

Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации систем стандарта RS-485

Краткое описание стандарта

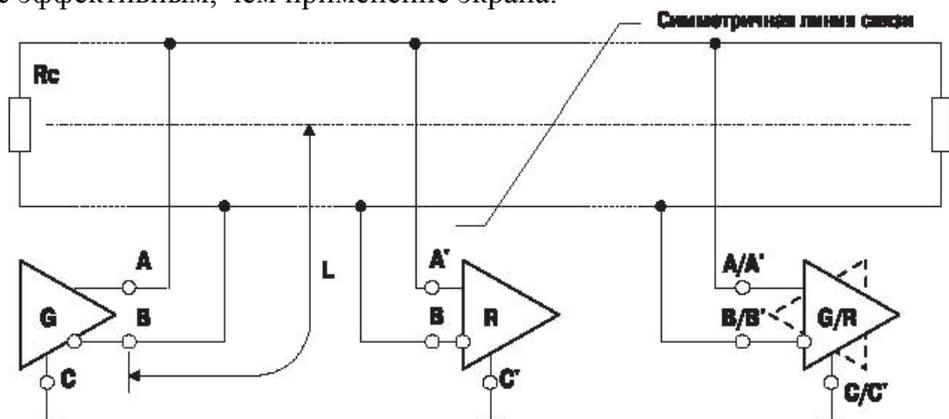
Стандарт RS485 (называемый также EIA485) является описанием электрических уровней интерфейса, используемых напряжений и токов, а также схемотехники.

Стандарт RS485 определяет, что соединение между передающим и принимающим устройствами осуществляется с помощью двух или трех проводов: провод с данными, провод с инвертированными данными и, часто, нулевой провод (земля, 0 В). Два провода с данными представляют собой витую пару, которая заключена в металлический экран, который представляет собой нулевой провод. Использование такого кабеля позволяет уменьшить влияние помех и шумов.

Данные по линии пересылаются в виде последовательности импульсов высокого и низкого уровня. Считается, что по линии передается импульс высокого уровня в том случае, когда провод с данными находится под положительным потенциалом относительно провода с инвертированными данными. Аналогично считается, что по линии передается импульс низкого уровня в том случае, когда провод с данными находится под отрицательным потенциалом относительно провода с инвертированными данными. В некоторых системах нулевой провод используется только в качестве экрана и не подключается к схеме принимающего устройства.

Метод передачи, при котором по одному проводу пересылается нормальный сигнал, а по другому - инвертированный, называется балансирующей передачей. Для декодирования сигнала принимающее устройство оценивает разность потенциалов между этими двумя проводами. Любое внешнее воздействие на кабель (электромагнитное и т.п.) будет в одинаковой мере влиять на оба провода, а следовательно будет игнорироваться принимающим устройством.

Два провода, по которым производится передача сигнала, скручены в витую пару для того, чтобы гарантировать, что влияние внешних возмущений в одинаковой мере скажется на обоих проводах. Использование витой пары для ослабления влияния помех является более эффективным, чем применение экрана.



G — формирователь;

R — приемник;

G/R — сочетание приемник/формирователь;

L — длина цепи отвлечения (по стандарту должна равняться нулю);

R_c — согласующий резистор (терминатор).

Согласно стандарту RS485 принимающее устройство должно определять разность потенциалов между двумя проводами с данными порядка 200 мВ. Это позволяет принимающему устройству корректно функционировать даже в том случае, когда на линии передачи сигнала имеет место большое падение напряжения.

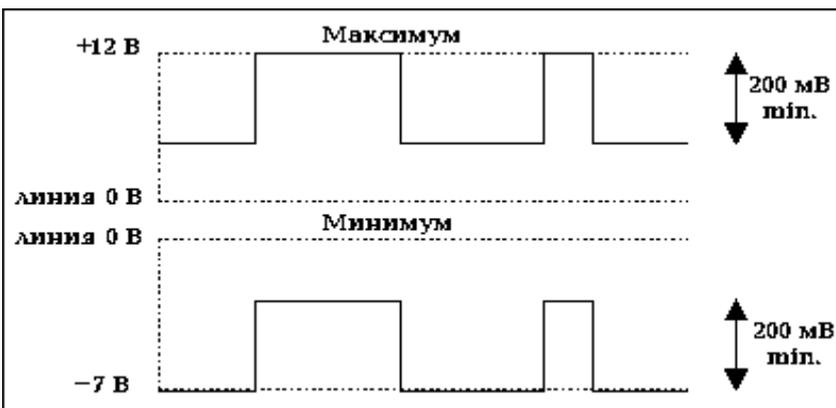


Стандарт RS485 также допускает, что оба провода с данными могут находиться под общим потенциалом смещения относительно нулевого (заземляющего) провода. Потенциал смещения

должен находиться в пределах от -7 В до +12 В. Это означает, что нулевые точки передающего и принимающего устройств могут не соединяться непосредственно друг с другом в случае, если разность потенциалов между ними постоянна и лежит в диапазоне от -7 В до +12 В.

	Минимум		Максимум	
Логический уровень	Данные +	Данные -	Данные +	Данные -
0	-7 В	-6.8 В	+11.8 В	+12 В
1	-6.8 В	-7 В	+12 В	+11.8 В

Не допускается для одной линии иметь потенциал смещения +2.5 В, а сигнал для другой линии изменять в пределах от 0 В до +5 В. Стандарт RS485 требует, чтобы изменение



разности потенциалов между нулевыми точками устройств не превышало 200 мВ.

На рисунке представлены максимально допустимые отклонения напряжений по стандарту RS485 (между любым из проводов с данными и экраном).

Монтаж линий связи

Сетевая коммуникация разводится кабелем «витая пара пятой категории». Контроллеры соединяются между собой по топологии «шина», т.е. последовательно друг за другом. Корректная работа сети (особенно при использовании длинных кабелей) возможна только в том случае, когда между всеми приемопередающими устройствами идет одна единственная линия («шинная топология»). В линию может быть включено до 32 устройств (для стандартной единицы нагрузки или больше для $\frac{1}{4}$ нагрузки), расположенных как угодно по всей ее длине. Устройства должны подключаться к линии очень короткими кабелями (длиной не более 30 см) для того, чтобы избежать возникновения Y-расщепления. На практике, однако, эта длина может быть увеличена до нескольких метров¹. В большинстве случаев проблему сложной конфигурации можно решить с помощью повторителей-ретрансляторов интерфейса.

¹ Иногда при необходимости организации топологии «звезда» даются неформальные (т.е. с отступлением от стандарта) рекомендации обеспечить ёмкость всех проводов не более 240 нФ, а максимальное сопротивление одной линии провода двух наиболее протяжённых лучей не более 340 Ом. Однако эта рекомендация может быть принята только для приемопередатчиков со встроенными терминаторами на диодах Шоттки. Максимальные скорости передачи не гарантированы.

Линии передачи сигнала должны находиться не ближе 50 см от кабелей электрического питания, в особенности от нагрузочных кабелей. Тем более они не должны прокладываться в одной оплетке с этими кабелями или кабелями, по которым протекают токи большой величины, т.к. это может привести к проникновению помех и ошибкам. Пересечение силовых линий должно быть под углом 90^0 . Запрещается сращивание витых пар и использование «скруток».

Для кабельной разводки рекомендуется применять кабели с двумя - четырьмя витыми парами для того, чтобы:

- использовать дополнительные провода в качестве дренажных (см. ниже);
- иметь возможность использовать эти линии с другим оборудованием, работающим, например, по протоколу RS-422;
- иметь резерв, если произошел обрыв или замыкание на главной паре.

Стандарт RS485 обеспечивает работу устройств на линии длиной до 1.2 км. Эта величина является максимумом. На практике же рекомендуется использовать линии длиной не более 500 м. При построении систем с длинными линиями следует соблюдать особую осторожность при выборе кабеля, который должен иметь подходящее поперечное сечение. Используемый кабель должен обеспечивать на терминаторе номиналом 120 Ом на дальнем конце линии напряжение не менее 0.2 В в том случае, если на выходе передающего устройства напряжение составляет 2 В. Не рекомендуется использовать кабели менее 22 AWG.

Терминирование линии связи

Терминатором называется нагрузочный резистор, который располагается между двумя проводами с данными R+ R- непосредственно у модулей, максимально удаленных друг от друга.

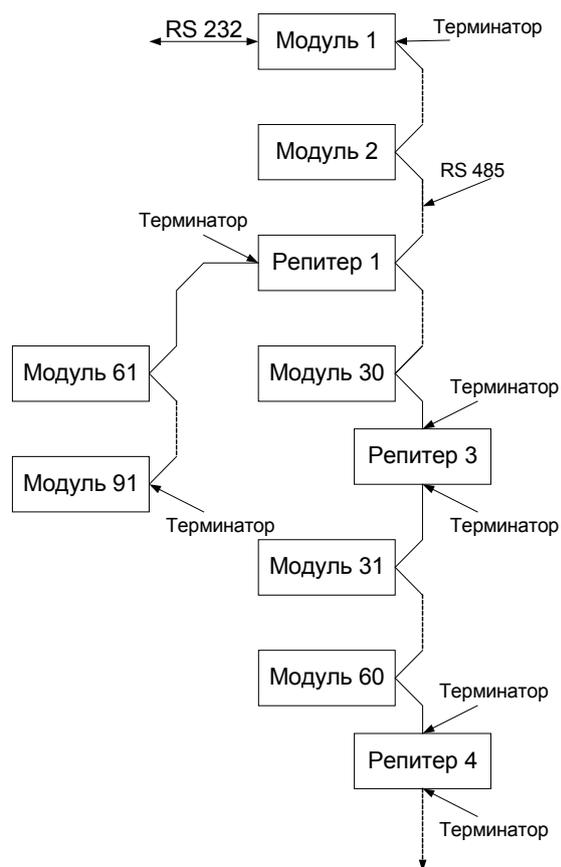
В том случае, когда терминатор не установлен, сигнал, приходя к самому дальнему концу кабеля, «отражается» обратно по направлению к передающему устройству. Этот отраженный сигнал может внести серьезные помехи, что приведет к возникновению ошибок и сбоев. Резистор-терминатор гасит сигнал на дальнем конце кабеля и не позволяет ему отражаться. В качестве терминатора обычно используется резистор номиналом 100-120 Ом мощностью 0.25 Вт.²

Всегда проверяйте наличие терминаторов. Это можно сделать, измерив сопротивление между двумя штырьками разъема, отсоединив его со стороны консоли. Это сопротивление должно находиться в диапазоне от 100 до 120 Ом для коротких кабелей и кабелей, имеющих больший порядковый номер в соответствии с американским сортаментом проводов AWG. Для очень длинных кабелей это значение может быть несколько выше, так как в этом случае к сопротивлению терминатора добавляется сопротивление самого кабеля. Слишком высокое или слишком низкое значение сопротивления говорит о том, что терминатор или не установлен, или установлен неверно.

Некоторые устройства снабжены встроенными терминаторами (в SYRIS – это диоды Шоттки) или переключателями, которые позволяют подключить встроенный терминатор к линии. Обычно такой переключатель помечается надписями «end of line» (конец линии) или «last rack» (последнее устройство в линии). Этот переключатель должен находиться во включенном положении только на первом и последнем устройстве в линии.

² Нужно сказать, что необходимость в согласовании возникает только в случаях, когда время распространения сигнала по кабелю превышает 5...10% длительности передачи бита. Так что при обмене со скоростью 9600 бод (длительность бита 104 мкс) и менее- по линии длиной до 1200 м (время распространения примерно 6 мкс) вполне можно обойтись и без него.

Репитеры - ретрансляторы



В том случае, когда используются линии передачи очень большой протяженности, или в линию включено более 32 устройств (единичной нагрузки), для прохождения сигнала необходимо использовать репитеры-усилители, называемые также буферными усилителями. Входы и выходы репитера должны терминироваться. Таким образом, используя несколько репитеров³, можно проводить многократное усиление сигнала. Однако все это возможно только в том случае, если репитер (в особенности опто-изолированная схема), обладают достаточным быстродействием. Если применяемая схмотехника не может обеспечить воспроизведение фронтов и срезов сигнала без искажений и задержек, то последовательное соединение таких устройств приведет к неизбежному искажению сигнала.

Ретрансляторы имеют возможность объединения друг с другом для получения сети топологии "звезда", при этом осуществляется гальваническая развязка между лучами звезды.

Обратите внимание, что общее число модулей, включая репитеры, в каждом сегменте не должно превышать 32 устройства.

Влияние среды обмена

Разработчик системы передачи данных должен учитывать тот факт, что на качество ее функционирования могут оказывать влияние такие эффекты, как помехи, наведенные на линию связи, разность потенциалов земли в местах размещения технических средств системы, активные и реактивные потери мощности, а также отражения, которые могут иметь место при высоких скоростях обмена. Степень влияния электромагнитных помех и разности потенциалов земли зависит от условий, в которых функционирует система, и ее эффективность определяется многими факторами, в том числе сбалансированностью или симметрией. Активные и реактивные потери зависят от качества применяемого кабеля. Отражения являются результатом внесения каждым устройством реактивных составляющих в эквивалентную нагрузку, подключенную к выходу формирователя, находящегося в активном состоянии. При этом реактивные составляющие преимущественно имеют емкостный характер. Стандарт описывает устройства, способные функционировать в широком диапазоне скоростей обмена (до 10 Мбит/с).

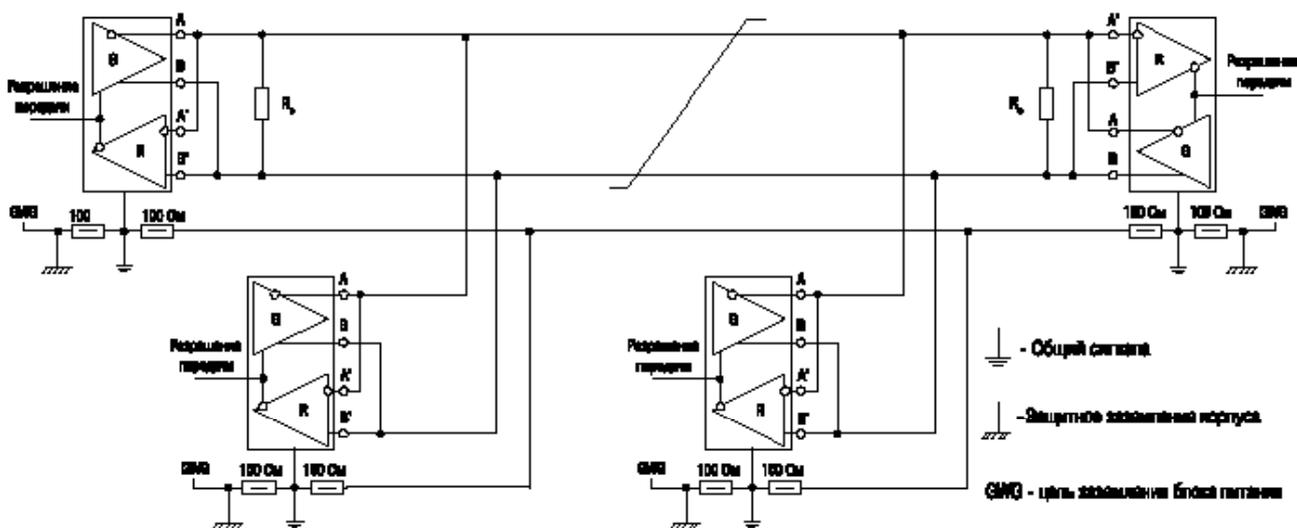
Разработчик системы должен учитывать, что даже при невысоких скоростях обмена, например 19,2 кбит/с, длительности переднего и заднего фронтов информационного бита могут составлять не более 10 нс, а приемники могут иметь еще более высокое быстродействие. Таким образом, если не приняты специальные меры, то даже кратковременные помехи могут привести к нарушению целостности потока передаваемых данных. Однако снижение скорости обмена во многих случаях повышает

³ Число репитеров не должно превышать четырех. По ряду причин (например, при необходимости обеспечения минимальных задержек приема/передачи) их число может потребовать сокращения.

помехоустойчивость. Не имеет смысла устанавливать скорость обмена больше, чем необходимо для нормальной работы системы.

Использование дренажного провода

Если приборы, объединённые в сеть, распределены в пространстве и питаются от различных источников, для устойчивого обмена по интерфейсу необходимо дополнительным (дренажным) проводом объединить цепи "0В" всех приборов, входящих в сеть. Это становится обязательным, если между проводниками линии и землей превышено допустимое значение синфазной составляющей от -7 В до +12 В. В этом случае линия интерфейса должна быть 3-х проводной. Не следует использовать экран вместо дренажного провода⁴. Если по условиям безопасности дополнительно требуется защитное заземление, подключать его к каждой точке сигнальной земли необходимо через резисторы сопротивлением 100 Ом с рассеиваемой мощностью не менее 0,5 Вт. Это исключит протекание по дренажному проводу "блуждающих" токов значительной силы.



Защита от электромагнитных помех

Устойчивость линий к электромагнитным помехам, возникающим в результате наличия паразитных индуктивных или емкостных связей источников помех со средой обмена, отчасти определяется степенью асимметрии (или дисбаланса) распределенных и сосредоточенных параметров линии относительно земли. В связи с этим настоятельно рекомендуется использовать экранированную витую пару, что обеспечивает как симметрию линии связи, так и повышение устойчивости к электромагнитным помехам.

Экран ДОЛЖЕН быть присоединен к общей сигнальной цепи у всех модулей, если модули питаются от разных источников питания и дренажный провод отсутствует. В противном случае экран кабеля нужно заземлить лишь в одной точке. Экран НЕ ДОЛЖЕН быть подключен или находиться в контакте с любыми другими частями разъемов (например, с корпусом), т.к. обычно корпуса разъемов соединяются с землей питающего напряжения, а такое соединение приведет к возникновению проблем, связанных с контурными земляными токами.

Применение оптической изоляции для защиты от сбоев

Приемо-передатчики, соответствующие требованиям стандарта RS-485, сохраняют работоспособность при воздействии на них синфазного напряжения в диапазоне от -7В до +12В. Синфазное напряжение определяется совокупностью нескомпенсированных разностей потенциалов земли приемников и формирователей, максимальным значением напряжения помех, измеренного между землей приемника и жилами кабеля,

⁴ Хотя разработчики многих систем эту рекомендацию и не выполняют.

соединенными с землей на передающей стороне линии связи, а также максимальным значением напряжения смещения выходов формирователей. Если значение разности потенциалов между землями выходит за пределы допустимого диапазона, то при реализации сети на основе интерфейса RS-485 следует применять приемопередатчики с гальванической изоляцией.

Оптическая изоляция производится следующим образом. Сигнал принимается схемой RS485, затем передается на схему оптической изоляции и затем – на выходную схему RS485. Приемник RS485 должен иметь отдельный изолированный источник питания и не подключаться к нулевому проводу электрической сети.

Для реализации оптической изоляции линии используйте специальные репитеры RS-485 с гальванической изоляцией (и при необходимости – с защитой от импульсных помех). Подключение репитеров производите в соответствии с технической документацией на изделие.

Подавление радиопомех

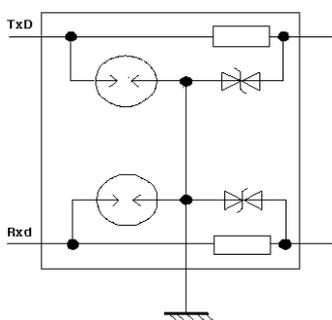
В некоторых случаях возможно возникновение ошибок при передаче сигнала, когда в непосредственной близости от линии работает радиопередатчик. Это происходит из-за того, что энергия радиосигнала проникает в передающий кабель и вызывает изменение сигнала, поступающего на принимающее устройство.

Простейший способ устранения этой проблемы состоит в установке высокочастотного конденсатора малой емкости между экраном кабеля и заземлением электрической сети.

Емкость конденсатора должна быть в пределах от 0.001мкФ до 0.01мкФ. Для повышения устойчивости системы к помехам параллельно с конденсатором можно установить искровой разрядник. Он будет использоваться в качестве защиты при значительных превышениях напряжения, а также для защиты от статического электричества.

Защита от перенапряжений и импульсных помех

При большой протяженности линий связи между оконечными устройствами, как уже упоминалось, может возникать большая разность потенциалов. Такие потенциалы, прилагаемые к цепям приемопередатчиков, могут достигать значений до 10000 вольт. При величине потенциала менее 2000 вольт, проблема технически решается использованием приемопередатчиков, имеющих на входах (выходах) схемы гальванической развязки. При



более высоких значениях потенциала, характерных для грозовых, коммутационных и др. воздействий, необходимо использовать специальные защитные устройства (ЗУ).

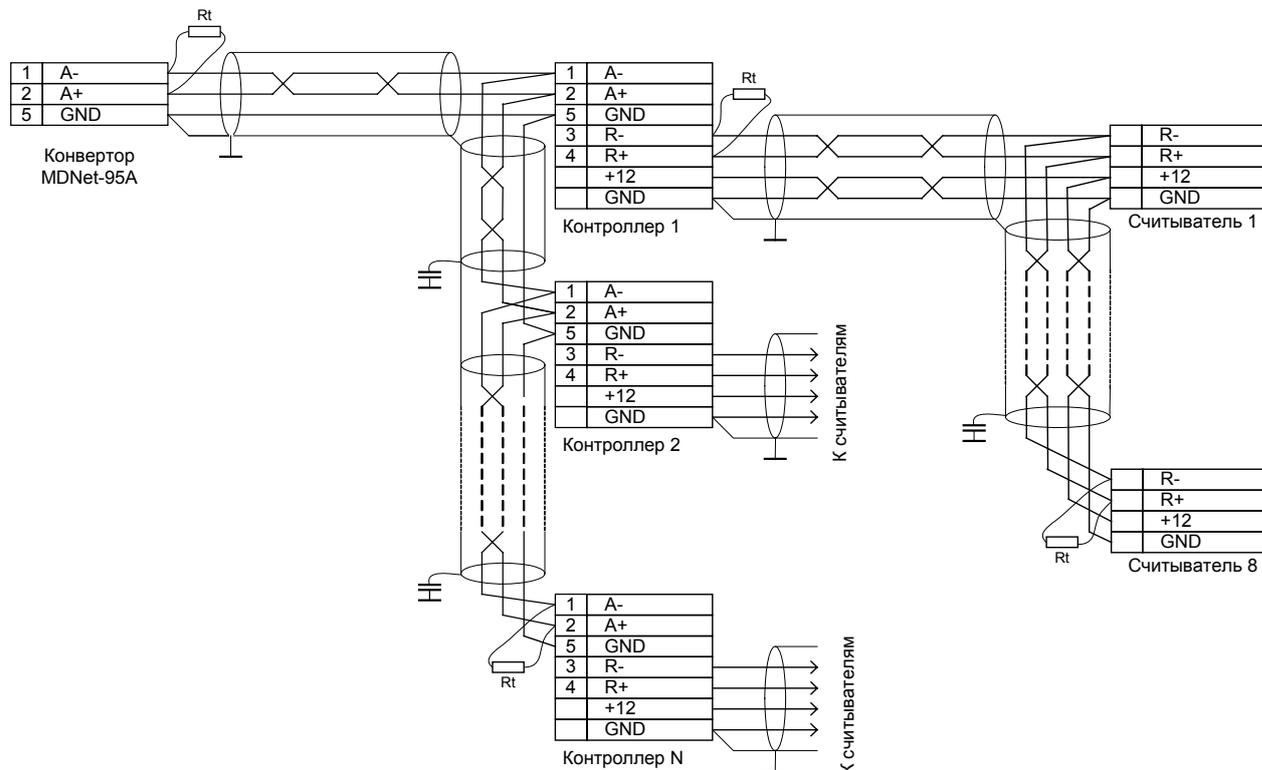
ЗУ могут иметь две ступени защиты - "грубую" и "тонкую". Под "грубой" защитой подразумевается защита от импульсов перенапряжения, имеющих значения $U \geq 650$ В и значения импульсного тока $I = 10$ кА. Тогда как "тонкая" защита, образуя вторую ступень, обеспечивает защиту от импульсов с $U \geq 25$ или 10,8 В и значениях импульсного тока $I = 0,4$ кА. В некоторых ЗУ "тонкая" защита, устанавливается на всех информационных

шинах, тогда как "грубая" защита только на "земляной" шине. Для защиты от импульсных помех используйте специальные защитные устройства. Их типовые характеристики приведены в Таблице.

Типы ЗУ	ТУЗ-5,5-2	ТУЗ-5,5-5	ТУЗ-12-2	ТУЗ-12-5
Макс. рабочее напряжение (В)	5,5	5,5	12	12
Макс. имп. ток (8/20 мкс) (кА)	10	10	10	10
Напряж. ограничения (при 1кВ/мкс) ступени "тонкой" защиты (В)	$\leq 10,8$	$\leq 10,8$	≤ 22	≤ 22
Напряж. ограничения (при 1кВ/мкс) ступени "грубой" защиты (В)	≤ 650	≤ 650	≤ 650	≤ 650

Граничная частота (МГц)	5	5	5	5
-------------------------	---	---	---	---

Пример типовой разводки кабельных трасс системы SYRIS



Полезные ссылки

1. ["RS-422 and RS-485 Application Note"](#)
B&B Electronics Mfg. Co. Inc (Rev. 1997)
<http://www.bb-elec.com/bb-elec/literature/tech/485appnote.pdf> (англ)
2. ["Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты RS-422/RS-485"](#)
Александр Локотков. Журнал "СТА" 3/97.
http://www.cta.ru/pdf/1997-3/note1_1997_3.pdf
3. ["Правильная разводка сетей RS-485"](#)
Maxim's Application Note 763 (январь 2001 года), пер. И.Н. Бирюков.
<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/rs485/app.htm> (рус)
http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/763 (англ)
4. ["Обрежьте жирок с RS-485"](#)
Maxim's Application Note 386 (A184, март 2001 года), пер. И.Н. Бирюков.
<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/rs485/power.htm> (рус)
http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/386 (англ)