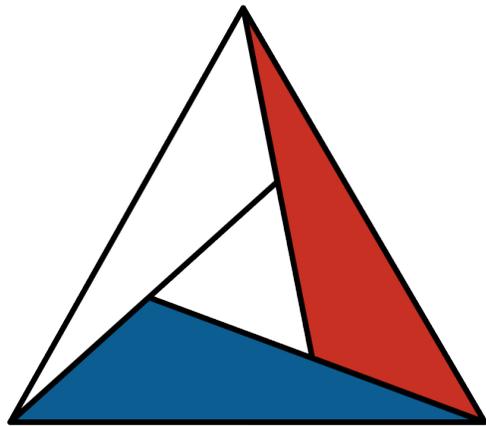


Интерфейс шины HART
для интеллектуального
механизма
Техническое руководство



СТА

Содержание

1	Назначение и область применения	3
2	Нормативная база и спецификации	3
3	Принципы работы	3
3.1	Два канала в одной линии	3
4	Топологии и режимы	3
5	Архитектура протокола	4
6	Кадры и обмен сообщениями	4
7	Команды HART	4
8	Burst Mode	5
9	Практические рекомендации по проектированию	5
9.1	Питание и нагрузка петли	5
9.2	Кабели и экранирование	5
9.3	Разделение ролей мастеров	5
10	Настройка и ввод в эксплуатацию	5
11	Диагностика и обслуживание	5
12	Интеграция с АСУ ТП	6
13	Ограничения и особенности	6
14	Минимальный пример структуры проекта	6
15	Глоссарий	6
16	Заключение	6

1 Назначение и область применения

HART (Highway Addressable Remote Transducer) — протокол цифровой связи, предназначенный для интеллектуальных полевых приборов в системах автоматизации технологических процессов. Он обеспечивает двусторонний обмен цифровыми данными поверх стандартной токовой петли 4–20 мА, не нарушая аналоговый сигнал. [2]

Протокол применяется для:

- параметрирования и настройки приборов (диапазоны, единицы, демпфирование);
- считывания диагностической информации и статусов;
- получения дополнительных переменных, вычисляемых прибором;
- инвентаризации и идентификации устройств.

2 Нормативная база и спецификации

Разработчиком и владельцем спецификаций является FieldComm Group. Полный набор документов включает уровни физический, канальный и прикладной, а также спецификации команд. Ключевые документы: базовая спецификация протокола, спецификация физического уровня FSK, спецификация канального уровня и сводные спецификации команд. [1]

3 Принципы работы

HART использует частотную манипуляцию (FSK) по стандарту Bell 202, накладываемую на токовую петлю 4–20 мА. Цифровой канал обеспечивает скорость 1200 бит/с и позволяет передавать пакеты данных, не влияя на аналоговый измерительный сигнал. [2, 6]

3.1 Два канала в одной линии

- **Аналоговый канал:** первичная измеряемая величина (PV) по 4–20 мА.
- **Цифровой канал:** двусторонние команды и ответы, статусы, диагностика.

4 Топологии и режимы

HART поддерживает два основных режима работы:

- **Точка–точка (point-to-point):** адрес прибора равен 0, аналоговый сигнал 4–20 мА активен.
- **Многоточечный режим (multidrop):** адреса 1–15, аналоговый ток фиксируется на 4 мА, обмен только цифровой. [4, 5]

Параметр	Точка–точка	Multidrop
Адрес прибора	0	1–15 [4, 5]
Аналоговый выход	4–20 мА активен	4 мА фиксирован [4, 5]
Число приборов на линии	1	до 15 [5]
Назначение	Непрерывное измерение + сервисные данные	Цифровая сеть приборов

5 Архитектура протокола

HART следует многослойной архитектуре:

- **Физический уровень:** FSK-сигнал поверх 4–20 мА, частоты 1200/2200 Гц. [2, 6]
- **Канальный уровень:** адресация, кадрирование, контроль ошибок, управление доступом. [1]
- **Прикладной уровень:** команды, параметры, описания переменных и статусов. [1]

6 Кадры и обмен сообщениями

Обмен происходит по модели «мастер–ведомый». Допускаются два мастера: основной (обычно контроллер) и вторичный (например, портативный коммуникатор). [6]

Типичный цикл включает:

1. мастер посылает команду устройству;
2. устройство отвечает с кодом статуса и данными;
3. при ошибках возвращаются коды диагностики.

7 Команды HART

Команды делятся на категории:

- **Universal Commands:** обязательные для всех устройств;
- **Common Practice Commands:** типовые команды для групп приборов;
- **Device-Specific Commands:** специфичны для модели. [1]

Ключевые команды обеспечивают чтение идентификатора, PV, статуса, настройку диапазонов, единиц и параметров фильтрации.

8 Burst Mode

Burst Mode позволяет устройству периодически передавать ответ на заданную команду без повторных запросов мастера, что повышает частоту обновления данных. Режим является опциональным, но рекомендуется производителями; при реализации требуется поддержка набора команд управления Burst. [3]

9 Практические рекомендации по проектированию

9.1 Питание и нагрузка петли

При проектировании петли необходимо учитывать суммарное сопротивление и доступное напряжение источника питания, чтобы обеспечить работу как аналогового, так и цифрового каналов.

9.2 Кабели и экранирование

Рекомендуется использовать витую пару с экранированием, единый контур заземления и минимизацию электромагнитных помех. Длина линии и суммарная емкость ограничивают число приборов в multidrop-сегменте.

9.3 Разделение ролей мастеров

Вторичный мастер (коммуникатор) должен корректно разделять доступ с основным мастером, чтобы не нарушать опрос и управление.

10 Настройка и ввод в эксплуатацию

Типовая процедура:

1. подключение модема HART параллельно петле 4–20 мА;
2. идентификация устройства по адресу 0 (point-to-point);
3. назначение адреса (1–15) при переходе к multidrop; [4]
4. конфигурирование диапазона, единиц, демпфирования;
5. проверка статусов и диагностик.

11 Диагностика и обслуживание

HART обеспечивает доступ к расширенным диагностическим данным, включая коды неисправностей, предупреждения, пределы сенсора, журнал событий (если поддерживается). Используйте команды чтения статуса перед внесением изменений.

12 Интеграция с АСУ ТП

HART применяют в системах DCS/PLC через HART-мультиплексоры, шлюзы и встроенные HART-модемы. Это позволяет:

- централизованно конфигурировать парк приборов;
- получать диагностическую информацию без остановки процесса;
- повысить прозрачность и безопасность обслуживания.

13 Ограничения и особенности

- Невысокая скорость передачи (1200 бит/с). [2, 6]
- Многоточечный режим отключает аналоговый выход 4–20 мА. [4, 5]
- Для полной совместимости требуется соблюдение спецификаций. Они публикуются FieldComm Group. [1]

14 Минимальный пример структуры проекта

Для предприятия рекомендуется держать описание каждого прибора (ID, ревизия, параметры, адрес, версия прошивки, дата калибровки) и журнал изменений. Это упрощает аудит и техническое обслуживание.

15 Глоссарий

FSK Частотная манипуляция, используемая для передачи цифрового сигнала.

PV Primary Variable — основная измеряемая переменная.

Multidrop Режим подключения нескольких приборов на одну линию.

Master Устройство, инициирующее обмен (контроллер, коммутатор).

16 Заключение

HART остается распространенным протоколом для интеллектуальных приборов благодаря совместимости с 4–20 мА, зрелой экосистеме и богатому набору диагностических функций. Полная реализация должна опираться на официальные спецификации и процедуры проверки совместимости.

Список литературы

- [1] FieldComm Group. HART Protocol Specifications. <https://www.fieldcommgroup.org/hart-specifications>
- [2] FieldComm Group. HART Technology Explained. <https://www.fieldcommgroup.org/technologies/hart/hart-technology-explained>
- [3] FieldComm Group Support Portal. How does Burst-Mode function in a HART Product? <https://support.fieldcommgroup.org/support/solutions/articles/8000039326-how-does-burst-mode-function-in-a-hart-product->
- [4] Emerson/Rosemount. 3051 Pressure Transmitter Reference Manual (HART). <https://studylib.net/doc/8922695/rosemount-3051-pressure-transmitter-with-hart%C2%AE-protocol>
- [5] ICP DAS. HART Communication Modes. https://www.icpdas.com/en/product/guide%2BIndustrial__Communication%2BFieldbus__Communication%2BHART
- [6] Rockwell Automation. Smart Transmitter Interface Products, HART Communication Specifications. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1770-um519_-en-p.pdf