<https://www.reallab.ru/bookasutp/2-promishlennie-seti-i-interfeisi/2-8-modbus/>

2.8.1. ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

В новых разработках на основе Modbus стандарт рекомендует использовать интерфейс RS-485 с двухпроводной линией передачи, но допускается применение четырехпроводной линии и интерфейса RS-232.

Modbus-шина должна состоять из одного магистрального кабеля, от которого могут быть сделаны отводы. Магистральный кабель Modbus должен содержать 3 проводника в общем экране, два из которых представляют собой витую пару, а третий соединяет общие ("земляные") выводы всех интерфейсов RS-485 в сети. Общий провод и экран должны быть заземлены *в одной точке*, желательно около ведущего устройства.

Устройства могут подключаться к кабелю тремя способами:

* непосредственно к магистральному кабелю;
* через пассивный разветвитель (тройник);
* через активный разветвитель (содержащий развязывающий повторитель интерфейса).

В документации на устройство и на тройник должны быть указаны наименования подключаемых цепей.

На каждом конце магистрального кабеля должны быть установлены резисторы для согласования линии передачи, как это требуется для интерфейса RS-485 (см. выше). В отличие от физического интерфейса RS-485, в котором терминальные резисторы на низких скоростях обмена [можно не использовать](https://www.reallab.ru/bookasutp/2-promishlennie-seti-i-interfeisi/2-3-interfeisi-rs-485-rs-422-i-rs-232/#2.3.3.), стандарт на протокол Modbus формально требует применения терминальных резисторов для всех скоростей обмена. Их номинал может быть равным 150 Ом и мощность 0,5 Вт. Терминальные резисторы, а также резисторы, устраняющие неопределенность состояния линии при высокоомном состоянии передатчиков, устанавливаются так же, как описано в разделе "Интерфейсы RS-485, RS-422 и RS-232". Стандарт требует, чтобы в руководствах по эксплуатации устройств Modbus было сказано, имеются ли указанные резисторы внутри устройства, или их необходимо устанавливать при монтаже сети. Если требуются внешние резисторы, то они должны иметь номинал в интервале от 450 до 650 Ом и быть установлены только в одном месте в пределах каждого сегмента сети (сегментами считаются части сети между повторителями интерфейса).

Modbus-устройство обязательно должно поддерживать скорости обмена 9600 бит/с и 19200 бит/с, из них 19200 бит/с устанавливается "по умолчанию". Допускаются также скорости 1200, 2400, 4800,...,38400 бит/с, 65 кбит/с, 115 кбит/с,... .

Скорость передачи должна выдерживаться в передатчике с погрешностью не хуже 1%, а приемник должен принимать данные при отклонении скорости передачи до 2%.

Сегмент сети, не содержащий повторителей интерфейса, должен допускать подключение до 32 устройств, однако их количество может быть увеличено, если это допустимо исходя из нагрузочной способности передатчиков и входного сопротивления приемников, которые должны быть приведены в документации на интерфейсы. Указание этих параметров в документации является обязательным требованием стандарта.

Максимальная длина магистрального кабеля при скорости передачи 9600 бит/с и сечении жил более 0,13 кв. мм (AWG26) составляет 1 км. Отводы от магистрального кабеля не должны быть длиннее 20 м. При использовании многопортового пассивного разветвителя с N отводами длина каждого отвода не должна превышать значения 40 м/N.

Modbus не устанавливает конкретных типов разъемов, но если используются разъемы RJ45, mini-DIN или D-Shell, они должны быть экранированными, а цоколевки должны соответствовать стандарту.

Для минимизации ошибок при монтаже рекомендуется использовать провода следующих цветов: желтый - для положительного вывода RS-485 (на котором устанавливается логическая "1", когда через интерфейс выводится логическая "1"); коричневый - для второго вывода интерфейса RS-485; серый - для общего провода.

Типовым сечением кабеля является AWG 24 (0,2 кв. мм, диаметр провода 0,51 мм). При использовании **кабеля категории 5** его длина не должна превышать 600 м. Волновое сопротивление кабеля желательно выбирать более 100 Ом, особенно для скорости обмена более 19200 бит/с.

2.3.5. УСТРАНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЛИНИИ

Когда передатчики всех устройств, подключенных к линии, находятся в третьем (высокоомном) состоянии, логическое состояние линии и входов всех приемников не определено. Чтобы устранить эту неопределенность, неинвертирующий вход приемника соединяют через резистор с шиной питания, а инвертирующий - с шиной "земли". Величины резисторов выбирают такими, чтобы напряжение между входами стало больше порога срабатывания приемника (+200 мВ).

Поскольку эти резисторы оказываются подключенными параллельно линии передачи, то для обеспечения согласования линии с интерфейсом необходимо, чтобы эквивалентное сопротивление на входе линии было равно 120 Ом.

Например, если резисторы, используемые для устранения неопределенности состояния линии, имеют сопротивление 450 Ом каждое, то резистор для согласования линии должен иметь номинал 130 Ом, тогда эквивалентное сопротивление цепи будет равно 114120 Ом. Для того, чтобы найти дифференциальное напряжение линии в третьем состоянии всех передатчиков (см. [рис. 2.6](https://www.reallab.ru/bookasutp/2-promishlennie-seti-i-interfeisi/2-3-interfeisi-rs-485-rs-422-i-rs-232/#%D1%80%D0%B8%D1%81.%202.6)), нужно учесть, что к противоположному концу линии в стандартной конфигурации подключен еще один резистор сопротивлением 120 Ом и до 32 приемников с входным дифференциальным сопротивлением 12 кОм. Тогда при напряжении питания   ([рис. 2.6](https://www.reallab.ru/bookasutp/2-promishlennie-seti-i-interfeisi/2-3-interfeisi-rs-485-rs-422-i-rs-232/#%D1%80%D0%B8%D1%81.%202.6)) дифференциальное напряжение линии будет равно +272 мВ, что удовлетворяет требованию стандарта.

|  |
| --- |
| Изображение выглядит как линия, диаграмма, Шрифт, типография  Автоматически созданное описание |
| Рис. 2.6. Резисторная цепь на выходе трансивера интерфейса, устраняющая неопределенное состояние линии и обеспечивающая ее согласование |