

Презентация на тему: HART - протокол

Определение

НАРТ-протокол (Highway Addressable Remote Transducer - "магистральный адресуемый удаленный преобразователь") является открытым стандартом на метод сетевого обмена, который включает в себя не только протокол взаимодействия устройств, но и требования к аппаратуре канала связи, поэтому устоявшийся термин "протокол", означающий алгоритм взаимодействия устройств, применен здесь не совсем корректно. НАРТ находит применение для связи контроллера с датчиками и измерительными преобразователями, электромагнитными клапанами, локальными контроллерами, для связи с искробезопасным оборудованием.

Типовой областью применения НАРТ являются достаточно дорогие интеллектуальные устройства (электромагнитные клапаны, датчики потока жидкости, радарные уровнемеры), а также взрывобезопасное оборудование, где низкая мощность НАРТ-сигнала позволяет легко удовлетворить требованиям стандартов на искробезопасные электрические цепи.



Преобразователи давления с цифровым выходом (RS, НАРТ-протокол)

Модель OSI

OSI расшифровывается как Open System Interconnection. На русском языке это звучит следующим образом: Сетевая модель взаимодействия открытых систем (эталонная модель). Эту модель можно смело назвать стандартом. Именно этой модели придерживаются производители сетевых устройств, когда разрабатывают новые продукты.

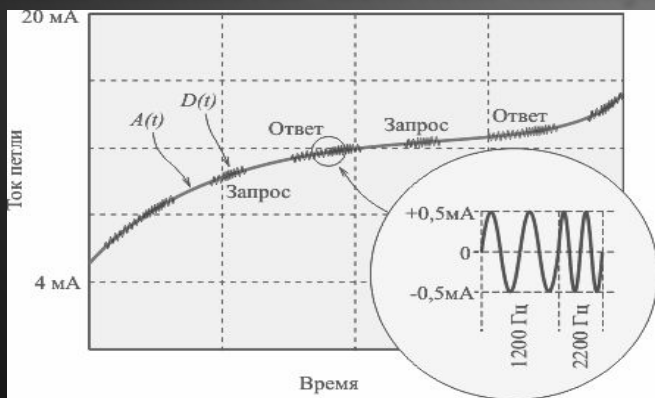
Сетевая модель OSI состоит из 7 уровней, причем принято начинать отсчет с нижнего. Стандарт HART включает в себя 1-й, 2-й и 7-й уровни модели OSI.

Перечислим их:

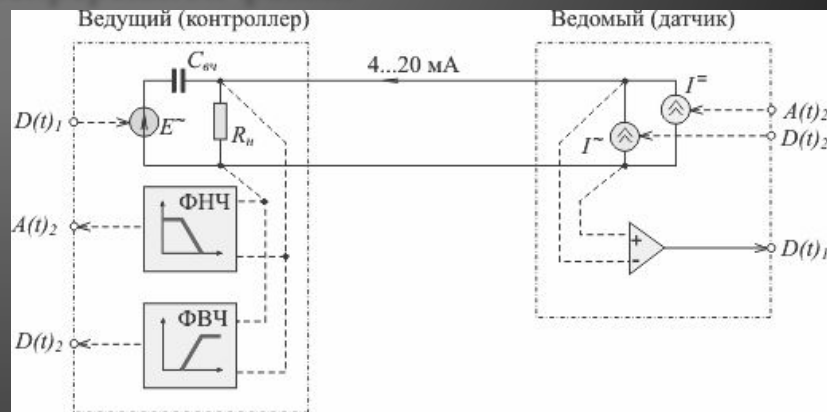
7. Прикладной уровень (HART-команды, ответы, типы данных)
6. Представительский уровень или уровень представления
5. Сеансовый уровень
4. Транспортный уровень
3. Сетевой уровень
2. Канальный уровень (Ведущий/ведомый, контрольная сумма, контроль четности, организация потока битов в сообщении, контроль приема сообщений)
1. Физический уровень Наложение цифрового ЧМ сигнала на аналоговый 4-20 мА; медная витая пара

Принципы построения

При создании HART-протокола в 1980 году преследовалась цель сделать его совместимым с широко распространенным в то время стандартом "токовая петля", но добавить возможности, необходимые для управления интеллектуальными устройствами. Поэтому аналоговая "токовая петля" 4...20 мА была модернизирована таким образом, что получила возможность полудуплексного цифрового обмена данными. Для этого аналоговый сигнал суммируется с цифровым сигналом и полученная таким образом сумма передается с помощью источника тока 4...20 мА по линии связи. Благодаря сильному различию диапазонов частот аналогового (0...10 Гц) и цифрового (1200 Гц и 2200 Гц) сигналов они легко могут быть разделены фильтрами низких и высоких частот в приемном устройстве. При передаче цифрового двоичного сигнала логическая единица кодируется синусоидальным сигналом с частотой 1200 Гц, ноль - 2200 Гц. При смене частоты фаза колебаний остается непрерывной. Такой способ формирования сигнала называется частотной манипуляцией с непрерывной фазой.



Суммирование аналогового и цифрового сигнала в HART-протоколе



Принцип работы HART-протокола на физическом уровне

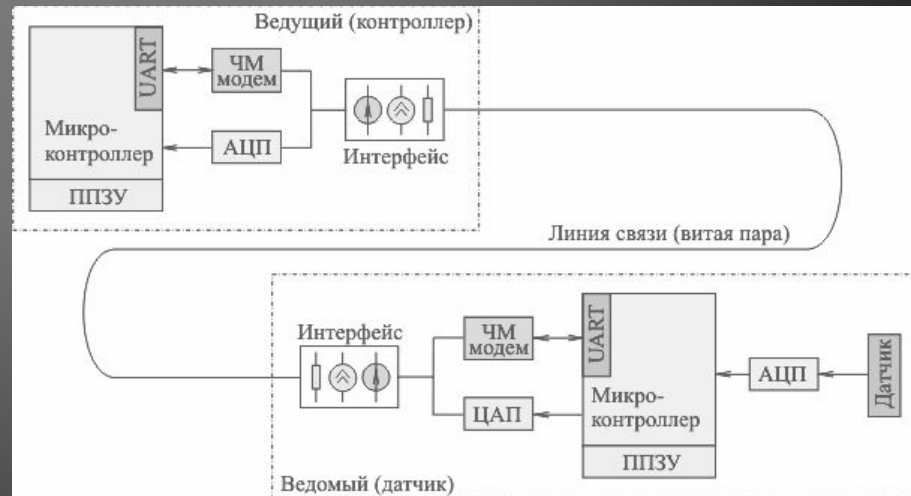
Принцип взаимодействия устройств на физическом уровне модели OSI

Сопротивление выбирается так же, как и в токовой петле (стандартом предусмотрена величина 230...1100 Ом) и служит для преобразования тока 4...20 мА в напряжение. Акт взаимодействия устройств инициирует контроллер. Цифровой сигнал от источника напряжения через конденсатор подается в линию передачи и принимается на стороне датчика в форме напряжения в диапазоне от 400 до 800 мВ. Приемник датчика воспринимает HART-сигналы в диапазоне от 120 мВ до 2 В, сигналы от 0 до 80 мВ приемником игнорируются. Получив запрос, датчик формирует ответ, который в общем случае может содержать как аналоговый сигнал, так и цифровой. Аналоговый сигнал обычно содержит информацию об измеренной величине, а цифровой - информацию о единицах и диапазоне измерения, о выходе величины за границы динамического диапазона, о типе датчика, имени изготовителя и т. п.). Аналоговый и цифровой сигнал суммируются и подаются в линию связи в форме тока. На стороне контроллера ток преобразуется в напряжение резистором. Полученный сигнал подается на фильтр нижних частот с частотой среза 10 Гц и на фильтр верхних частот с частотой среза 400...800 Гц. На выходе фильтров выделяются цифровой сигнал и аналоговый.

Принцип взаимодействия устройств на физическом уровне модели OSI

НART-устройства всегда содержат микроконтроллер с UART и ППЗУ (перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство). Цифровой сигнал, сформированный микроконтроллером, преобразуется в UART в непрерывную последовательность бит, состоящую из двоичных слов длиной 11 бит каждое. Каждое слово начинается со стартового бита (логический ноль), за которым следует байт передаваемых данных, затем бит паритета и стоповый бит. Сформированная таким образом последовательность нулей и единиц передается в модем, выполняющий частотную манипуляцию (ЧМ).

Полученный частотно-манипулированный сигнал передается в интерфейсный блок для формирования напряжения, подаваемого в линию связи (напомним, что от контроллера к датчику передается сигнал в форме напряжения, а обратно - в форме тока).



Прохождение аналоговых и цифровых сигналов через устройства с HART-протоколом

Принцип построения

На стороне датчика сигнал принимается из линии интерфейсным блоком, преобразуется ЧМ модемом в последовательность битов, из которой контроллер выделяет байты данных и биты паритета. Микроконтроллер проверяет соответствие бита паритета переданному байту для каждого переданного слова, пока не обнаружит признак конца сообщения.

Получив команду, контроллер приступает к ее выполнению. Если пришла команда запроса измеренных данных, контроллер датчика принимает через АЦП сигнал датчика, преобразует его в аналоговую форму с помощью ЦАП, суммирует со служебной информацией на выходе ЧМ модема и передает в линию связи в форме тока 4...20 мА.



HART - коммуникатор

Сеть на основе HART-протокола

HART-устройства могут быть объединены в сеть. Для этого используют только цифровую часть HART-протокола, без аналоговой, а информация передается в форме напряжения, что позволяет соединять HART-устройства параллельно. Максимальное количество устройств в сети может составлять 15, если не использовать HART-повторители (ретрансляторы, репитеры). HART-сеть может иметь произвольную топологию, поскольку при малых скоростях передачи (1200 бит/с) эффектов, характерных для длинных линий, не возникает. Этим же объясняются крайне низкие требования к полосе пропускания кабеля (2,5 кГц по уровню - 3 дБ). Такой полосе соответствует постоянная времени линии передачи 65 мкс, т.е. при сопротивлении линии 250 Ом ее емкость может достигать 0,26 мкФ, что соответствует длине кабеля около 2...3 км

Количество устройств в сети	Длина кабеля при погонной емкости			
	65 пФ/м	95 пФ/м	160 пФ/м	225 пФ/м
1	2800 м	2000 м	1300 м	1000 м
5	2500 м	1800 м	1150 м	900 м
10	2100 м	1600 м	1000 м	750 м
15	1800 м	1400 м	900 м	700 м

Зависимость длины кабеля от погонной емкости

Сеть на основе HART-протокола

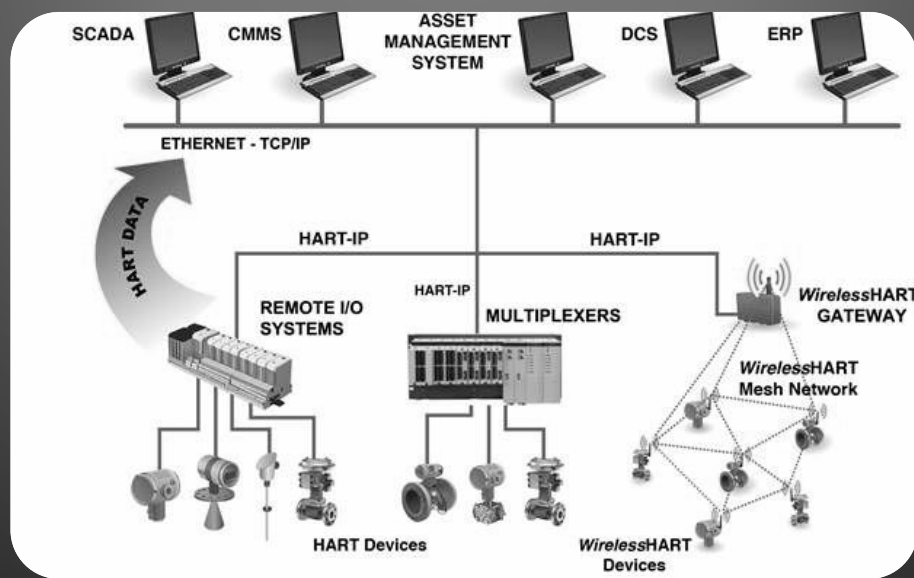
В сети могут быть два ведущих устройства, одним из которых является контроллер, вторым - ручной коммуникатор, используемый для считывания показаний и установки параметров HART-устройств. Коммуникатор может быть подключен в любом месте сети, но обычно доступными являются только клеммы датчиков или коммутационные клеммы в монтажном шкафу.

В HART-сети только один узел может посылать сигнал, в это время остальные "слушают" линию. Иницирует процедуру обмена ведущее устройство (контроллер или ручной коммуникатор). Ведомые получают команду и посылают ответ на нее. Каждое ведомое устройство имеет персональный сетевой адрес, который включается в сообщение ведущего устройства.

Обозначение	Название	Длина в байтах	Назначение
PA	Преамбула	5...20	Синхронизация и обнаружение несущей
SD	Признак старта	1	Указывает формат сообщения и источник сообщения
AD	Адрес	1 байт или 38 бит	Указывает адреса обоих устройств
CD	Команда	1	Сообщает подчиненному, что нужно сделать
BC	Количество байт в DT	1	Показывает количество байт между BC и СНК
ST	Статус	0 если ведущий 2 если ведомый	Сообщает ошибки обмена данными, состояние устройства
DT	Данные	0...253	Аргумент, соответствующий команде CD
СНК	Контрольная сумма	1	Обнаружение ошибок
СНК	Контрольная сумма	1	Обнаружение ошибок

Сеть на основе HART-протокола

Сеть на основе HART-протокола может подключаться к другим сетям (Modbus, Profibus, Ethernet) с помощью соответствующих шлюзов. В сети также широко используются мультиплексоры, позволяющие подключить к одному контроллеру несколько HART-сетей и одновременно выполнить роль шлюза. Для подключения сети или HART-устройства к компьютеру необходим специальный HART-интерфейс, который выпускается рядом производителей. Программный доступ SCADA к HART-устройствам выполняется с помощью HART OPC сервера.



Адресация

Каждое HART-устройство должно иметь уникальный адрес. Посылаемые ведущим устройством адреса декодируются одновременно всеми устройствами, находящимися в сети. Однако отвечает только то устройство, чей адрес совпадает с принятым.

Метод адресации в HART протоколе содержит несколько потенциальных проблем. Стандартом предусмотрено два вида адресов: короткий адрес (длиной 4 бита) и длинный адрес (длиной 38 бит). В настоящее время используется комбинация короткого и длинного адреса. Длинный адрес устанавливается изготовителем HART-устройства и не может быть изменен пользователем.

Когда новое устройство подключено к сети, возникает проблема, как узнать его длинный адрес, поскольку для того, чтобы считать из памяти HART устройства его адрес, к нему надо сначала обратиться, а обращение уже требует знания адреса. Перебрать все адреса невозможно, т. к. их очень много. Проблема решается применением команды с номером 0, которая использует короткий адрес для обращения к устройству и позволяет считать из него длинный адрес.

Адресация

Обычно перед монтажом сети сначала считывают длинные адреса всех устройств и составляют их базу данных, и только после этого строят сеть.

Длинный адрес формируется из 40-битного уникального идентификатора HART-устройства путем отбрасывания двух старших битов. Поэтому адрес получается 38-битным. Уникальный идентификатор HART-устройства состоит из идентификатора изготовителя (ID изготовителя), кода типа HART-устройства и серийного номера, который занимает 3 байта.

Следующая проблема HART-протокола связана с тем, что идентификатор (ID) изготовителя имеет длину всего 8 бит, т.е. с его помощью можно однозначно идентифицировать только 256 изготовителей, что слишком мало. Поэтому для идентификации изготовителя используются также часть поля серийного номера.

Короткий адрес имеет еще одно назначение: с его помощью отключают возможность использования в HART сообщении аналогового токового сигнала, что необходимо для объединения нескольких устройств в сеть.

ID изготовителя	Тип устройства	Серийный №, MSB	Серийный №, 2SB	Серийный №, LSB
--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Структура уникального идентификатора HART-устройства

Разновидности HART

Традиционный HART-протокол используется совместно с токовой петлей 4...20 мА. Однако в некоторых приложениях, где отсутствует токовая петля, можно использовать только программный протокол "HART-протокола" совместно с другими методами реализации физического канала связи. Можно удалить все аналоговые блоки и подключить к UART преобразователь интерфейса RS-485. При этом свойства канала связи на 1-м уровне модели OSI будут соответствовать интерфейсу RS-485, а протокол - стандарту HART.

Существует также возможность передачи сигнала HART по выделенной телефонной линии, что связано с соответствием метода частотной модуляции в HART протоколе американскому стандарту для телефонных линий BELL202. Для этого используется передача сигнала только в форме напряжения при отключенном передатчике токовой петли 4...20 мА.

Аналогично, HART-протокол (как и другие протоколы) может использоваться для связи через оптоволокно (Fiber Optic HART) или радиоканал (Wireless HART).

Спасибо за внимание