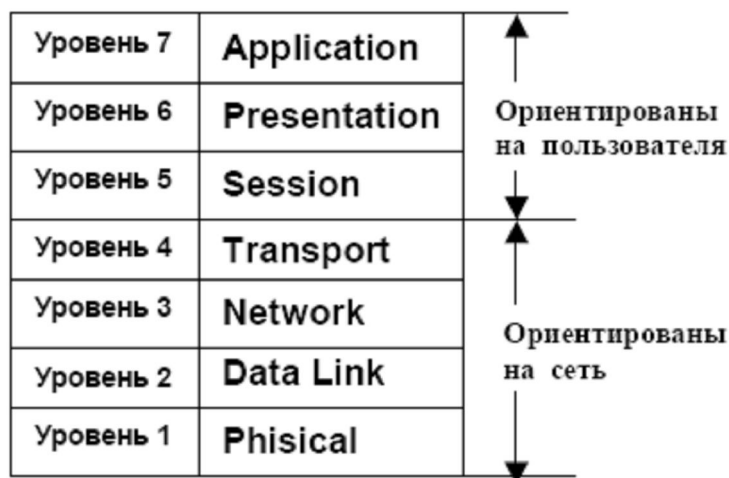


Рис. 6. Модель ISO/OSI для стандартов

В данном типе сети реализованы первый, второй и седьмой уровни. Благодаря такой архитектуре достигается

быстрая передача данных. В основу пользовательского интерфейса положены необходимые пользовательские функции, а также системные и аппаратно-зависимые функции различных типов PROFIBUS-DP-приборов. Для PROFIBUS на-

значен способ передачи RS485, базирующийся на полудуплексной, асинхронной синхронизации. Данные передаются внутри 11- разрядного кадра в NRZ-коде (Non Return to Zero). Значения сигнала (биты) не изменяются во время передачи сигнала.

В то время, как передача бинарного значения “1” соответствует положительному значению на проводнике RxD/TxD-P (Receive/Transmit-Data-P), напротив, на проводнике RxD/TxD-N (Receive/Transmit-Data-N) присутствует “0”. Состоянию покоя между отдельными телеграммами соответствует двоичный сигнал “1”. В литературе часто также оба проводника PROFIBUS обозначают как А-проводник и В-проводник. При этом А-проводник соответствует RxD/TxD-N, а В-проводник - RxD/TxD-P.

Физический уровень [уровень 1] в сетях PROFIBUS позволяет достигнуть электробезопасности и питания полевых приборов прямо через шину. Для передачи данных используется бит-синхронизированный, с манчестерским кодом протокол передачи без постоянной составляющей (обозначается также как H1). При передаче данных с помощью манчестерского кода бинарный “0” передается как смена фронта с 0 на 1, а бинарная “1” . как смена фронта с 1 на 0. используется витой экранированный или неэкранированный провод.

Согласно модели OSI на втором уровне реализуются функции управления доступом к шине, обеспечение безопасности данных, а также выполнение протокола передачи и формирование телеграмм. Уровень 2 обозначается в PROFIBUS как FDL-уровень (Fieldbus Data Link). Формат телеграммы уровня 2 способствует большей безопасности передачи. Вызывающая телеграмма имеет расстояние Хемминга HD (Hamming Distance) = 4. При HD = 4 может быть распознано до 3-х одновременных ошибок в фальсифицированных битах телеграммы данных. Это достигается благодаря применению особых стартового и завершающего знаков телеграммы, постоянно скользящей синхронизации, биту четности и контрольному байту.

Уровень 7 модели ISO/OSI представляет в распоряжение пользователя полезные коммуникационные службы. Этот пользовательский уровень состоит в PROFIBUS из FMS (Fieldbus Message Specification) и LLI (Lower Layer Interface) слоев.

Проведенный анализ особенностей линейки контроллеров Siemens SIMATIC S7-3xx как ключевого компонента в автоматизации производственных линий и процессов показал, что вариант развития управления промышленности с использованием данных контроллеров является выгодным в плане дальнейшего наращивания производственных мощностей, стабильности и самоорганизации. Широкие функциональные возможности SIMATIC в плане организации локальных сетей различного уровня позволяют вести контроль и управление производственного процесса при практически любой степени сложности организации производства, достигая тем самым повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия в целом. Стоит отметить, что способы автоматизации и дальнейшего управления, основанных на аппаратуре данного класса являются бурно развивающимися в настоящее время во всем мире и заслуживают пристального внимания. Анализ был выполнен с учетом современных достижений в области автоматизации и управления производственными процессами.

Список использованной литературы

1. Siemens Simatic Программируемый контроллер S7-300. Руководство, Bereich Automation and Drives Geschaeftsgebiet Industrial Automation System Postfach 4848,D-90327 Nuernberg 2002. – 258 с.
2. <http://www.ad.siemens.de/simatic-cs>

Сведения об авторе

Кондратьев Руслан Евгеньевич, аспирант Мордовского государственного университета им. Н.П.Огарева.

Научный руководитель – Федотов Юрий Борисович, к.т.н., зав. кафедрой «Промышленная электроника», 200-400, FedotovYB@mail.ru