

УДК 621.316.1:681.518

## HART – ОСНОВНОЙ ВИД СВЯЗИ КОНТРОЛЛЕРА С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ДАТЧИКАМИ

А. В. ГАЙДУК

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. А. ДОВГЯЛО)

*В статье актуализирована проблема связи промышленных датчиков с устройствами обработки первичной информации. Рассмотрены средства описания, параметрирования и подключения HART-устройств. Показано место HART в модели протокола взаимодействия открытых систем.*

**HART-протокол.** В настоящее время системы промышленной автоматизации используют различные типы интеллектуальных полевых устройств. Это приводит к усложнению процедуры контроля и обслуживания каждого подобного устройства, установленного в промышленных установках. Повышаются требования к подготовке и квалификации инженерного персонала, обслуживающего интеллектуальные измерительные системы. Основным направлением современной автоматизации является мониторинг с помощью «интеллектуального» оборудования, позволяющего передавать данные между множеством подключенных устройств внутри и за пределы промышленного предприятия в основную систему сбора, обработки и анализа результатов. Эти данные используются для оптимизации автоматизации производства и управления промышленными процессами.

Достаточно продолжительное время основным способом передачи данных являлось использование петлевых передатчиков 4-20 мА. Полезная информация преобразовывалась в ток 4-20 мА и передавалась по двухпроводной линии связи. Серьезным недостатком этой системы являлось возможность контроля только одной переменной производственного процесса в любой момент времени. Для расширения функциональных возможностей систем автоматизации производственных процессов разработаны и успешно внедрены интеллектуальные устройства с поддержкой HART, такие как датчики HART. В этой связи, протокол HART стал отраслевым стандартом систем промышленной автоматизации.

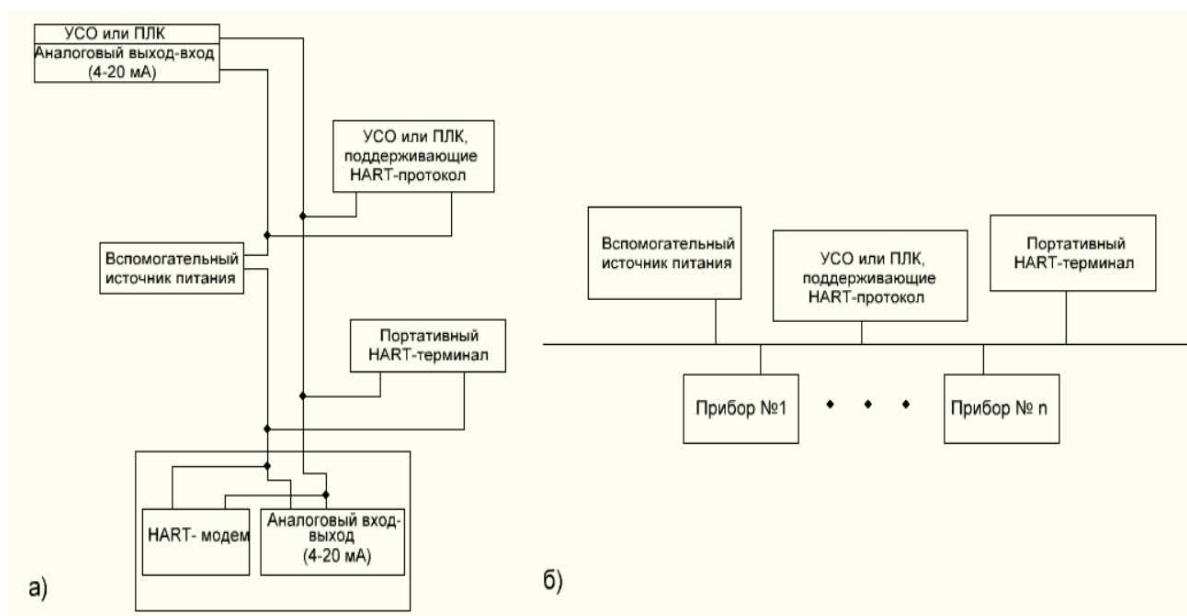
HART – это сокращение от Highway Addressable Remote Transducer[1]. Данная технология была впервые представлена в 1980-х годах. Протокол HART, созданный на основе стандарта Bell 202, облегчает передачу цифровых данных или сигналов по аналоговым системам проводки[2]. Современное производство по всему миру используют протокол HART более чем на 30 миллионах устройств и датчиков. Благодаря своим преимуществам протокол HART стал отраслевым стандартом для установления связи между хост-системами и интеллектуальными полевыми устройствами. Хост-системы могут быть портативными коммуникаторами, системами мониторинга или системами PLC/DCS. В отличие от традиционного протокола 4–20 мА, технология HART представляет собой протокол двунаправленной связи.[3]

Таблица 1. – Технические параметры, определяемые стандартом на HART-протокол

Топология	«Точка-точка» (стандартная) или шина
Максимальное количество устройств	Одно подчиненное устройство и два ведущих устройства (стандартный режим); 15 подчиненных устройств, 2 ведущих устройства (много-точечный режим с удаленным питанием)
Максимальная протяженность линии связи	3 км (стандарт); 100 м (многоточечный режим)
Тип линии	Экранированная витая пара
Интерфейс	4-20 мА, токовая петля (аналоговый)
Скорость передачи	1,2 кбит/с
Метод обращения	Polling (механизм опроса с уникальной адресацией каждого устройства)
Максимальная длина пакета данных	0-25 байт
Время цикла обновления данных	Около 500 мс (в пакетном режиме – 330 мс)
Надежность передачи данных	1 ошибка на $10^5$ бит, контроль по четности каждого байта, байт контрольной суммы для каждого пакета
Возможность использования во взрывоопасной зоне	Да

При измерениях разных физических величин (уровня, объема, расхода, давления, температуры и т.п.) используются датчиковые устройства с токовым выходом 4–20 мА. Основным преимуществом токового выхода 4–20 мА является простота практической реализации, массовое применение в приборах и возможность помехоустойчивой передачи аналогового сигнала на относительно большие расстояния. Однако при создании нового поколения интеллектуальных приборов и датчиков понадобилось вместе с передачей аналоговой информации передавать и цифровые пакеты данных, что существенно расширяет функциональные возможности автоматизированных систем. Рассматриваемый стандарт применялся исключительно для использования в режиме соединения «точка-точка». Впоследствии появилась возможность применять протокол в режиме многоточечного соединения. Основные технические параметры, характеризующие HART-протокол, – см. табл.1 [4].

**Системное подключение и топология.** Устройства HART могут работать в одной из двух сетевых конфигураций – двухточечной или многоточечной (рис. 1) [5].



**ПЛК – программируемый контроллер; УСО – устройство связи с объектом; ПК – персональный компьютер;**  
***a* – стандартный вариант – цифровой канал «точка-точка» с аналоговым сигналом;**  
***б* – многоточечный вариант – цифровой канал (топология-шина) без передачи аналогового сигнала,**  
**но с удаленным питанием по цепям связи**

**Рисунок 1. – Структурная схема подключения HART-устройств**

В двухточечном режиме для передачи основных переменных производственного процесса (данных) используется аналоговый сигнал 4–20 мА, а дополнительные переменные процесса, параметры конфигурации и другие данные устройства передаются в цифровом виде с использованием протокола HART. На аналоговый сигнал 4–20 мА не влияет сигнал HART и его можно использовать для управления обычным способом. Цифровой сигнал связи HART обеспечивает доступ к вторичным переменным и другим данным, которые необходимы для ввода промышленного оборудования в эксплуатацию, технической диагностики и планового обслуживания в процессе функционирования. Протокол HART рассчитан на работу с первичным и вторичным мастерами. Это обстоятельство позволяет использовать вторичные ведущие устройства, например, коммуникаторы, не мешая обмену данными с первичным чувствительным элементом, т.е. с датчиком.

Протокол HART разрешает организовать цифровую связь с датчиковыми устройствами и в многоточечной сетевой конфигурации. Существует также дополнительный «пакетный» режим связи, в котором одно ведомое устройство может непрерывно передавать стандартное ответное сообщение HART. Этот дополнительный режим пакетной связи позволил обеспечить более высокие скорости передачи информации. Однако его использование ограничено конфигурацией системы «точка-точка». Для многоабонентского режима работы требуется только одна пара проводов, обеспечена возможность подсоединения барьеров искробезопасности и вспомогательных источников питания для 15 полевых устройств. Все значения процесса передаются в цифровом виде. В многоточечном режиме ток через каждое устройство фиксируется на минимальном значении (обычно 4 мА).

**Метод передачи данных.** Протокол связи HART основан на стандарте телефонной связи Bell 202 и работает по принципу частотной манипуляции (ЧМ). Цифровой сигнал состоит из двух частот – 1200 Гц и 2200 Гц, представляющих биты 1 и 0 соответственно [6]. Синусоидальные волны этих двух частот накладываются на аналоговые сигнальные цепи постоянного тока для обеспечения одновременной аналоговой и цифровой связи. Поскольку среднее значение ЧМ-сигнала всегда равно нулю, это не влияет на аналоговый сигнал 4–20 мА. Цифровой сигнал связи имеет время отклика примерно 2–3 обновления данных в секунду без прерывания аналогового сигнала. Для связи требуется минимальное полное сопротивление контура в пределах 230...1100 Ом. Это обеспечивает двустороннюю полевую связь и позволяет передавать дополнительную информацию, помимо обычной переменной процесса в интеллектуальный полевой прибор или из него. HART протокол передает данные со скоростью 1200 бит/с без прерывания сигнала 4–20 мА и позволяет хост-приложению (главному устройству) получать два или более цифровых обновления в секунду от интеллектуального чувствительного элемента – датчика. Цифровой ЧМ-сигнал является непрерывным по фазе, что не вносит помехи для аналогового сигнала 4–20 мА.

Технология HART представляет собой протокол ведущий/ведомый, что означает, что интеллектуальное полевое (ведомое) устройство отвечает только тогда, когда к нему обращается ведущий. Связь по протоколу HART осуществляется между двумя устройствами с поддержкой HART, обычно интеллектуальным полевым устройством и системой управления или мониторинга. Обычно это взаимодействие осуществляется с использованием стандартного кабеля для измерительных приборов, а также с использованием стандартных способов подключения и заделки. Протокол HART можно использовать в различных режимах, таких как двухточечный или многоабонентский. Многоабонентский режим применяется для передачи информации от нескольких интеллектуальных полевых приборов в центральную систему обработки и анализа данных, а также обратной передачи управляющих сообщений от центрального модуля к периферийным элементам – датчикам.

Протокол HART обеспечивает два одновременных канала связи: аналоговый сигнал 4–20 мА и цифровой сигнал. Сигнал 4–20 мА передает первичное измеренное значение (в случае измерительного датчика) с использованием токовой петли 4–20 мА – самого быстрого и надежного отраслевого стандарта. Дополнительная информация об устройстве передается с помощью цифрового сигнала, который «накладывается» на аналоговый сигнал. Цифровой сигнал содержит информацию об устройстве, включая состояние устройства, диагностику, дополнительные измеренные или рассчитанные значения и т. д. Вместе эти два канала связи обеспечивают недорогое и очень надежное комплексное решение для полевой связи, которое относительно просто поддается конфигурированию и настройке.

**Реализация HART-протокола.** Протокол HART реализует уровни 1, 2, 3, 4 и 7 семиуровневой модели протокола взаимодействия открытых систем (OSI). Физический уровень HART использует частотную манипуляцию для связи со скоростью 1200 бит/с. Частоты сигналов, представляющие битовые значения 0 (2200 Гц) и 1 (1200 Гц) накладываются на аналоговый измерительный сигнал 4–20 мА с низким уровнем, не вызывая помех и наводок на аналоговый сигнал. Канальный уровень HART определяет протокол ведущий-ведомый. Полевое устройство отвечает только тогда, когда к нему обращаются. Возможно использование двух ведущих устройств, например, системы управления в качестве основного главного устройства и портативного коммуникатора HART в качестве вторичного главного устройства. Правила синхронизации определяют, когда каждый мастер может инициировать коммуникационную транзакцию. К одной многоточечной кабельной паре можно подключить до 15 и более ведомых устройств. Сетевой уровень обеспечивает маршрутизацию, сквозную безопасность и транспортные услуги. Он управляет «сеансами» для сквозной связи с соответствующими устройствами. Транспортный уровень обеспечивает успешное распространение связи с одного устройства на другое. Он может использоваться для обеспечения успешной связи между конечными точками. Прикладной уровень определяет команды, ответы, типы данных и отчеты о состоянии, поддерживаемые протоколом. На прикладном уровне общедоступные команды протокола разделены на четыре основные группы:

- Универсальные команды – обеспечивают функции, которые должны быть реализованы на всех полевых устройствах.
- Общепринятые команды – обеспечивают функции, общие для многих, но не для всех полевых устройств.
- Специальные команды устройства – обеспечивают функции, уникальные для конкретного полевого устройства и указанные производителем устройства.
- Команды семейства устройств – предоставляют набор стандартизированных функций для приборов с определенными типами измерений, обеспечивая полный общий доступ без использования специфичных для устройства команд.

**Вывод.** Основным преимуществом связи HART является быстрый и легкий доступ к параметрам датчиков в полевых условиях, используя переносные тестовые, калибровочные приборы и портативные компьютеры с поддержкой HART.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по технологиям объединенных сетей [М. Бреснайкер и др.]; пер с англ.– 3-е изд.– М.: Издательский дом Вильямс, 2002.– 1040 с.
2. Файловый архив студентов [<https://studfile.net/preview/8935705/page:4/>]: Средства описания, параметрирования и подключения hart-устройств.
3. Интернет портал [ <https://rudocs.exdat.com/docs/index-377137.html?page=5>]: История возникновения HART.
4. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием.– М.: Горячая линия-Телеком, 2008-608 с.
5. Половинкин В. Hart-протокол. СТА.–2002.–№1.–с. 6-15.
6. Корнова Т. Л. Hart-протокол и другие коммуникационные технологии, применяемые в России. Датчики и системы,–2004.–№6.– с. 41-48