

Рекомендации по применению сетевого интерфейса RS-485.

RS-485 (EIA/TIA-485) — это стандарт, который описывает электрические характеристики приемников и передатчиков. Его можно использовать для передачи двоичных сигналов в многоточечных сетях, однако стандарт не охватывает другие аспекты, такие как качество сигнала, протоколы обмена, типы соединений, коммуникационные методы и линии связи. Интерфейс RS-485 является одним из наиболее распространенных стандартов физического уровня в современном промышленном оборудовании. В связи с неопределенностью стандарта пользователи нередко сталкиваются с трудностями при подключении различных устройств к сети RS-485. Неправильная установка сети RS-485 может нивелировать усилия по улучшению автоматизации и привести к частым сбоям, ошибкам и отказам оборудования. Цель данной статьи — предоставить пользователям рекомендации по подключению и практическому использованию систем передачи данных на основе интерфейса RS-485.

Передача данных.

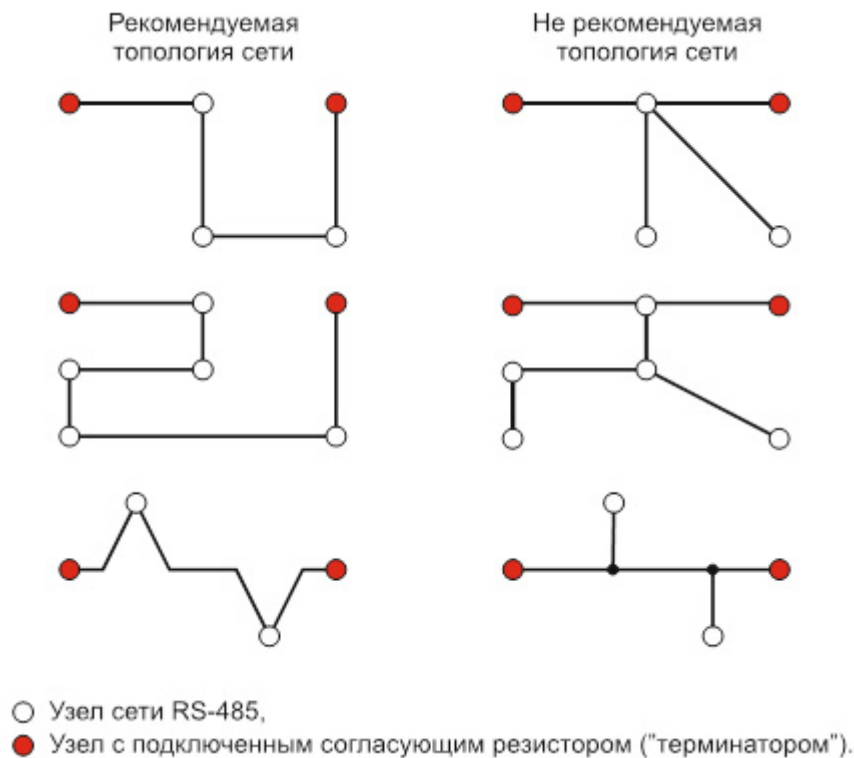
Интерфейс RS-485 основан на дифференциальной передаче данных. Суть дифференциальной передачи данных в одновременной передаче нормального сигнала на одной линии и его инвертированной копии на другой линии. Логической единице на прямой линии соответствует положительный потенциал, а логическому нулю — отрицательный. На инверсной линии — наоборот. Это означает, что между проводами всегда существует разность потенциалов. Одним из преимуществ дифференциальной метода передачи данных является его устойчивость к синфазным помехам. Синфазные помехи — это помехи, которые воздействуют одинаково на обе линии. Чаще всего линии прокладываются там, где действуют сильные магнитные поля. Магнитная волна, проходя через кабель, индуцирует энергию в обеих линиях. Поэтому при дифференциальной передаче помехи передаются одинаково по обеим линиям, во всех его узлах появляется одинаковая энергия, и разность потенциалов остается не изменяется.

Линии передачи интерфейса RS-485 состоят из двух скрученных проводников, что и позволяет называть их витой парой. Прямые выходы «А» подключаются к одному из проводов, тогда как инверсные «В» — ко второму. При неверном подключении выходов к линиям приемопередатчики не повредятся, однако их корректная работа будет невозможна.

Топология сети.

Конфигурация сети RS-485 образует топологию «шина» и состоит из последовательно соединенных витой парой приемопередатчиков. При подключении устройств важно избегать длинных ответвлений, поскольку они могут привести к рассогласованиям и отражениям сигнала. Это связано с тем, что электрические сигналы имеют тенденцию отражаться от концов проводника и его ответвлений.

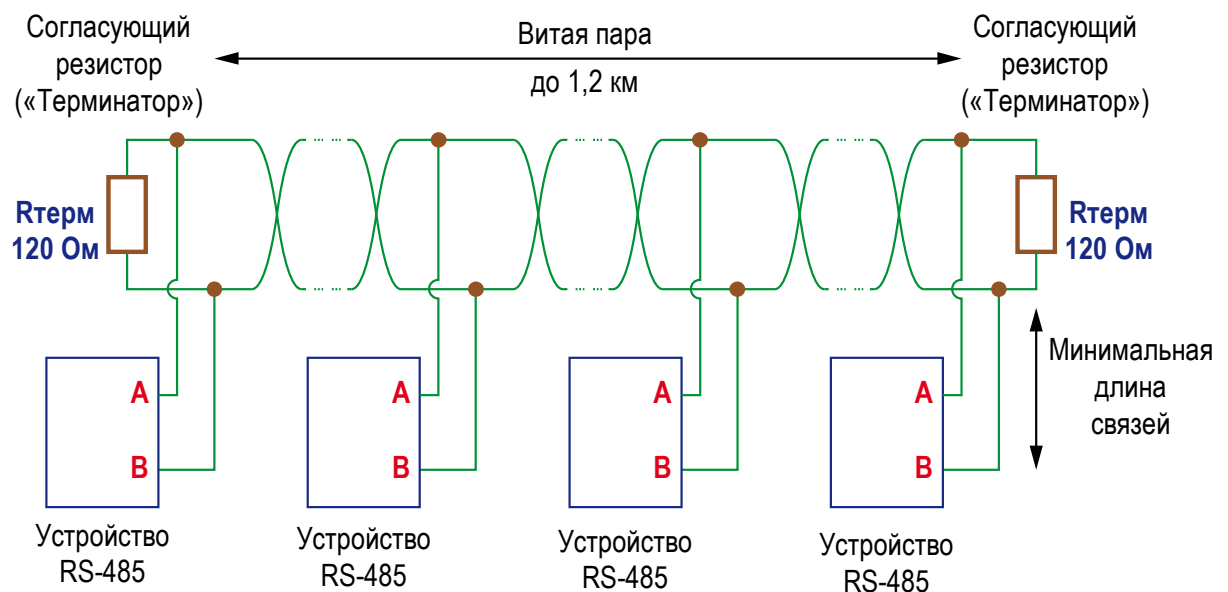
Стандарт RS-485 требует прямого подключения устройств к шине без использования скруток и сращиваний кабеля. Увеличение длины линий связи при высоких скоростях передачи данных приводит к эффекту длинной линии. В данном случае скорость распространения электромагнитных волн ограничена, и у проводника с полиэтиленовой изоляцией она составляет примерно 206 мм/нс. При подключении к длинным линиям связи также происходит отражение электрического сигнала, особенно когда расстояние превышает сотни метров. Отраженные волны могут исказить полезный сигнал, вызывая ошибки и сбои в работе сети.



Согласующие резисторы.

Проблема отражений сигнала в интерфейсе RS-485 решается путем установки согласующих резисторов, известных как «терминаторы» на выходах двух приемопередатчиков, расположенных на краях линии связи. Многие устройства, предназначенные для работы с интерфейсом RS-485, поставляются с предустановленными «терминаторами», которые можно подключить через соответствующие перемычки на корпусе устройства.

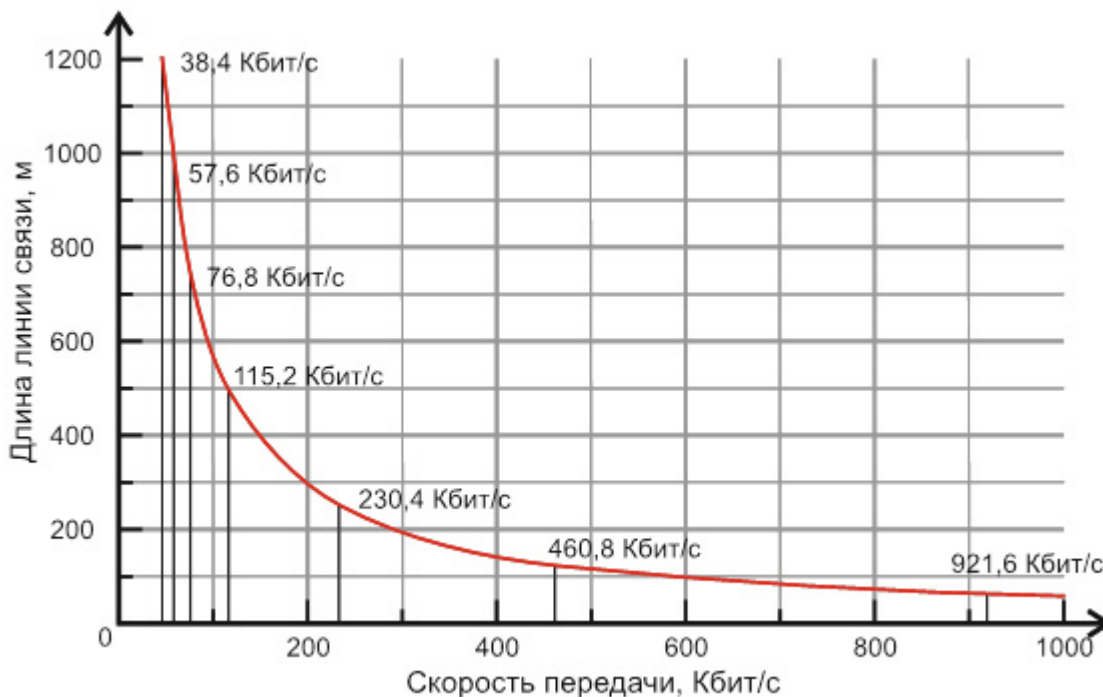
Номинальное значение «терминатора» должно соответствовать волновому сопротивлению кабеля. Волновое сопротивление кабеля зависит от его характеристик и не зависит от длины кабельной линии. Например, для витой пары UTP-5, используемой в Ethernet сетях, волновое сопротивление составляет $100 \pm 15 \text{ Ом}$. Кабели серии Belden 9841...9844, специально разработанные для прокладки сетей RS-485, имеют волновое сопротивление 120 Ом, что позволяет пренебречь расчетом резистора и использовать стандартное значение 120 Ом для «терминаторов».



Длина линии и скорость передачи данных.

Экранированные витые пары, такие как кабели Belden 9841 и 3106A, следует использовать в критически важных системах и при скоростях обмена данными выше 500 Кбит/сек. Они помогают снизить воздействие внешних электромагнитных помех и повысить надежность передачи данных.

При увеличении длины линий связи рекомендуется уменьшать скорость передачи данных для обеспечения отказоустойчивости и помехозащищенности системы. Это связано с тем, что при увеличении скорости передачи данных увеличивается вероятность возникновения ошибок и сбоев из-за возрастающей нагрузки на линию связи.



Количество устройств на линии.

Согласно стандарту RS-485 (EIA/TIA-485), передатчик должен обеспечивать передачу данных для 32 единичных нагрузок, где каждая единичная нагрузка представляет собой приемник с входным сопротивлением 12 кОм. Современные приемопередатчики выпускаются с входными сопротивлениями, равными 1/4 (48 кОм) и 1/8 (96 кОм) от единичной нагрузки. Использование таких устройств позволяет увеличить количество подключенных к сети устройств до 128 и 256 соответственно.

Важно отметить, что в одной сети можно использовать устройства с разным входным сопротивлением, при условии, что суммарное сопротивление будет не меньше 375 Ом. Это требование необходимо для обеспечения эффективной передачи данных и предотвращения возможных потерь мощности сигнала.

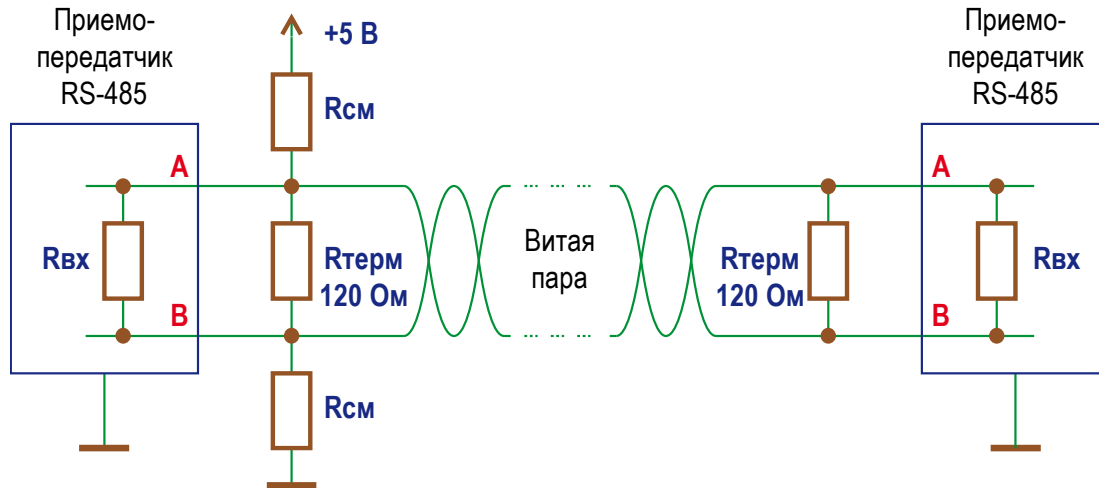
Стандарт RS-485 (EIA/TIA-485) не предписывает конкретный протокол связи между устройствами сети. Среди наиболее популярных протоколов можно назвать Modbus, ProfiBus, LanDrive, DMX512 и другие. Обмен информацией обычно осуществляется полудуплексно по принципу «ведущий» — «ведомый».

Защитное смещение.

Порог чувствительности приемника составляет ± 200 мВ. Это значит, что при разности потенциалов на входе приемника в пределах от минус 200 мВ до плюс 200 мВ его выходное состояние будет находиться в неопределенном состоянии. Потенциал более 200 мВ воспринимается как логическая «1», а потенциал менее минус 200 мВ — как логический «0». Неопределенное состояние может возникнуть, когда ни один из передатчиков не активен, отключен от сети, находится в «третьем состоянии» или когда все

устройства сети находятся в режиме приема информации. Такое состояние нежелательно, так как может вызвать ложные срабатывания приемника из-за несинфазных помех.

Для предотвращения появления неопределенного состояния в сети рекомендуется использовать защитное смещение. Линию А подтягивают резистором к питанию (pullup), а линию В резистором подтягивают к земле (pulldown). В итоге формируется резистивный делитель напряжения. Для стабильной работы сети требуется создать смещение около 250...300 мВ.



Рассмотрим ситуацию, когда в сети присутствуют два устройства. Необходимо получить смещение 250 мВ при наличии источника питания с напряжением +5 В и двух терминальных резисторов по 120 Ом каждый. Оба приемника имеют единичную нагрузку с сопротивлением 12 кОм. Учитывая, что терминальные резисторы по 120 Ом и оба приемника по 12 кОм включены параллельно, то их общее сопротивление равняется:

$$R_{\text{сети}} = (R_{\text{общ.терм}} \cdot R_{\text{общ.вх}}) / (R_{\text{общ.терм}} + R_{\text{общ.вх}}) = (60 \cdot 6000) / (60 + 6000) = 60 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем ток в цепи смещения:

$$I_{\text{см}} = U_{\text{см}} / R_{\text{сети}} = 0,250 \text{ В} / 60 \text{ Ом} = 0,0042 \text{ А.}$$

При этом последовательное сопротивление цепи смещения составит:

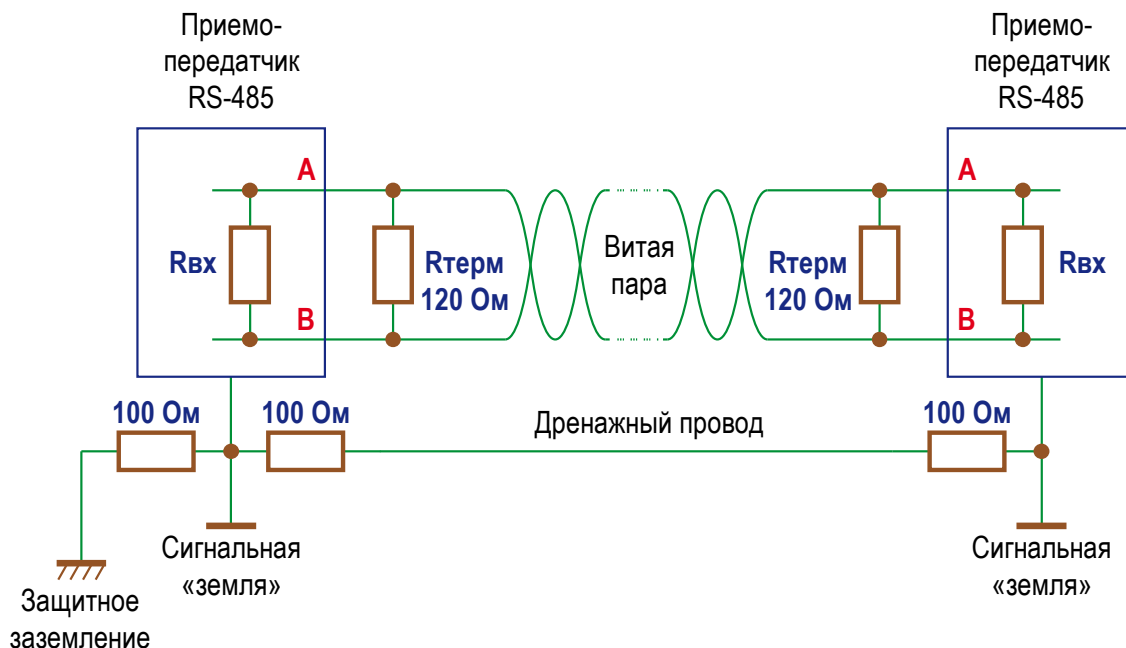
$$R_{\text{см.общ}} = U_{\text{пит}} / I_{\text{см}} = 5 \text{ В} / 0,0042 \text{ А} = 1140 \text{ Ом.}$$

Получаем сопротивление резисторов смещения:

$$R_{\text{см}} = 1140 / 2 = 570 \text{ Ом.}$$

Выбираем ближайший номинал 560 Ом.

Из расчета защитного смещения видно, что через делитель напряжения протекает постоянный ток (в данном примере это 4,2 мА), что может быть неприемлемо для систем с низким энергопотреблением. Этот факт является существенным недостатком защитного смещения. Чтобы уменьшить потери энергии, можно увеличить номинал резисторов согласования до 1,1 кОм и выше, но тогда придется искать баланс между энергоэффективностью и надежностью сети. В случае гальванически изолированных линий резисторы смещения следует подключать к «земле» и питанию со стороны изолированной линии.



Защитное заземление.

Для защиты от помех экран витой пары должен быть заземлен в одной точке. Стандарт не определяет конкретное место заземления, поэтому часто экран кабеля заземляют на одном из его концов. Радиопередающие устройства, работающие рядом, могут вызывать ошибки при передаче сигнала. Для устранения воздействия радиосигнала на передающий кабель достаточно установить высокочастотный конденсатор малой емкости (около 1...10 нФ) между экраном кабеля и заземлением электросети.

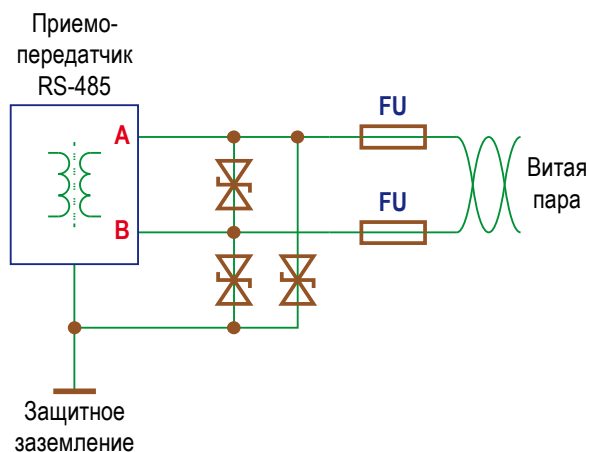
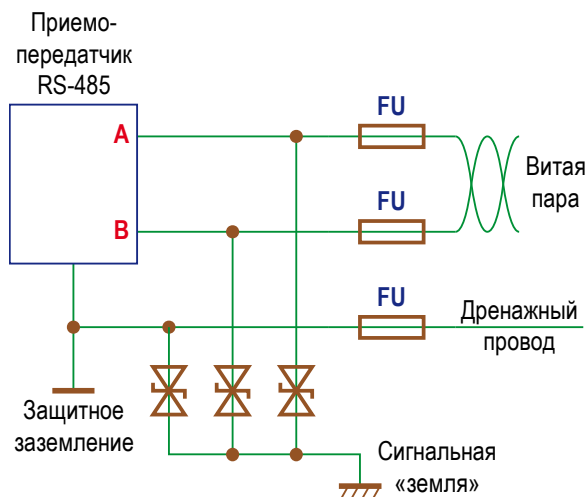
Если устройства, объединенные в сеть, питаются от разных источников или расположены на большом расстоянии друг от друга, то необходимо соединить «земли» всех устройств через дополнительный дренажный проводник. Это связано с тем, что разница потенциалов между линией и «землей» по стандарту не должна превышать диапазон от минус 7 до плюс 12 В. Если устройства находятся далеко друг от друга или питаются от различных источников, разница потенциалов на входе приемопередатчика может значительно превысить допустимые значения, что приведет к его повреждению.

Подключение устройства к сети RS-485 следует начинать с дренажного провода, а при отключении устройства сначала отсоединяется дренажный провод. Для ограничения «блуждающих» токов в дренажном проводе его следует подключить к каждой сигнальной «земле» через резистор номиналом 100 Ом мощностью 0,5 Вт. Также через аналогичный резистор рекомендуется подключить дренажный провод к защитному заземлению.

Защитное заземление дренажного провода лучше выполнять в одной точке, чтобы избежать постоянного протекания «блуждающего» тока. Экран кабеля не следует использовать в качестве дренажного провода.

Гальваническая развязка.

Для защиты сетей от синфазных перенапряжений и импульсных помех ниже 2 кило Вольт достаточно использовать приемопередатчики с гальванической развязкой. Однако, если высокое напряжение приложено дифференциально к одному проводнику линии, приемопередатчик может выйти из строя, так как разность потенциалов между проводниками должна оставаться в диапазоне от минус 7 Вольт до плюс 12 Вольт.



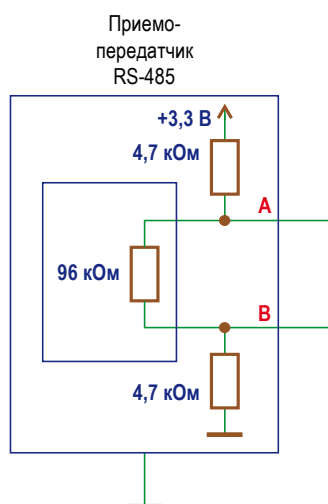
Защита от перенапряжений.

Защита устройств сети RS-485 от дифференциальных перенапряжений, например, вызванных ударами молний, осуществляется с помощью специальных защитных устройств. Простейшее решение – шунтирование всех проводников линии ограничителями напряжения на «землю». Если заземление линии невозможно, проводники линии шунтируются ограничителями между собой. Защитные элементы на основе варисторов, супрессоров или газоразрядных трубок способны выдержать лишь кратковременные скачки напряжения. Для защиты от токов короткого замыкания дополнительно можно установить в линию плавкие предохранители.

Устройства, работающие в сетях RS-485, обычно оснащены встроенной защитой от перенапряжений и импульсных помех. Подробности об этой защите можно найти в руководстве пользователя для конкретного устройства. На рынке также доступны различные готовые устройства для подавления импульсных помех, которые используют варисторы и газоразрядные трубки. Важно помнить, что каждое дополнительное устройство защиты добавляет в сеть емкость, эквивалентную емкости кабеля длиной 120...130 м.

Применение устройств GIDROLOCK с интерфейсом RS-485.

Приемопередатчик устройств GIDROLOCK имеет входное сопротивление 96 кОм. Следовательно, на одну линию RS-485 теоретически можно подключить до 256 устройств. Внутри устройства линия «А» через резистор 4.7 кОм подключена к положительному питанию 3,3 В. Линия «В» через резистор 4.7 кОм подключена «земле». Это необходимо учитывать при расчете сопротивлений резисторов защитного смещения. При прокладке линий связи RS-485 вблизи источников электромагнитных помех рекомендуется устанавливать устройства защиты от перенапряжений.



Основные выводы:

1. Витую пару не следует прокладывать вместе с силовыми цепями, особенно в общем экране. Линии связи должны располагаться не ближе 0,5 м от силовых цепей. Пересечение линий связи с силовыми линиями рекомендуется проводить под прямым углом. Не следует использовать кабели витой пары толщиной менее 0,326 мм² (22 AWG). Не допускается использование скруток для соединения кабеля.
2. Свободные пары в витой паре типа UTP-5 можно использовать как дренажный провод или оставить в резерве на случай повреждения основной витой пары.
3. Сети должны иметь топологию «шина» без длинных ответвлений от основной линии.
4. Если высокая скорость передачи данных не требуется, не стоит устанавливать ее на максимальный уровень. Надежность сети повышается при низких скоростях передачи.
5. Согласующие резисторы («терминаторы») устанавливаются в самых дальних точках сети RS-485. Обычно они уже установлены в устройствах пользователей и достаточно их просто подключить согласно руководству пользователя. Сопротивление резисторов должно соответствовать волновому сопротивлению кабеля (как правило 120 Ом).
6. В сетях, где возможны состояния неопределенности, для снижения ошибок и сбоев рекомендуется устанавливать защитное смещение около 250...300 мВ. Однако, это увеличит потребление тока системой.
7. Экран витой пары следует заземлить в одной точке для защиты от помех.
8. При питании удаленного оборудования от разных источников рекомендуется использовать дренажный провод для выравнивания потенциалов «земель». Подключение и отключение устройств следует начинать и заканчивать с дренажного провода.
9. Для защиты ценного оборудования и персонала рекомендуется использовать преобразователи интерфейсов и повторители RS485 с гальванической развязкой.
10. Не стоит пренебрегать дополнительными мерами защиты от перенапряжений и импульсных помех. Если в устройствах на линии отсутствует внутренние элементы защиты, то на линию следует установить дополнительные внешние элементы защиты.