КИПиА ЯМАЛ
6-й разряд · МДК.01.02

Полный конспект лекции на 1 час

Тема 2.6. Промышленные сети и интерфейсы

RS-232, RS-485, HART, Modbus, Ethernet, оптоволокно и конвертеры

КУПД «Слесарь по КИПиА» от 21.04.2026 № УПД-15

Параметр	Значение
МДК	МДК.01.02 «Ремонт, регулировка, испытания и сдача систем автоматики»
Тема	2.6 «Промышленные сети и интерфейсы»
Объём	1 академический час теории + 2 часа ЛПЗ
Основа	КУПД «Слесарь по КИПиА» от 21.04.2026 № УПД-15

СОДЕРЖАНИЕ

1. Промышленные сети в автоматизации

1.1. Отличие от офисных сетей

2. Последовательный интерфейс RS-232

2.1. Соединение устройств

2.2. Асинхронный формат передачи

3. Промышленный интерфейс RS-485

3.1. Дифференциальная передача

3.2. Магистраль, согласование и кабель

4. HART

5. Modbus

5.1. Уровни и модель обмена

5.2. Modbus RTU

6. Промышленный Ethernet

7. Оптоволоконная связь

8. Преобразователи интерфейсов

9. Диагностика промышленной сети

10. Выбор интерфейса

11. Итоги и контрольные вопросы

1. Промышленные сети в автоматизации

Промышленная сеть связывает датчики, преобразователи, удалённые модули ввода-вывода, контроллеры, панели оператора и системы верхнего уровня. Её задача — передавать технологические данные и команды в условиях реального производства.



Рисунок 1. Место промышленной сети в системе автоматизации.

1.1. Отличие от офисных сетей

Офисная сеть в первую очередь обслуживает пользовательский трафик. Для промышленной сети особенно важны предсказуемость обмена, устойчивость к производственным условиям, диагностируемость, совместимость устройств и возможность длительной непрерывной эксплуатации. Требования зависят от конкретного объекта и применяемого стандарта.

2. Последовательный интерфейс RS-232

RS-232 — последовательный интерфейс, традиционно используемый для связи двух устройств. В простейшей схеме применяются линии передачи Tx, приёма Rx и общий провод. Передача является несимметричной относительно общего провода, поэтому RS-232 типично применяют на сравнительно коротких линиях.

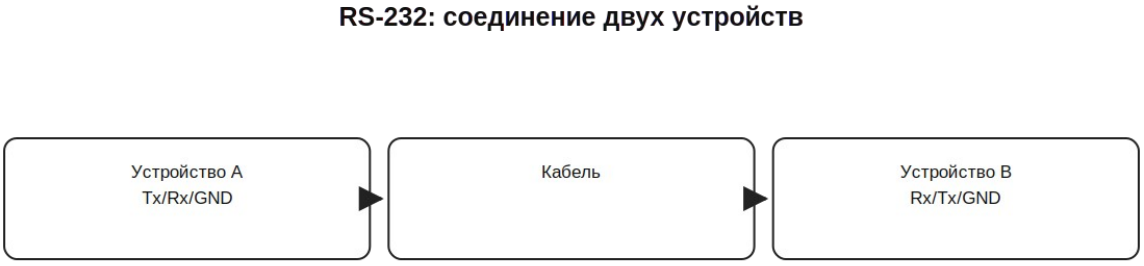


Рисунок 2. Упрощённое соединение RS-232.

2.1. Соединение устройств

Передающий выход Tx одного устройства должен поступать на принимающий вход Rx второго. Для диагностического соединения важно учитывать тип разъёма и назначение контактов конкретного оборудования: одинаковый разъём не гарантирует одинаковую распиновку.

2.2. Асинхронный формат передачи

При асинхронной передаче отдельная линия тактовой синхронизации не используется. Приёмник и передатчик заранее настраиваются на одинаковые параметры: скорость, число бит данных, наличие/тип контроля чётности и число стоповых битов. Например, 9600 8N1 означает 9600 бит/с, 8 бит данных, без чётности, один стоповый бит.

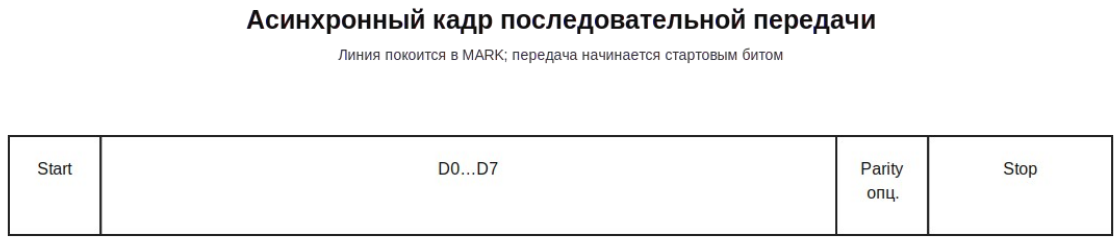


Рисунок 3. Упрощённый асинхронный кадр.

3. Промышленный интерфейс RS-485

RS-485 использует дифференциальную передачу: приёмник оценивает разность потенциалов между двумя проводниками линии. Благодаря этому интерфейс лучше подходит для промышленной среды и многоточечной сети, чем простая несимметричная передача.



Рисунок 4. Идея дифференциальной передачи.

3.1. Дифференциальная передача

Состояние линии определяется взаимным уровнем проводников пары. Обозначение A/B у разных производителей может трактоваться по-разному, поэтому при подключении следует опираться на документацию конкретных устройств и проверять полярность фактическим обменом.

3.2. Магистраль, согласование и кабель

Классическая сеть RS-485 строится как магистраль с подключением устройств короткими ответвлениями. Согласующие резисторы устанавливают на двух физических концах магистрали.

Неправильная топология, длинные ответвления и лишние терминаторы могут вызвать отражения и ошибки.



Рисунок 5. Магистраль RS-485 с терминаторами на концах.

Кабель выбирают с учётом витой пары, волновых свойств, экрана, длины и условий прокладки. Точные требования всегда берут из документации оборудования и проекта.

4. HART

HART позволяет передавать цифровую информацию совместно с обычным аналоговым сигналом 4–20 мА. На постоянную токовую составляющую накладывается малый цифровой FSK-сигнал. Аналоговый канал продолжает нести основное измеренное значение, а цифровой используется для идентификации, параметрирования и диагностики интеллектуального прибора.



Рисунок 6. Совмещение 4–20 мА и HART.

5. Modbus

Modbus — распространённый промышленный протокол обмена прикладными данными. Он определяет модель запросов, функций и данных, но может работать поверх разных транспортных сред. Поэтому нельзя путать Modbus и RS-485: RS-485 — физический интерфейс, Modbus — протокол более высокого уровня.

5.1. Уровни и модель обмена

В учебном представлении полезно разделять три уровня: физическая линия, канальный формат передачи и прикладная команда. Например, Modbus RTU часто работает поверх RS-485, а Modbus TCP — поверх Ethernet.

Modbus: уровни представления



Рисунок 7. Разделение уровней при обмене Modbus.

Обмен Modbus по принципу запрос-ответ

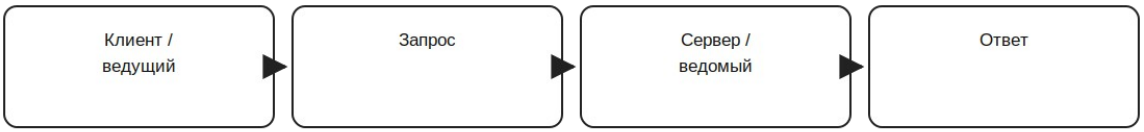


Рисунок 8. Типовой запрос-ответ.

5.2. Modbus RTU

Упрощённый кадр Modbus RTU содержит адрес устройства, код функции, данные и контроль CRC. Адрес определяет получателя, функция — требуемое действие, данные содержат параметры запроса/ответа, CRC позволяет обнаружить повреждение кадра.

Упрощённая структура кадра Modbus RTU

Фактическая длина поля данных зависит от функции



Рисунок 9. Упрощённая структура кадра Modbus RTU.

Для корректного обмена недостаточно правильного адреса: должны совпадать скорость, биты данных, чётность, стоповые биты и настройки протокола.

6. Промышленный Ethernet

Ethernet используется для связи контроллеров, HMI, SCADA, инженерных станций, шлюзов и удалённых модулей. В промышленном исполнении применяют оборудование, рассчитанное на соответствующие условия эксплуатации и требования конкретной системы.

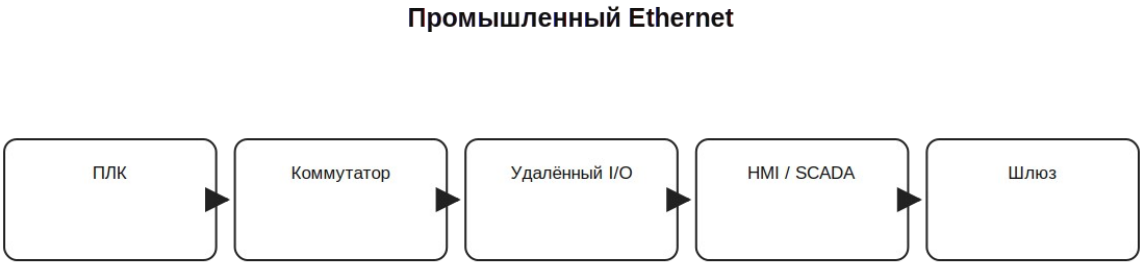


Рисунок 10. Пример сети промышленного Ethernet.

7. Оптоволоконная связь

В оптоволоконной линии информация передаётся светом. Волокно обеспечивает электрическую развязку между концами и высокую устойчивость к электромагнитным воздействиям. Оно требует оптических трансиверов, аккуратного монтажа и контроля состояния соединителей.



Рисунок 11. Принцип оптической линии.

Различают разные типы волокон и оптических интерфейсов. Конкретный тип, допустимое расстояние и разъёмы выбирают по проекту и паспортам оборудования.

8. Преобразователи интерфейсов

Конвертеры применяются, когда устройства имеют разные физические интерфейсы: например, RS-232/RS-485 или RS-485/Ethernet. При диагностике важно понимать, что конвертер может преобразовывать только физический интерфейс либо одновременно выполнять роль сетевого шлюза с преобразованием протокола.

Преобразователи интерфейсов

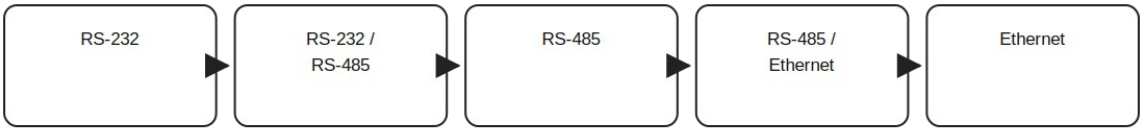


Рисунок 12. Примеры преобразователей интерфейсов.

9. Диагностика промышленной сети

Поиск неисправности выполняют от простого к сложному: сначала физическое состояние линии, затем параметры порта, адресацию и прикладной протокол.

1. Проверить питание всех активных устройств.
2. Проверить кабель, разъёмы, целостность и полярность линии.
3. Проверить топологию и терминаторы RS-485.
4. Сверить скорость, формат кадра и режим интерфейса.
5. Проверить уникальность и правильность адресов.
6. Проверить, кто инициирует обмен и есть ли трафик.
7. Проверить код функции/команду и ожидаемый формат ответа.
8. При необходимости локализовать участок сети последовательным отключением или заменой заведомо исправным элементом.

Диагностика линии связи



Рисунок 13. Логика первичной диагностики.

10. Выбор интерфейса

Интерфейс выбирается не по принципу «новее лучше», а по задаче. Для сервисного соединения двух устройств может быть достаточно RS-232. Для магистральной линии нескольких полевых устройств — RS-485. Для сети контроллеров и верхнего уровня — Ethernet. Для связи на помехоопасном или электрически разнесённом участке может быть рационально оптоволокно.



Рисунок 14. Упрощённый подход к выбору интерфейса.

11. Итоги и контрольные вопросы

При работе с промышленными сетями важно разделять физический интерфейс, параметры передачи и протокол. Большинство проблем связи локализуются быстрее, если проверять сеть по уровням — от кабеля и питания к параметрам и сообщениям.

1. Чем промышленная сеть отличается от офисной по назначению?

2. Как соединяются Tx и Rx при RS-232?

3. Что означает формат 8N1?

4. Почему RS-485 использует дифференциальную передачу?

5. Где располагают терминаторы магистрали RS-485?

6. Что передаёт HART поверх 4–20 мА?

7. Почему RS-485 и Modbus нельзя считать одним и тем же?

8. Из каких основных полей состоит Modbus RTU кадр?

9. Какова роль CRC?

10. Где в системе автоматики применяется Ethernet?

11. Какое ключевое преимущество даёт оптоволокно с точки зрения электрической развязки?

12. Чем конвертер интерфейса отличается от шлюза протоколов?

13. Какие проверки выполнить первыми при отсутствии связи?

Источники

1. КУПД «Слесарь по КИПиА» от 21.04.2026 № УПД-15, тема 2.6.
2. Дополнительные учебные схемы и диагностические задания разработаны на основе содержания темы КУПД.