

Омельянчук А.М.

# Физика для безопасника

(краткий курс)

- Как работает RS485 ?
- Чем земля отличается от почвы ?
- Куда ток течет ?
- В каком проводе шумит ?

и другие мелкие детали, незнание которых приводит к крупным неприятностям

## Оглавление

RS485, теория и практика.....	3
Немного истории.....	3
Что происходит когда ничего не происходит.....	5
Согласующие оконечные резисторы.....	6
Ограничения скорости и длины.....	7
Синфазные помехи.....	7
Общий «нулевой» провод.....	9
Заземление и зануление.....	9
4-проводный RS485.....	10
Изоляция.....	11
Обозначения клемм.....	12
Топология кабеля.....	13
Сколько устройств на линии.....	15
Усилители и повторители.....	16
О заземлении.....	17
Планета Земля.....	17
Изоляция.....	18
Статическое электричество.....	18
Паразитные емкости и утечки.....	19
Заземление в нескольких точках.....	20
Проверка наличия утечек.....	21
Если утечки возникнут.....	22
Шлейфы сигнализации.....	23
Электромагнитные помехи.....	25
Помехи по сети 220 В.....	25
Влияние кабеля на качество сигнала.....	26
Аналоговые и цифровые линии.....	26
Адресные системы – это очень сложно.....	28
Адресно-аналоговые системы.....	28
Охранные адресные системы.....	28
Достоинства адресных систем.....	29
Недостатки адресных систем.....	29
Допустимые параметры адресного шлейфа.....	31

Москва, 2013

## RS485, теория и практика.

RS485 – самый, пожалуй, популярный интерфейс в относительно крупных системах охранно-пожарной тематики. Он очень широко распространен, но мало кто знает его особенности и тонкие места. Кстати, хотя RS485 ныне официально (по имени самого авторитетного стандартизовавшего его впоследствии органа) надо было бы называть ISO/IEC 8482, но поскольку на самом деле многие реализации весьма вольно относятся к требованиям стандарта, неудивительно, что намного более распространено несколько неформальное название RS485.

*В системе Рубикон интерфейс RS485 применяется для соединения ППК и дополнительных сетевых контроллеров, имеющих независимое питание, в том числе КА2 (контроллеры адресного шлейфа), КД2 (контроллеры доступа) и др.*

### **Немного истории.**

RS485, это сокращение от Recommended Standard номер 485. Была такая организация в Соединенных Штатах – ассоциация производителей электроники (Electronic Industry Association). Она в свое время (в конце 60-х и в начале 70-х) выпустила ряд рекомендаций для того, чтобы оборудование разных производителей могло совместно работать. Самые известные из тех рекомендаций – стандарты номер 232 и 485. Надо отметить, что впоследствии EIA объединилась с TIA и переименовалась в опять же EIA (но на этот раз Electronic Industries Alliance). Поскольку желающих писать стандарты в мире много, то чтобы не перепутать, стандарты этой организации теперь официально называются EIA-232 и EIA-485.

Первый из них, более известный также по первоначальному названию RS232 – впоследствии стал нормой для модемного оборудования и потому весьма жестко и многократно стандартизован (пережил около 10-ти различных уточняющих и улучшающих редакций от имени семи или даже восьми организаций, включая таких как ITU, CCITT, ANSI, ISO). И поныне он присутствует на многих настольных компьютерах, хотя уже давно не рекомендован для применения.

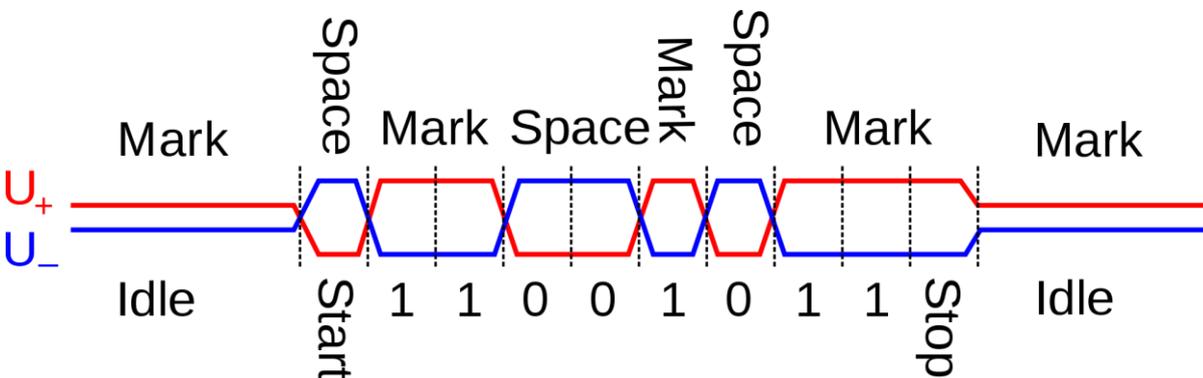
Младшему же брату – RS485 – повезло меньше. Возможно, потому, что изначальный текст RS-485 включал в себя лишь описание уровней напряжений на проводах, в стандарте не было ни слова о том, что означают эти уровни напряжения и когда и какое оборудование должно ими управлять. На практике наибольшее применение RS485 нашел в закрытых сетях промышленной автоматизации, и, в частности, в системах охраны. Производители такого оборудования, а также и производители микросхем, реализующих RS485, не очень сильно заботились о совместимости. Да, существует ряд более точно описанных стандартов, основанных на RS485, например, Modbus, Profibus и Vasnet, но и они не очень жесткие. Дополнительно добавил сложностей CAN, который, основан на RS485, и потому впоследствии многие производители применяли в своих системах, называемых RS485, ряд идей, позаимствованных обратно из CAN.

Итак, приведу в табличке исходные рекомендации RS485 и в каких пределах они варьируются в практической реализации.

	оригинал	Что встречается
Уровни напряжений	Дифференциальный сигнал. Не менее 2В на передатчике, приемник должен воспринимать напряжение более +200 мВ как «1», а менее -200 мВ как «0»	Все выше -200 мВ считается «1».

Согласование кабеля	На двух концах линии резисторами, соответствующими волновому сопротивлению линии	Встречаются рекомендации с согласованием RC-цепочкой, так называемое «согласование по переменному току» Встречаются рекомендации подключать резисторы к питанию. Бывает даже несимметричная передача (3-е состояние вместо «1»)
Синфазная помеха	-7..+12 В	До 5000 В при гальванической развязке
Среда передачи	Одна симметричная витая пара с волновым сопротивлением 120 Ом	2-проводный и 4-проводный RS485
Маркировка контактов	A B	- +
Топология кабеля	Без ответвлений (точнее, «с минимальными ответвлениями»)	Иногда производители описывают допустимую длину ответвлений до сотен метров
Длина кабеля	Не более 15 м на скорости 10 МБод, до 1200 м (4000 футов) на скорости 100 кБод и ниже	Иногда допускается длина линии до 5 км на еще более низких скоростях, либо скорость до 35 МБод на еще более коротких дистанциях
Количество устройств на линии	32	До 256 устройств «с соответствующими параметрами»
Усилители-преобразователи	Не описаны	Очень разные реализации

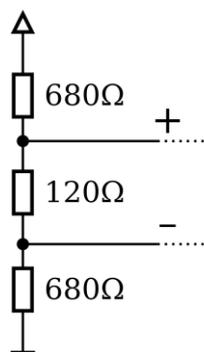
Разберем подробнее каждый из пунктов. Во-первых, поясню, что такое дифференциальный сигнал. Это значит, что измеряется напряжение между двумя проводами. Имеет значение только напряжение между проводами, а каков потенциал этих проводов относительно Земли – не очень важно.



На практике это означает, что передатчик подает то на один провод 0В а на другой 5В, то наоборот. А приемник анализирует, на каком проводе напряжение выше и понимает, «0» или «1» ему передали.

## Что происходит, когда ничего не происходит.

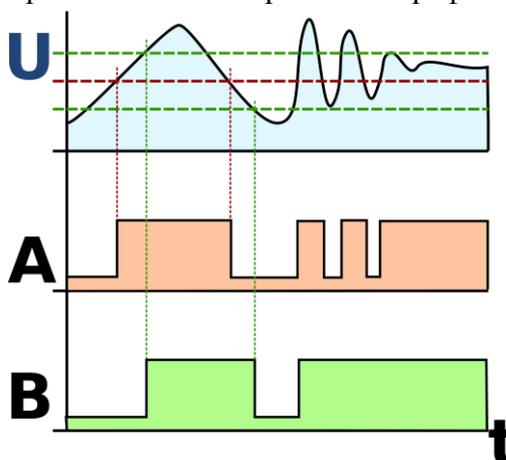
А теперь тонкость номер 1. Изначальный стандарт требовал, чтобы приемник заведомо воспринимал разницу напряжений, превышающую 200 мВ. Если один провод на 200 мВ выше другого – это «1». Если ниже – значит «0». А что будет, если разницы напряжений вообще нет? Например, если передатчик отключен? Приемник имеет право воспринимать малейшие шумы то как «1», то как «0». Конечно, шум – это просто бессмысленный шум, но, говорят, даже обезьяна за пишущей машинкой за миллион лет может случайно написать «Войну и Мир». А вам надо случайно получить команду включения пожаротушения? Что же делать? Есть несколько решений проблемы, применяемые разными производителями микросхем. Первое – если напряжение между проводами заметное время находится между -200 и +200 мВ, то микросхема приемника выдает отдельный сигнал «линия свободна». Некоторые системы используют этот сигнал для того, чтобы устройства понимали, когда они могут начать передавать. Второе решение – микросхема приемника воспринимает все, что выше -200 мВ как заведомую «1». Поэтому между пакетами, когда никто на линии ничего не передает, наш прибор будет заведомо видеть «1» и не получит никаких нежелательных команд от источников помех. Если не применять специальные микросхемы, то аналогичный эффект достигается, если подключить (см. пункт 2 таблицы) пару резисторов к питанию, чтобы в случае отключенных передатчиков на линии заведомо было +250 мВ. Кстати, на картинке выше именно такой вариант – в паузах между пакетами явно присутствует небольшое напряжение. Вот как это обычно реализуют:



*В системе Рубикон резисторы для принудительной подачи небольшого напряжения на выключенную линию установлены в ППК.*

*ВНИМАНИЕ: при использовании нескольких ППК в режиме ведомого сетевого контроллера в одной системе Р-08 может понадобиться удалить резисторы на всех ППК кроме одного.*

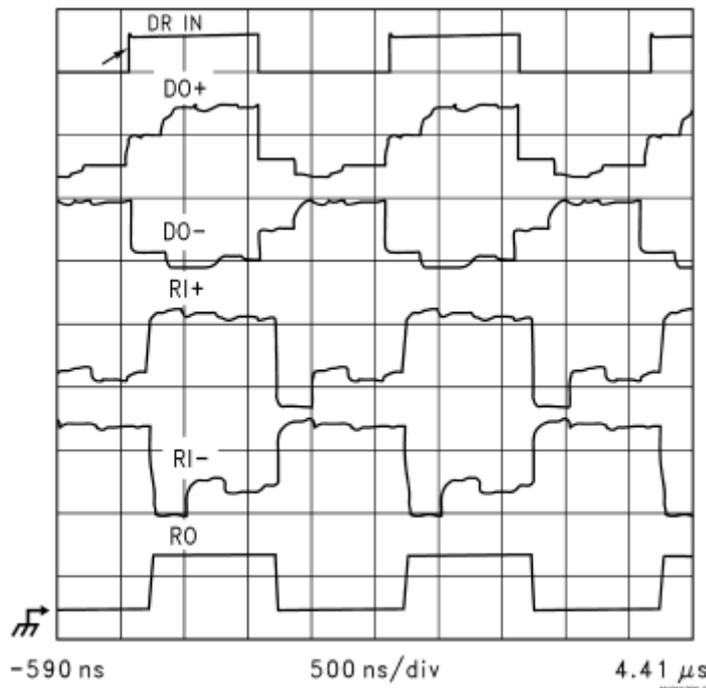
Но самый распространенный вариант борьбы с шумами – добавить гистерезис на 100-150 мВ. Тогда получается, что если последний раз напряжение было выше +200, и после этого болтается между -200 и +200, микросхема считает, что на линии все еще передается «1». А если напряжение вылезло ниже -200, то теперь микросхема будет выдавать «1» пока напряжение не перейдет вверх верхнюю границу и не станет выше +200. Картинка ниже иллюстрирует работу приемника с гистерезисом. График U – это входное напряжение, график A – это что бы выдал на выход приемник без гистерезиса, график B – с гистерезисом (шумы исчезли, а переключения при приеме сигнала немного сдвинулись).



Все описанные решения хороши, но никакое из них не идеально. Особенно чревато, если в одной системе встретятся устройства, которые ожидают реального нуля (между - и + 200 мВ), чтобы начать передачу и устройства, которые в паузах легонько растягивают напряжение до -200 мВ. В таком случае первое устройство никогда не дождет возможности что-то передать.

## Согласующие оконечные резисторы.

Перейдем ко второму пункту. Согласование кабеля. В теории, на концах длинной линии передачи должны быть подключены резисторы, равные ее так называемому «волновому сопротивлению». Тогда распространяющийся по линии сигнал воспринимает этот резистор как бесконечное продолжение линии связи, и уходит в него без отражений. В противном же случае получается то, что изображено на рисунке ниже.



Вверху – исходный передаваемый сигнал, следующие две пары осциллограмм – напряжения на передатчике и приемнике, последний (нижний) луч – восстановленный приемником информационный сигнал. Правда, довольно корявая форма сигнала? В данном случае приемник восстановил сигнал довольно точно, но мы понимаем, что помехоустойчивость во время этих переходных процессов, отражений сигнала от концов – наверняка не так высока, как нам бы хотелось.

Конечно, по стандарту положено согласовать кабель соответствующим сопротивлением. Конечно, на практике мы прокладываем линии связи кабелем, про который никто не скажет, какое у него волновое сопротивление. И насколько оно однородно по длине кабеля (а на скачках параметров кабеля, или на скрутках, тоже будут отражения, как бы вы ни согласовали концы). Так вот, в реальной жизни отсутствие согласования почти никогда никому не мешает. Обратите внимание на шкалу времени на картинке. Отражения (в данном случае на 50-метровом участке кабеля) занимают меньше 200 наносекунд. Несколько отражений от обоих концов кабеля – максимум одна микросекунда – и сигнал уже успокоился. Если кабель длинный (например 1 километр), отражения распространяются дальше – скажем, 5 микросекунд, но зато отражение будет только одно – отраженный сигнал настолько затухает на длинном кабеле, что второго и третьего отражения уже точно не будет. Итак, все отражения и искажения длятся всего несколько микросекунд. Согласно тому же исходному тексту стандарта RS485 (да и согласно требованиям микросхем последовательных передатчиков) установление сигнала должно занимать не более 1/10 длительности бита данных. Умножаем 5 микросекунд на 10 – получаем, что при длительности бита 50 микросекунд (то есть при скорости передачи 19200 бит/сек) все эти отражения на километровой линии можно игнорировать. Вот так! Конечно, лучше не

*В системе Рубикон все устройства имеют оконечные резисторы, подключаемые через перемычку. Не забудьте снять перемычки на всех устройствах, кроме крайних на линии.*

игнорировать. Лучше, чтобы отражений совсем не было, но на типичной скорости передачи 9600 на длине кабеля меньше километра проблемы, вызванные плохим согласованием, мягко говоря, маловероятны. Если у вас не работает канал связи RS485 – скорее всего это вызвано совсем другими причинами.

Более того. Выходное сопротивление передатчика согласно стандарту должно быть 54 Ом. Согласующие резисторы (по 120 Ом с каждой стороны) являются нагрузкой 60 Ом. Таким образом, сигнал изначально делится пополам. Передатчик мог бы передать разностное напряжение 5 В, а на линии получается всего лишь 2 .. 2,5 В. Сигнал меньше, помехоустойчивость хуже. И запас на затухание меньше. Например, довольно толстый кабель сечением 0.75 мм<sup>2</sup> имеет сопротивление провода около 3 Ом на 100 метров. Два провода на длине 1 км дают также 60 Ом. То есть сигнал на конце линии окажется еще в два раза меньше. А если вы взяли замечательную витую пару 6-й категории (сечением 0.2 мм<sup>2</sup>, т.е. в 4 раза тоньше рассмотренного ранее кабеля) сигнал будет еще в 4 раза меньше. Это сколько ? 2 вольта, да пополам, да еще на 4, итого – 250 милливольт. Практически на границе чувствительности приемника. Абсолютно точно работать не будет уже на 1 км, хотя стандарт нам вроде бы обещает 1200 метров. Так что не гонитесь за категорией витой пары, возьмите лучше кабель потолще. Кстати, если проблема с большим затуханием в тонком кабеле – снимите согласующие резисторы. Все равно никакие отражения никуда не дойдут – затухнут, да и, как мы уже показали, на скорости 9600 отражения никого и не волнуют. Зато сигнал подрастет в несколько раз.

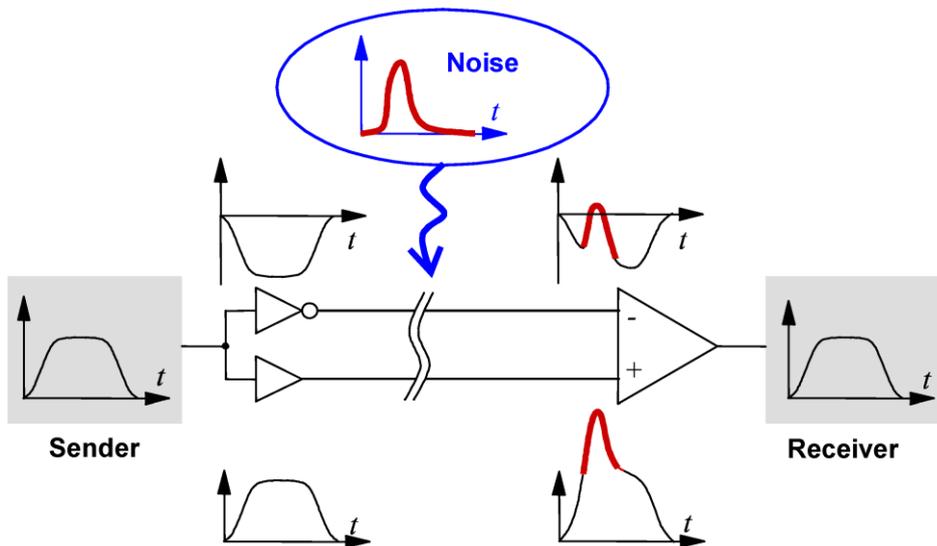
### **Ограничения скорости и длины**

Теперь вы знаете, откуда берутся некоторые ограничения, описанные в стандарте. Так, стандарт описывал максимальную скорость 10 МБод, однако это было связано с тем, что отдельно требовалось от передатчиков не искажать фронты импульсов более чем на 20 нс. Современные передатчики могут уложиться в 2 нс, потому и скорость декларируется до 50..70 МБод. Однако такая скорость возможна только на коротких линиях. Известное мнемоническое правило рекомендует, чтобы произведение скорости передачи в килобитах в секунду на длину кабеля в километрах не превышало величины 100. То есть примерно 1 километр на скорости 100 кбит/с, или 10 метров на скорости 10Мбит/сек. Происхождение ограничения – из-за возможных отражений (идеального согласования не бывает) и времени на установление сигнала. Конечно, при тщательном согласовании, указанное правило можно несколько превысить, но не стоит намного. Из этого же правила вытекает, что на скорости 9600 (примерно 10кбит/сек) вроде бы можно передать аж на 10 км. Но: только если у вас будет достаточно толстый кабель. Стандарт подразумевал использование типичного многопарного кабеля 22..26 AWG, и потому для любых скоростей ограничивал длину линии величиной 4000 футов (1200м). Но мы то знаем, что на самом деле, если взять кабель потолще, можно и перекинуть сигнал подальше. У производителей оборудования обычно написано 1200м без вариантов. У большинства потому, что они сами не знают откуда берется число 1200. У некоторых, просто потому, что лучше перебдеть (указывается длина самого тонкого доступного на практике кабеля). Кроме того, производители предпочитают в большие системы продать дополнительно усилители-разветвители или еще какие-нибудь удлинители линии связи.

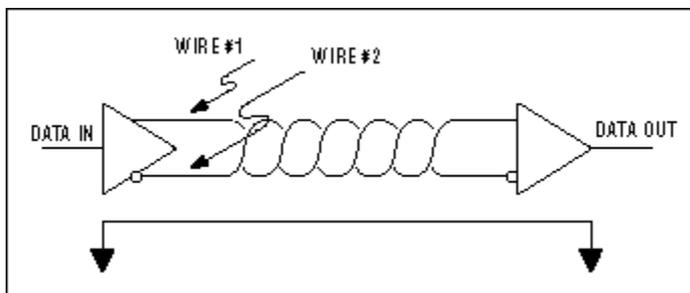
*В системе Рубикон допускается передача сигнала RS485 на расстояние до 3 км по кабелю не менее 1.5мм<sup>2</sup> при условии соблюдения волнового сопротивления кабеля 110..130 ом.*

### **Синфазные помехи**

Что такое синфазная помеха? Дифференциальный сигнал RS485 передается как напряжение «между двумя проводами». Внешние наводки, как правило, одинаково влияют на оба провода, поэтому разность потенциалов оказывается ненарушенной.



В теории звучит замечательно. А на практике дьявол в деталях. Смотрим внимательно на стандарт RS485 – допустимая синфазная помеха составляет от -7 до +12 вольт. Вообще говоря, это совсем немало. Для типичных схем с питанием 5 вольт это означает возможность превысить напряжение питания как вверх (выше +5 В) так и вниз (ниже 0 В) на полтора питания. Это совсем непросто. Например, у большинства операционных усилителей напряжение на входе никогда не должно выходить за пределы питания. Разработчики стандарта, тем более в те древние времена, потребовали от производителей микросхем весьма серьезных усилий. И эти усилия вполне оправдали себя – системы на основе RS485 успешно работают во многих приложениях. Но помните: диапазон от -7 до +12 вольт – это не так уж много. В частности, встречается серьезное заблуждение, дескать RS485 передает дифференциальный сигнал по двум проводам, поэтому для него достаточно двух проводов.



Нет !!!!

Ни в коем случае недостаточно двух проводов.

Если нет третьего провода, соединяющего нулевую точку двух приборов (обычно это минус питания прибора или специальная клемма G – не путать с клеммой

заземления), то малейшие утечки изоляции (а не бывает изоляции совсем без утечек) приведут к произвольно большим перепадам между нулем одного прибора и нулем другого. Может получиться даже 220 Вольт. Очень часто прибор оказывается под потенциалом «примерно половина напряжения розетки», то есть 110 В. Это намного больше, чем «от -7 до +12». Что же произойдет? Как только разность потенциалов превысит допустимые, скажем, +12 Вольт, сработает защита, встроенная в микросхему приемника RS485. Поэтому дальше разность потенциалов нарастать не будет. Но микросхема при этом оказывается в аварийном режиме, и конечно же ничего не принимает. Если на линии началась передача, сигналы на каждом из проводов начали колебаться, и с некоторой немалой вероятностью окажется, что пока один провод поднялся и уперся в защиту на +12 Вольт, второй опустился на 5 Вольт ниже, и потому приемник распознал передаваемый сигнал. Так что мое категорическое утверждение, вообще говоря, неверно. Без третьего провода RS485 работать, скорее всего, будет. Правда работать неустойчиво, вследствие непредсказуемых и неконтролируемых изменений утечек изоляции ситуация будет меняться совершенно непредсказуемо. Вполне вероятно, что проявится «генеральский эффект». Вроде все работало, но когда приехала комиссия с генералом (и к ее приезду помыли полы и повысилась влажность) –

работать перестало. Обнаружить этот эффект по внешним проявлениям практически невозможно. Может быть, наоборот, в грозу или при сильных помехах перепады потенциалов двух приборов могут достаточно хаотично меняться, так что пакеты данных иногда будут проскакивать (пока перепад попал в диапазон  $-7..+12$ ), и система будет более-менее работать. А когда помехи прекратятся (например, выключили большой высоковольтный трансформатор), наоборот, работа нарушится.

Так что мое утверждение таки верно – третий провод необходим, если вы хотите, чтобы система работала не «иногда», а всегда.

*В системе Рубикон допустимый синфазной дополнительно уменьшен до  $-2..+10$  В вследствие применения защитных цепей. В длинных линиях рекомендуется применять изоляторы.*

## **Общий «нулевой» провод**

Особо следует отметить, что соединение приборов третьим проводом является весьма ответственным моментом. Вы соединяете две различные подсистемы, порой с подключенными к ним километрами шлейфов сигнализации, с различными собственными блоками питания. Упомянутые мной «утечки» могут оказаться очень большими, бывают ошибки монтажа, неисправности оборудования, пробитая изоляция. Отдельные приборы сами по себе при этом работают, но при попытке соединить между собой их «нули» - по третьему проводу потечет ток величиной в единицы или десятки ампер. Такое бывает редко, но чтобы не пострадать самому и не спалить дорогостоящее оборудование, можно воспользоваться следующим советом, широко известным среди старых специалистов: Сначала подключите шлейфы и питание к каждому из приборов, убедитесь, что они работают (насколько они могут работать без соединения по RS485 между собой), а затем сначала соедините третий провод – «нули» приборов – через достаточно мощный резистор номиналом в  $1..10$  кОм и померьте на нем падение напряжения (или померьте ток через него). Это суммарный, вызванный всеми утечками в обеих подсистемах. Если он не превышает миллиампера (а лучше – единиц микроампер), все в порядке, можно соединять устройства третьим проводом напрямую, подключать информационные провода А и В, и проверять взаимодействие приборов. Если же выравнивающий ток оказался неожиданно большим – ищите где-то замыкание или плохую изоляцию. Пока не найдете – нечего и думать о продолжении пусконаладки. Некоторые производители приборов рекомендуют оставлять небольшой резистор (примерно  $100$  Ом) и в дежурном режиме. Он может защитить от неприятностей при некоторых повреждениях в процессе эксплуатации и поможет найти проблему при выходе из строя системы. Некоторые производители даже включают этот резистор в состав прибора, поэтому клемма G (или «0») для подключения третьего провода RS485 в таких приборах может не быть напрямую соединена с минусовой клеммой питания.

## **Заземление и зануление**

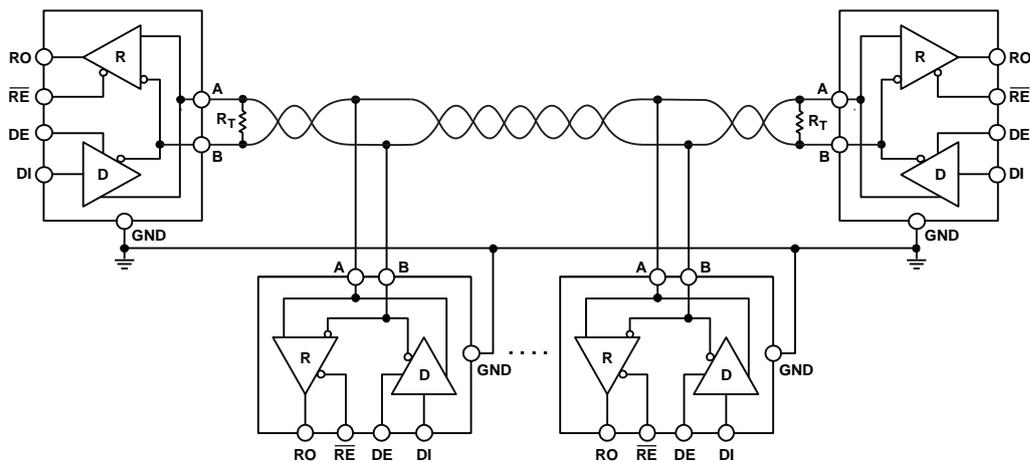
Обратите внимание, что этот третий провод, хотя соответствующая клемма нередко называется GND или вроде того – не имеет ничего общего с заземлением. Всю сеть из многих приборов, с соединенными между собой точками «ноль», в принципе можно заземлить в одном месте, но ни в коем случае нельзя заземлять в нескольких местах, и уж точно нельзя полагаться на Землю (в смысле – «планета Земля»), как на третий проводник. Дескать, заземлили каждый из приборов, и нечего между ними тянуть третий провод – Земля и будет огромным третьим проводом. Увы, перепады

*В системе Рубикон клемма G (GND) напрямую соединена с общим проводом питания устройства. Некоторые устройства имеют дополнительные клеммы для подключения оплетки экрана кабеля, эти клеммы вовсе не соединены с электрическими цепями в устройстве.*

напряжения между разными точками планеты Земля могут составлять десятки вольт. Даже если вы не пожадничали, провели третий провод, но заземлили оба конца этого провода – по нему потекут токи, вызванные уже не случайными утечками на изоляции, а вполне сознательно подключенными к Земле силовыми приборами. Четвертый провод трехфазной сети или второй в однофазной (тот, который «ноль»), согласно правилам (ПУЭ) ОБЯЗАН быть заземлен везде где это можно. Так что обратный ток таких потребителей, как трамваи, прокатные станы, или фрезерные станки вполне имеет право течь по Земле. И конечно не откажется частично протечь через ваш «третий провод», если вы его соединили с Землей (заземлили) с обеих сторон. Частично. Не все десять тысяч ампер, а совсем чуть-чуть. Ампер сто. Или хотя бы десять. Даже если сам провод не испарится, работать при этом система не будет – на проводе сопротивлением в 10..20 Ом предельная синфазная помеха возникнет уже при токе один ампер. И, главное, это совершенно не зависит от вас лично. На трамвайной линии отвалилась перемычка между рельсами, и весь ток потек через ваш третий провод. Вы, конечно, не виноваты, что у путейцев отвалилась перемычка. Но результат – обуглившиеся приборы – на вашей совести. Надо было изначально делать «как надо», а не успокаиваться, что сделали «как всегда» и вроде все работает.

Опять же, весьма вероятен генеральский эффект. Пока шла пусконаладка, вы и какие-нибудь ребята из отдела АСУ работали в разные смены (чтобы не мешать друг другу). А когда приехал генерал, все системы наконец включили одновременно, и что получилось? Кто сделал все честно, у того система все равно работает. А кто руководствовался не знаниями, а «обычаями» - у того вдруг отказ за отказом.

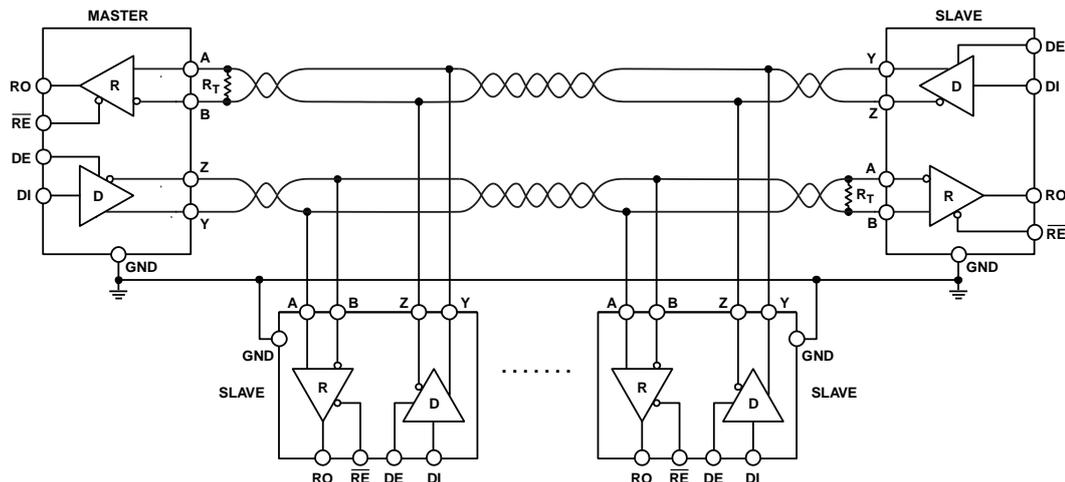
Итак, окончательная схема подключения по трем проводам – на рисунке.



Еще раз напомним про согласующие резисторы на концах линии – их должно быть только два и только на концах длинной линии. У очень многих производителей приборов такие резисторы уже стоят на плате и подключаются установкой перемычки. При отгрузке с завода перемычки установлены (чтобы не потерялись). Если вы не снимете лишние (а это частенько забывают сделать), окажется, что к линии подключено несколько десятков «лишних» резисторов, которые лишь убьют полезный сигнал, да еще и нарушат согласование. Повторю то, что уже говорил выше: на практике я ни разу не встречал, чтобы RS485 не работал из-за отсутствия согласующих резисторов. Но вот из-за наличия излишних резисторов он очень часто может не работать.

#### 4-проводный RS485

Приведенная схема с подключением по трем проводам называется, не удивляйтесь, 2-проводным (2-wire) вариантом RS485. Дело в том, что у некоторых производителей используется несколько другой вариант – так называемый «4-проводный» (4-wire).



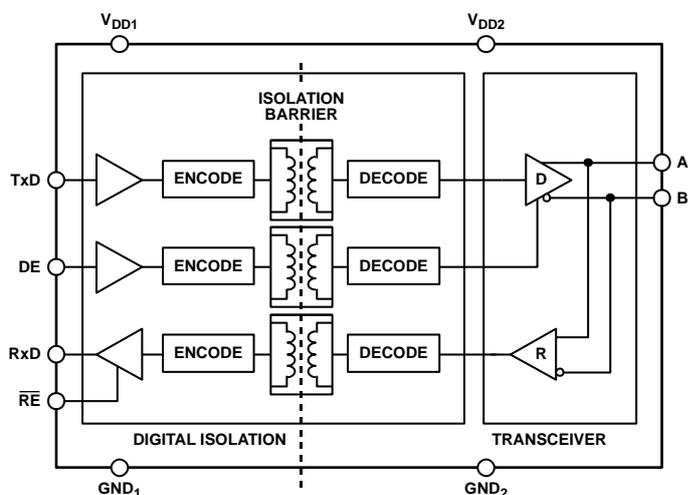
В этом случае одна пара проводов используется только для передачи от главного (master) к подчиненному (slave) прибору, а вторая пара проводов – для передачи информации обратно. При этом данные могут передаваться в обе стороны одновременно (как правило, не совсем одновременно, но, по крайней мере, слабее требования к тщательному разграничению когда кто из них передает). Поэтому такой вариант (4-wire) иногда также называют полнодуплексным (full-duplex) в отличие от полудуплексного (half-duplex) более распространенного 2-проводного варианта. Некоторые устройства могут работать в любой сети – у них 4 клеммы RxA, RxB, TxA, TxB, но если их надо соединить с 2-проводным прибором, достаточно подключить к проводу A и клемму RxA и клемму TxA, а к проводу B, соответственно, и RxB и TxB. Но вовсе не все приборы таковы. Некоторые 4-проводные приборы так работать не смогут.

И, конечно, надо понимать, что 4-проводный RS485 на самом деле требует прокладки 5 проводов. Соединять «нули» всех приборов все равно обязательно.

Иногда 4-проводный RS485 путают с RS422. Это совершенно разные интерфейсы. RS422 никогда не выключается, поэтому в нем в принципе невозможно подключить несколько передатчиков к одной паре проводов. RS422 предназначен только для соединения ровно двух устройств. Хотя по уровням сигналов и по требованию 2-х пар для полнодуплексной (одновременной в обе стороны) передачи данных он очень похож на 4-проводный RS485.

## Изоляция

Нет счастья в жизни, нет правил без исключения. Соединять «нули» не всегда обязательно. Некоторые производители приборов позаботились о проблемах монтажников и пусконаладчиков (а главное, о помехозащищенности своего оборудования) и применили так называемую «гальваническую изоляцию». Иногда на плате установлены несколько отдельных микросхем – оптопара развязки, изолятор питания и собственно приемопередатчик, иногда это специальные микросхемы (см. рисунок), в которых сразу собраны все необходимые компоненты.



В таких случаях допустимая синфазная помеха достигает сотен или даже нескольких тысяч вольт, а потому вполне допустимо каждое устройство просто заземлить и не соединять между собой третьим проводом. Разумеется, изолированные устройства будут работать и при наличии третьего провода. Он не нужен (ухудшает стойкость к

*В системе Рубикон применяются отдельные изоляторы RS485 типа БРЛ-03. Они очень рекомендуются для систем, содержащих более 10 устройств на RS485, а также для систем с общей длиной RS485 свыше 200 метров.*

*Кроме того, устройства КА2, которые подключаются к существенной гальванически не развязанной сети адресного шлейфа, начиная с версии 8 имеют встроенный изолятор RS485.*

электромагнитным помехам), но система работать заведомо будет. Перепады больше тысячи вольт по поверхности земли бывают только кратковременно, при близком ударе молнии. Если устройство будет неточно передавать данные несколько раз по микросекунде в течение года, с этим вполне можно мириться. Следует помнить, что если устройства не имеют встроенных цепей грозозащиты, то такие перепады при ударе молнии могут превысить не только порог стабильной работы, но и порог повреждения микросхем (который тоже составляет единицы киловольт), а это уже полный выход из строя.

## Обозначения клемм

Вернемся к небольшим расстояниям. Несколько устройств даже на одном столе могут не работать, потому что вы перепутали провода. В стандарте описано два сигнальных провода, которые обозначаются А и В. Клеммы А всех устройств надо соединить между собой одним проводом, а клеммы В – другим между собой. То есть А – к А, а все В – к В.

Просто и понятно. Проблемы возникают, например, в 4-проводной версии. Иногда обозначения как у меня на картинке – А, В, Y, Z. Думаете, надо соединить все А, другим проводом все В, третьим – все Z и т.д.? Не факт. У меня на картинке приведен реальный пример от одного реального производителя. Надо четко понимать, который прибор в системе является «мастером», а который – «слэйв». Вопрос, надо сказать, не очень тривиальный, поскольку в некоторых системах один и тот же прибор может в зависимости от конфигурации системы быть «мастером», а может быть и одним из «слэйвов». Могу посоветовать лишь внимательно читать документацию. Кстати, даже в пределах одной системы изделия, разработанные в разное время (или даже разными разработчиками) могут иметь разные обозначения на клеммах. Так, тот же производитель, у которого взята картинка про 4-проводный вариант, сейчас в документации использует термины RxА, RxВ (приемник А и В) и TxА, TxВ (передатчик А и В), как и в тексте. Вы ведь поняли, что там имелось в виду? В любом случае, такие сильно нестандартные варианты, как 4-проводный RS485 в любом случае надо подключать внимательно глядя на документацию производителя.

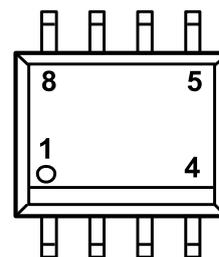
Хуже другое, даже в обычном (2-проводном, то есть работающем по трем проводам) варианте некоторые производители (особенно популярные в нашей стране китайские производители) предпочитают ставить на клеммах обозначения «+» и «-», а не стандартные «А» и «В». А использовать устройства разных производителей иногда приходится. Например, вам нужно подключить сеть приборов к компьютеру. Плату с

*В системе Рубикон клеммы всегда обозначаются А и В, согласно стандарту.*

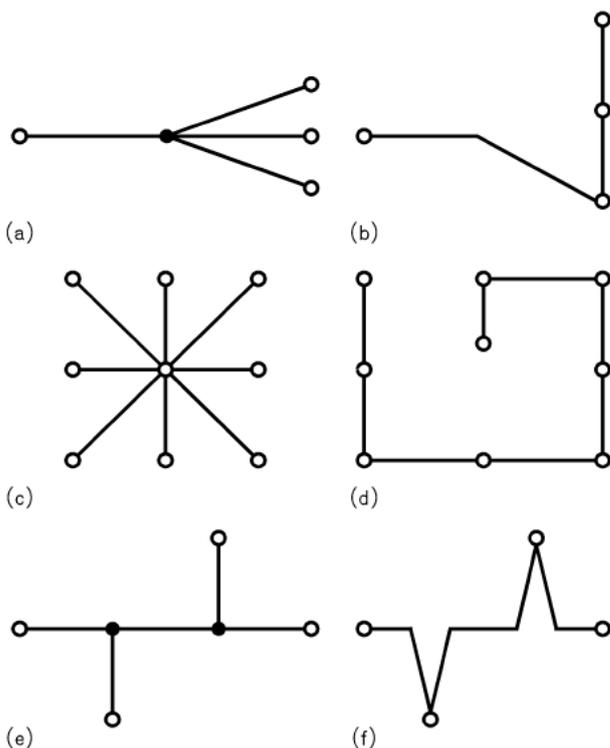
портом RS485 в компьютер вы купили, конечно, у стороннего производителя, ибо ни один разработчик охранных систем не станет выпускать платы под все возможные виды компьютеров. И вот уже вы обнаруживаете, что маркировка на приборах одна, а на этой плате – совсем другая.

В большинстве случаев «-» означает «А», ну а «+» означает, соответственно, «В». Но не стоит на это сильно рассчитывать. Обратите внимание – на моих картинках про 2-х и 4-проводный интерфейс обозначения микросхем приемо-передатчиков взяты у производителей микросхем. Они всегда рисуют кружочки (которые по определению обозначают «инвертирующий» вход или выход) на линии В. Причина, почему в стандарте линия «А» в тексте называется инверсной, а микросхемщики считают линию «В» инвертирующей – в глубине веков и связана с тем, что связисты считают нормальным состоянием линии – наличие напряжения (как и охранники, чтобы легко обнаружить обрыв). А производители микросхем, как правило, считают нормальным состоянием «отсутствие напряжения», чтобы не расходовать электричество без необходимости.

Полезных советов в этом случае нет. Обозначения А и В – стандартные и должны одинаково пониматься всеми. Если же на устройстве нарисованы «+» и «-», постарайтесь выяснить у производителя, как они соотносятся со стандартными А и В. В крайнем случае может помочь реверс-инжиниринг. Внимательно рассмотрев плату, очень часто можно увидеть, что эти линии идут (прямо или через защитные элементы) на восьмиугольную микросхему с обозначением типа ADM485 или MAX485. Обозначения могут быть и совершенно другие, это первые специализированные микросхемы все называли именно «фирменные буквы 485», сейчас производители микросхем постоянно улучшают их характеристики и каждый год выпускают все новые и новые версии, и конечно называют новые версии иначе. Распространены варианты xxx487, xxx3487, и тому подобные. Тем не менее, если у микросхемы 8 ног, в большинстве случаев производители используют одну и ту же цоколевку, нога 6 = «А», а нога 7 = «В». Ноги отсчитывать против часовой стрелки от угла, обозначенного точкой или иным маркером. Как мнемоническое правило достаточно помнить, что выводы идут в алфавитном порядке – сначала «А», а потом «В».



### Топология кабеля.



Формально, RS485 требует топологии типа «шина», то есть должен быть по возможности цельный длинный кусок кабеля и прямо на нем висят устройства.

На картинке представлены различные варианты топологии сети. Теоретически допустимы только (b),(d),(f). На практике это не очень удобно, намного удобнее вариант (e) – от кабеля в клеммной коробке сделать ответвление и подвести это ответвление к устройству. А возле следующего устройства сделать новое ответвление, и так далее. Во-первых, не следует думать, что полное отсутствие ответвлений» (в англоязычной литературе такие ответвления называют “stub”) безусловно решает все проблемы. В

любом случае микросхема-драйвер не расположена непосредственно на клеммах (так что ответвление в несколько сантиметров гарантировано). Кроме того, излом кабеля, подошедшего и отошедшего от прибора сам по себе (если кабель не экранированный) ведет себя подобно ответвлению. Наконец, любой подключенный прибор уже является нарушением идеальности кабельной линии – входное сопротивление приемника не бесконечно, а потому тоже нет смысла полностью устранять малейшие ответвления, нарушающие идеальную картину непрерывной кабельной линии.

Каковы же реальные (на основе физических законов) ограничения на ответвления? Наиболее распространена рекомендация делать ответвления длиной не более четверти времени нарастания фронта сигнала на линии. В таком случае невозможны нарушения сигнала более чем на четверть амплитуды, а с учетом неизбежного затухания всего отражении – ими точно можно пренебречь в цифровой системе (кстати, в системах, передающих аналоговый сигнал – например, НЧ видеосигнал по коаксиальному кабелю – такие искажения были бы недопустимы, там возможны ответвления не более нескольких процентов от времени фронта самого быстрого сигнала). Не удивляйтесь, что длина кабеля сравнивается со временем – физики всегда не задумываясь пересчитывают время в расстояние через скорость света (точнее, через скорость распространения изучаемого сигнала, а электрические сигналы в проводах распространяются почти со скоростью света).

Итак, для стандартного RS485, типичное время нарастания фронта составляет менее 10 наносекунд, а потому допустимое ответвление получается примерно 1 метр. Совсем немного. Однако, вспомним, что самой распространенной скоростью данных в охранных системах является 9600 бит в секунду. В лучшем случае 19200 бит в секунду. Зачем для этого передатчики, способные передавать наносекундные импульсы? Конечно, это лишние траты энергии и создание себе лишних проблем. Широко выпускаются микросхемы-передатчики, у которых сознательно значительно снижена скорость нарастания. Они не могут передавать, как положено по стандарту, 15 Мбит в секунду, но ведь нам это и не нужно. Типичная микросхема со специально ограниченной скоростью нарастания фронта обеспечивает надежную передачу сигналов до 250 кБит в секунду. Это тоже слишком много, но меньше практически не делают. У таких микросхем (практически все производители неторопливой охранной техники предпочитают именно их) время нарастания фронта составляет не менее 200 наносекунд, а, соответственно, допустимая длина ответвления – около 20 метров. Как правило, производители не пишут об этом в документации. Потому что вдруг иногда в спешке не ту микросхему поставят, да и вообще производители предпочитают иметь максимальный запас против возможных ошибок монтажа – но вы можете иметь в виду, что на самом деле в большинстве случаев ответвления до 10 метров вполне допустимы. Если надо, запросите производителя, он подтвердит. Или, если производитель не отвечает, опять применим реверс-инжиниринг: посмотрите какие применены микросхемы, их параметры (datasheet) легко найти в Интернете, вас интересует параметр «Driver Rise/Fall Time» (как вы понимаете, все микросхемы импортные, и даташиты к микросхемам на импортном языке).

Кроме того, помните, что в реальной жизни вообще проблемы согласования кабельной сети не столь важны. Отражения и дребезг, вызванные слишком большими ответвлениями, затухнут еще пока будут идти по этим ответвлениям, и уж точно не помешают передаче сигнала. Наиболее вероятная рукотворная проблема, которая может помешать сигналу, это если монтажник на конце каждого такого ответвления поставит по согласующему резистору. Во всей кабельной сети должно быть не более двух резисторов. Что же делать, если ваша сеть похожа не на прямой отрезок, а на каракатицу

*В системе Рубикон применяются приемопередатчики с ограничением скорости нарастания сигнала, что позволяет использовать ответвления до 10 метров. Суммарная длина всех ответвлений не должна превышать 50 метров.*

или развесистое дерево (варианты (а) и (с) на картинке выше вполне могут образоваться, особенно в результате нескольких этапов улучшения и расширения системы). Выберите сами, какие два конца каких ветвей назначить «настоящими концами» (лучше самые длинные, и на которых много равномерно распределенных устройств) и там поставьте согласующие резисторы. А можете вообще их не ставить (если будут проблемы – тогда и попробуете подключить).

### **Сколько устройств на линии**

Теперь обговорим, сколько устройств может быть на одной сети RS485. Согласно стандарту – 32. Это обусловлено заложенными в стандарт требованиями на нагрузочную способность передатчика и на входное сопротивление приемника. Как вы уже догадались, большинство современных микросхем намного лучше, чем требовались в стандарте. Заглядываем в даташит – типичные значения допустимых количеств микросхем на линии 128 или 256. Однако в данном случае не все определяется микросхемой. Помните, RS485 по сути определяет лишь уровни напряжений на линии. Производители конкретного оборудования сами придумывают логический протокол общения. Без четко определенных правил общения нельзя, ведь RS485 – протокол двунаправленный, все устройства могут и принимать и передавать информацию по одной и той же паре проводов, а потому должны быть строгие правила – когда кто передает, и пока один передает, все остальные обязательно слушают. Самое распространенное решение – система мастер-слэйв (по-русски ее раньше называли ведущий-ведомый). Суть системы в том, что один прибор – мастер – решает кто и когда будет передавать. Изначально все слэйвы (пассивные, ведомые) слушают, и если мастер обратился к ним, то отвечают, а пока мастер к ним не обратится – сидят и не высовываются. У разных производителей бывают разные форматы команд. У одного производителя, например, адрес слэйва состоит из 24 бит, то есть в одной сети может быть формально до 16 миллионов устройств. Тут ограничение приходит от стандарта RS485 или от возможностей микросхемы – в любом случае можно включить не более 256 устройств. Однако у другого известного производителя протокол намного экономичнее, типовой пакет занимает всего 1 байт, то есть 8 бит, из них 2 бита служебные и 6 бит задают адрес слэйва. Тут уж независимо от примененных микросхем можно задействовать не более 64 устройств.

Есть и еще более сложная проблема. Если применена опросная система (мастер по очереди опрашивает слэйвов), то время полного опроса всей системы пропорционально количеству устройств. Например, если при опросе осуществляется передача десятка байт туда и обратно, на скорости 9600 это займет 20 миллисекунд. Немного? а теперь умножьте на 256 – получите 5 секунд. Для пожарной системы это еще может быть приемлемо, а для системы контроля доступа тяжело найти клиента, готового ждать 5 секунд после поднесения карты. Многие мои знакомые за это время выломают дверь да еще и настучат по голове тому, кто такую систему установил. Теперь понимаете, зачем был придуман упомянутый протокол, в котором минимальный пакет содержит всего один байт? Увы, сколько именно времени занимает опрос всей системы – даже производитель представляет довольно смутно, ибо все зависит от ситуации. Иногда передаются длинные пакеты, иногда короткие. Иногда устройства отвечают мгновенно, иногда могут задуматься и ответить с изрядной задержкой. Чем более сложная и многофункциональная система, тем более вероятно, что после 30-ти устройств могут начаться изрядные задержки. А потому не стоит слепо верить рекламным утверждениям

*В системе Рубикон количество устройств на линии RS485 ограничивается возможностями (объемом памяти) ППК. Ограничений по адресации нет (осуществляется по 24-битному серийному номеру). Время опроса можно оценить исходя из среднего времени 20 мс на каждое устройство.*

про 256 устройств на линии. Поставить-то 256 устройств можно, и работать система будет, но вот понравится ли вам, как она работает? Очень может быть, что все будет далеко не так прекрасно, как было на демонстрационном стенде с 2-мя или 3-мя устройствами.

## Усилители и повторители

Ну и, наконец, последний номер нашей программы. Усилители, разветвители и преобразователи сигнала. Начнем с самого распространенного варианта – преобразователя RS232 в RS485. Суть проблемы в том, что, как упомянуто выше, в каждой системе приняты свои способы как решать, кто сейчас должен передавать данные по RS485 и в каком направлении. Конвертор RS232/485, выпущенный уважаемой фирмой из континентального Китая, конечно, не знает, как устроен высокоуровневый протокол общения в вашей RS485 системе. RS232, к сожалению, изначально предназначен для передачи данных в разные стороны по разным проводам, а потому ваш компьютер, к которому вы подключили конвертор ВСЕГДА что-то передает по RS232. Конечно, чаще всего он передает «тишину», но конвертор не настолько умен,

*В системе Рубикон применены ряд мер для обеспечения совместимости с различными вспомогательными устройствами других производителей. Однако лучше применять конверторы USB/485 и Ethernet/485, проверенные производителем.*

чтобы отличить «тишину» от длинной последовательности единиц. В большинстве случаев конвертор устроен просто – пока данные, передаваемые со стороны компьютера, меняются – он транслирует их на канал RS485. Как только компьютер задумался – конвертор отключает свой передатчик и слушает, что передают другие. Легко представить, что когда компьютер под управлением Windows вдруг замирает и она начинает заниматься своими делами, то такие паузы могут очень нежелательно испортить дело.

Абсолютно аналогично обстоит дело и с передатчиками RS485 по радиоканалу или по оптоволокну. Не существует гарантированного алгоритма, по которому конвертор RS485 в другой протокол сможет догадаться, когда в какую сторону он должен передавать данные. Автор в свое время участвовал в производстве конверторов RS485 в оптоволокну. За несколько лет по требованиям разных клиентов для разных систем мы встроили в устройство 6 (шесть!) разных алгоритмов. Не от хорошей жизни, каждый новый алгоритм оказывался единственным пригодным в очередной системе.

То же самое относится и к «мостам» или «репитерам». Подобные устройства могут работать лишь в очень ограниченном числе случаев, и только если «репитеры» произведены тем же производителем, что и остальные RS485 устройства в системе. Тогда эти «репитеры» будут точно «знать», когда переключаться с приема на передачу и смогут работать, хотя бы в некоторых условиях.

Конверторы USB-RS485, а также конверторы Ethernet-RS485 работают значительно более надежно, поскольку USB и Ethernet – это очень грамотно стандартизованные протоколы, они содержат в себе всю необходимую информацию – когда и какая информация в какую сторону передается. Единственная проблема – Ethernet может добавлять непредсказуемую задержку при передаче данных, а многие протоколы, работающие по RS485 и не знающие о наличии промежуточных конверторов при передаче сигнала, воспримут задержку как потерю связи. В локальной сети при небольшой ее нагрузке, вероятно, все работать будет, а если вы примените такие конверторы для передачи через Интернет – скорее всего, ничего не получится.



## О заземлении.

Мало есть общетехнических распространенных вопросов, которые вызывают столь много противоречивых рекомендаций, как вопрос о «правильном» заземлении.

Причем все эти рекомендации верны. В некотором смысле и для некоторых случаев.

К сожалению, для успешного запуска большой системы невозможно дать 100% надежные рекомендации. К счастью, впрочем, основные идеи достаточно просты, для их понимания достаточно закона Ома и самого первого закона Кирхгофа.

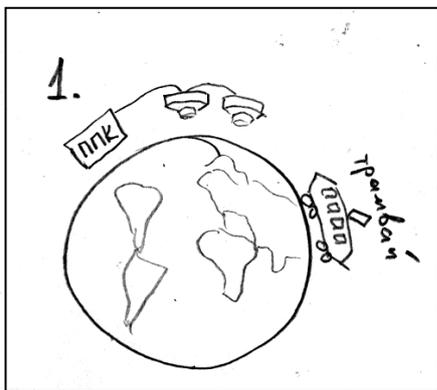
Примечание: для тех, кто забыл чему нас учит великий Кирхгоф, напоминаю – это один из частных случаев великого закона сохранения всего (в формулировке Ломоносова – «если откуда-то чего-то убавится, то куда-то чего-то прибавится»). В данном случае закон гласит, что все токи, втекающие в любую точку электрической цепи должны оттуда куда-то вытечь. Суммарный ток обязан быть равным нулю.

## Планета Земля.

Земля (грунт, почва) – это проводник. Довольно плохой (по удельному сопротивлению даже мокрая земля сильно отстает от любого металла). Зато очень большой, так что он есть везде в мире. Размеры также компенсируют плохую проводимость. Сопротивление Земли между двумя вбитыми ломиками может оказаться меньше, нежели сопротивление хорошего медного провода небольшого сечения, протянутого между ними же.

Тот факт, что Земля большая и есть везде, не позволяет ее игнорировать. Арматура в стенах здания, водопроводные трубы, рельсы, металлические конструкции – как правило, имеют непосредственный контакт с землей, то есть «заземлены». Более того – бетонный пол (особенно если бетон еще сырой, первые месяцы после строительства) – по сути также является частью Земли (Земля с большой буквы = планета Земля), хотя бетон, конечно, не земля (земля с маленькой буквы = почва).

Таким образом, оказывается, что вблизи вашей системы присутствует огромный проводник (Земля – я в дальнейшем буду писать именно с большой буквы, чтобы подчеркнуть связь заземления со всей планетой), который местами расположен очень близко к проводникам вашей системы, и, кроме того, этот же огромный проводник расположен близко к другим электрическим системам, среди которых трамваи, фрезерные станки, атомные электростанции и т.д. (то есть сторонние системы, токи и напряжения в которых на много порядков превосходят токи и напряжения в вашей системе). (Рис.1)



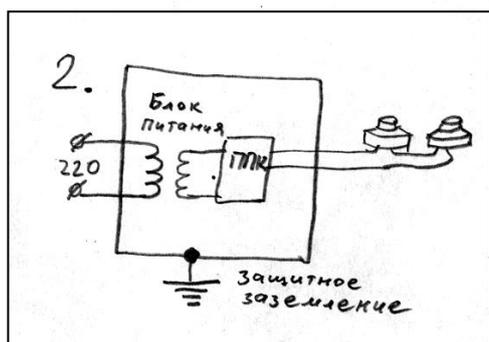
В порядке иллюстрации – трамвай (или электричка) имеет один провод над рельсами. Второй (обратный) провод – это рельсы, лежащие на земле. То есть обратный ток (закон Кирхгофа – ток обязан утек обратно в электростанцию) течет фактически по Земле. Напряжение – полкиловольта, ток – полкилоампера от каждого трамвая. Обычные потребители не лучше, любая линия электропередачи обычно содержит 3 провода для 3-х фаз. Если потребление энергии по трем фазам не одинаково, разностный ток течет куда? Правильно, по Земле

обратно к электростанции. Это сотни киловольт и сотни килоампер. Да, принимаются всяческие меры для выравнивания нагрузки на разные фазы, на самом деле обычно есть обратный провод «ноль» (или рельсы), но реально этот провод обязательно заземляется везде где только можно (вторичное заземление), так что ток течет частично по нему, а частично (закон Ома – ток потечет обратно пропорционально сопротивлению, то есть больше или меньше, но часть тока обязательно потечет по Земле). А заодно и по

проводам вашей системы, если она соединена с землей в нескольких местах (именно такое соединение называется «земляная петля»).

## Изоляция

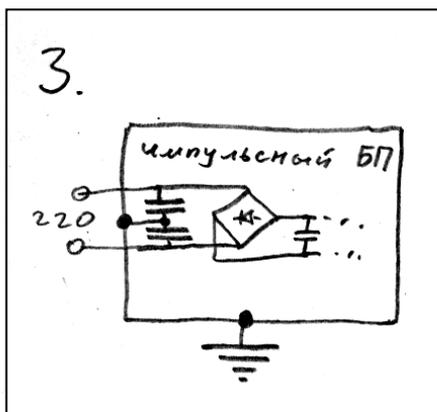
Что же делать несчастному монтажнику системы охранной сигнализации, в которой один миллиампер – уже существенный ток, а один вольт отделяет состояние НОРМА от состояния ПОЖАР? Первая рекомендация – как можно лучше изолироваться от этой ужасной непредсказуемой вездесущей и грубо использованной энергетиками Земли. Для не очень большой системы этой рекомендации достаточно. Обратите внимание, рекомендация изолировать сигнальные цепи вашей системы от Земли никак не противоречит требованию ПУЭ заземлять все металлические части оборудования, до которых может дотронуться человек. (Рис.2)



Такое заземление нередко требуется не только для защиты от «случайного пробоя», но и просто из-за схемотехники блока питания. Многие современные блоки питания содержат специальные цепи, уменьшающие помехи, производимые самим блоком питания. Эти цепи отводят создаваемые помехи «на землю», точнее – на корпус прибора. В результате на

этом корпусе, если его не заземлить, образуется изрядное импульсное напряжение, создающее дополнительные помехи для вашего оборудования. Люди постарше до сих пор вспоминают первый советский персональный компьютер – ДВК2 – который без заземления был просто опасен для жизни (упрощенная схема защиты с неоправданно большими конденсаторами создавала на корпусе весьма мощное напряжение 110 В – половину питания). (Рис.3)

*В системе Рубикон большинство изделий имеет пластиковые корпуса и потому не нуждаются в заземлении. Блоки питания и готовые сборки «контроллер с блоком питания» имеют на корпусе специальный болт для подключения заземления. Электронные схемы полностью изолированы от металлических корпусов.*



Ок, металлические корпуса заземлили, всю остальную схему изолировали от корпусов и от земли. Достаточно? В идеальной вселенной (для сферического коня в вакууме) этой рекомендации достаточно. На практике, особенно в больших системах, все несколько хуже.

## Статическое электричество

Во-первых, электричество образуется буквально из воздуха. Статический заряд может возникнуть на любом предмете от трения об поток воздуха.

На хорошо изолированном от Земли предмете (например, на вашем приемно-контрольном приборе) постепенно накапливается заряд, до тех пор, пока напряжение между цепями прибора и Землей не превысит пороговое напряжение пробоя изоляции. Хорошо, если пробьет по воздуху промежуток на корпус. Хуже, если пробьет изоляцию в трансформаторе блока питания (и в результате после нарушения изоляции ваша система окажется под напряжением питающей сети). Впрочем, даже в лучшем случае, весь накопленный заряд со всей системы быстро (наносекунды) протечет по цепям

вашей системы в точку пробоя и убежит в Землю. При этом он пробежит через весьма чувствительные транзисторы-резисторы и прочие микросхемы. Все помнят, как порой больно щелкает электричество при касании заземленного предмета после ходьбы в синтетической одежде? Электрическая емкость вашего тела порядка 100 пикофарад (поскольку размер порядка 100 сантиметров). Размер вашей системы может составить километры, так что емкость также на порядки больше.

Да, любая современная электроника, конечно, защищена от повреждения при возможных разрядах статического электричества при прикосновении человека. Однако не факт, что при разряде самой системы ток потечет именно там, где предполагал разработчик. Кроме того, обычные испытания предполагают именно разряд эквивалента человеческого тела – а, как уже указано, емкость большой системы может быть на несколько порядков больше, чем емкость человека.

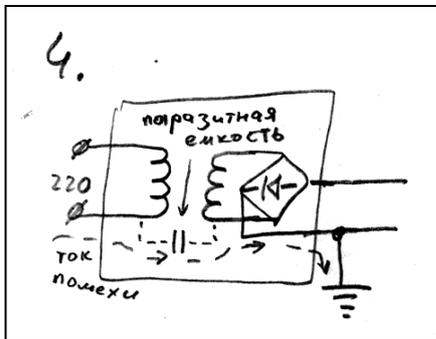
Итак, следующая широко известная рекомендация – соединить общий провод вашей системы с землей в одной точке. Желательно вблизи основного центрального контроллера. Порой это просто неизбежно, если центральный контроллер подключен к компьютеру. Большинство компьютеров имеют железный корпус, соединенный с общим проводом схемы. Железный корпус обязательно заземлять (как минимум он заземлен через третий контакт современных «евро» вилок и «евро» розеток). RS232 и большинство адаптеров RS485 не имеют гальванической развязки, поэтому ваша система окажется жестко заземленной в этом месте. Раз уж это все равно произошло, лучше сознательно самостоятельно заземлить общий провод в точке подключения к компьютеру, нежели зависеть от ненадежного контакта через кабель RS232 и кабель питания компьютера в розетку. Желательно сделать это до подключения к компьютеру, причем качественно соединить с Землей также и корпус компьютера, чтобы случайно присутствующие на системе или на корпусе компьютера напряжения не привели к выгоранию и того и другого.

Хорошо, от обратных токов трамваев изолировались, статическое электричество победили, теперь все? Конечно, нет. Все еще только начинается.

Теперь на передний план выходят утечки.

### **Паразитные емкости и утечки**

Рассмотрим проникновение через блок питания в сигнальные цепи питающей частоты 50 Гц, а также всех помех, всего мусора, который есть в питающей цепи (например, бросков при пуске мотора лифта, при работе электросварки, или, чаще но меньше по величине – броски тока, связанные с тем, что вся современная аппаратура имеет на входе выпрямитель, пропускающий ток только на вершинах синусоиды напряжения

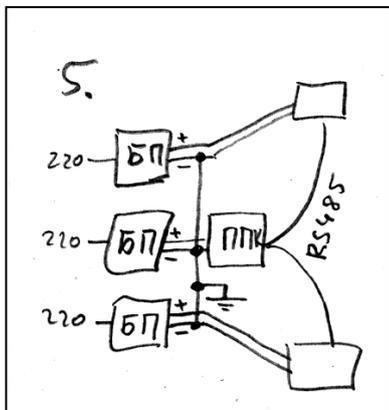


питания). В результате общий провод системы с одним блоком питания, если его полностью отключить от земли оказывается примерно под напряжением 110 Вольт. Конечно, связь вторичных цепей питания с первичными очень слабая – в основном это паразитные емкости трансформаторов в блоке питания. Так что если соединить общий провод системы с Землей, ток потечет небольшой (не более миллиампера), однако и такой ток, если протечет по измерительным цепям шлейфов или извещателей может изрядно исказить результаты измерений. Лучше всего его замкнуть на

Землю как можно ближе к источнику питания. (Рис.4).

Увы, это возможно, только если в системе один блок питания. Если же в распределенной системе множество контроллеров питаются от своих блоков питания, победить эти утечки почти невозможно. Заземление общего провода большой системы в

одной точке приведет лишь к ухудшению ситуации – все помехи, проникшие в систему через блоки питания потекут по общему проводу в точку заземления, по дороге создавая перепады напряжения и влияя на работу всех схем. Так что, если возможно, следует питать все контроллеры от одного блока питания (или нескольких компактно расположенных), с тем, чтобы схема системы выглядела как звезда, заземленная в центральной точке. (Рис.5)



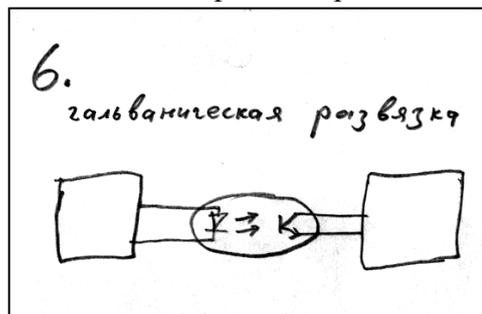
Впрочем, и это решение может приводить не к улучшению а к ухудшению защищенности от помех, если ток потребления каждого контроллера очень непостоянный, в результате этот ток питания контроллера, протекающий по общему проводу, сам будет источником помех. Падение напряжения на общем проводе, вызванное таким током, будет добавляться к напряжению полезного сигнала. Впрочем, это не существенно, если между контроллерами дифференциальная линия связи типа RS485, главное, чтобы такое напряжение помехи (пульсации тока

потребления удаленного контроллера умножить на сопротивление провода) не превышало нескольких вольт. Если же неизбежно разносить блоки питания территориально, то желательно использовать гальваническую развязку между сегментами, питаемыми от разных блоков питания или очень осторожно проводить подключение системы (см. ниже).

Итак, в небольшой системе с центральным расположением блока питания предпочтительно заземлить общий провод системы в одной точке, вблизи блока питания. Но и это утверждение не абсолютно верное. Если система весьма разветвленная, территориально большая (даже если это всего лишь один ППК, к которому подключено 20 неадресных шлейфов, каждый из которых длиной километр), мы имеем проблему утечек на Землю.

### Заземление в нескольких точках

Например, поврежденная изоляция кабеля на металлической раме двери – и вуаля! – кабель соединен с землей. Или кабель попал под шуруп крепления, или изоляция перебита металлическим хомутом. Результат один и тот же – посторонние токи, текущие по Земле попали в вашу систему. Если только в одной точке система получилась нечаянно соединена с землей – это не страшно. Ток не может втечь здесь в систему если он не сможет вытечь в другом месте. Но если в одной точке вы соединили ее с Землей своими руками, а в другой нечаянно «оно само» соединилось, результат не замедлит объявиться, последствия могут быть катастрофическими. Наиболее вероятно, что утечка на землю образуется при монтаже. Поэтому особенно важно осторожно производить подключения при первом включении большой системы. Конечно, самый эффективный способ защиты от проблем – изначально запроектировать гальваническую изоляцию отдельных частей системы. (Рис.6) Если части системы не соединены общим проводом, между ними не может течь ток, и даже если обе эти части имеют существенные утечки на землю, ничего страшного не произойдет.



Увы, это не всегда возможно. Наиболее распространенными цепями связи между устройствами в охранно-пожарных системах являются RS485, адресные и неадресные шлейфы, коаксиальный НЧ видеосигнал и, иногда, в последнее время, Ethernet. Последний вариант – Ethernet – изолирован по определению. С остальными сложнее. Видеосигнал можно изолировать специальными трансформаторами (увы, качественные трансформаторы стоят дороже видеокамер). RS485 иногда можно изолировать при помощи специальных блоков развязки, но поскольку стандарт RS485 не предусматривал такую возможность, далеко не во всех системах это возможно. Причем, изолятор, успешно применяемый в одной системе, может быть неприменим в другой и наоборот. Все зависит от используемых в системах протоколов более высокого уровня. Еще хуже дело обстоит с адресными и неадресными шлейфами. Поскольку по ним нередко передается не только сигнал, но заодно и питание для извещателей, ни о какой изоляции говорить не приходится. Теоретически это возможно, но на практике – увы.

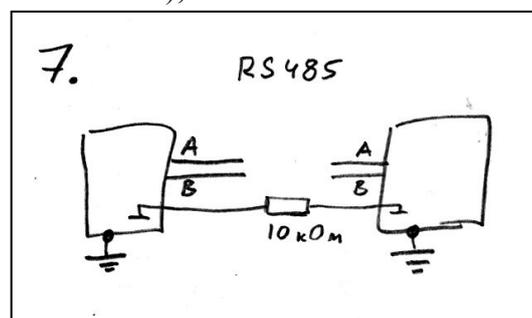
*В системе Рубикон для изоляции интерфейса RS485 применяется устройство БПЛ-03.. В частности, это устройство входит в состав ППК-Т.*

*Кроме того, начиная с 8 версии устройства с адресным шлейфом (ППК-м, ППК-е и КА2) имеют встроенный изолятор RS485. Таким образом, развесистая сеть адресного шлейфа изолируется от остальной системы.*

### Проверка наличия утечек

Но даже в случаях, когда технически возможно осуществить изоляцию (RS485), это может быть неприемлемо экономически. Что же делать? Главное – осторожно и аккуратно проводить первый пуск. А именно, для каждого соединения между контроллерами с независимыми блоками питания (подчеркну – с независимыми блоками питания, иначе по общему проводу будет течь ток питания контроллеров, и это нормально, эту ситуацию мы рассматривали выше) последовательно проводим следующую процедуру:

- если возможно, еще до подключения устройств, проводим измерения сопротивления проводов всех кабельных линий, а также сопротивления изоляции всех проводов относительно друг друга и относительно Земли;
- подключаем питание первого контроллера, и затем подключаем общий провод первого контроллера к земле через резистор примерно 10 кОм. Если на нем не образуется никакого существенного падения напряжения (осторожно, при наличии ошибок монтажа там может быть 220 В), можно его закоротить – это и будет точка центрального заземления;
- подключаем к следующему контроллеру питание (линию RS485 между ними и по возможности линии к периферийным устройствам отключаем);
- затем соединяем контроллеры общим проводом через резистор примерно 10 кОм. (Рис.7) Осторожно! Пока они не соединены, перепад напряжения в случае наличия утечек может составить опасную не только для электроники, но и для жизни величину!
- измеряем напряжение на этом резисторе (и переменное и постоянное). Если оно не превышает несколько милливольт, все хорошо, паразитные токи утечки не представляют опасности. Иначе начинаем искать – где утечка, постепенно отключая все, что к ним подключено.
- если необходимо сначала запрограммировать контроллер, соединяем информационные линии RS485, программируем его, затем снова отключаем RS485;



- начинаем постепенно подключать всю периферию к контроллерам, продолжая контролировать напряжение на резисторе в цепи общего провода. В таком случае минимальна вероятность того, что в какой-то момент сразу большой ток утечки попадет на чувствительную электронику;

- после завершения подключения всей периферии, если все нормально, окончательно соединяем линии RS485 и убираем резистор, соединяя общий провод двух контроллеров накоротко.

Таким образом, постепенно подключаем весь сегмент, состоящий из контроллеров, соединенных между собой без гальванических развязок. Линии связи с гальванической развязкой можно подключать сразу, убедившись предварительно, что сопротивление изоляции «изолятора» действительно велико.

Кстати, такая процедура позволяет обнаружить не только наличие ненужного контакта (на землю), но и другие неисправности – например обрыв проводов питания одного из устройств нередко приводит к тому, что его ток питания начинает течь через какие-то защитные диоды, через провод, соединяющий контроллер с другим контроллером, и там через другой блок питания и через землю. В идеале, по третьему проводу линии RS485 не должен течь никакой ток. Она предназначена именно для микротоков утечки, которые всегда присутствуют даже на новом неповрежденном кабеле, новом незагрязненном устройстве. Если вдруг по этому проводу начинает течь заметный ток – это тревожный признак. В нормальной ситуации третий (общий) провод RS485 имеет малое сопротивление и способен выровнять потенциалы двух устройств, однако если ток будет достаточно велик, RS485 будет работать неустойчиво. В таком случае, при подозрении на проблемы кабельной сети, следует повторить процедуру с подключением в третий провод резистора, на котором сразу будет виден любой ток, превышающий неизбежные и безопасные единицы микроампер.

### ***Если утечки возникнут***

Итак, вы осуществили пуск системы, убедились, что утечек не осталось, их все ликвидировали. Увы, никакой гарантии, что завтра уборщица не разольет ведро воды на кабель с незначительно поврежденной изоляцией, ранее вовсе не мешавший работе системы. Есть два подхода к решению проблемы. Первый – если заземление общего провода системы сделано в одной точке и надежно, то проникновение в этот общий провод помех возле удаленного контроллера может нарушить работу только этого самого контроллера. Остальные будут работать. Да и этот, скорее всего, будет работать. Иногда нестабильно, ненадежно, но будет. Второй подход – оставить подключение к земле не напрямую, а через 10 кОм (желающие могут сами придумать аргументы, почему лучше 100 Ом, или 1 МОм. На мой взгляд, почти все равно. Для утекания статических зарядов достаточно и 1 МОм. Я рекомендую 10 кОм, если уж вы решились на такой вариант заземления). Такая система, при появлении утечки (помехи) в удаленной точке системы не образует земляную петлю, поскольку основное заземление сделано через резистор, то есть достаточно «плохое» заземление, помеха не уйдет там в Землю. Общий провод окажется под некоторым напряжением помехи относительно Земли, этот ток помехи будет утекать везде, где сможет, через емкостные связи общего провода с Землей, помаленьку, по всей системе. Если ток помехи небольшой, да еще и рассредоточится по всей системе, скорее всего, он не приведет ни к каким отрицательным результатам. Обнаружить неисправность можно будет только при регламентных работах, на системе с отключенным питанием, отключив резистор заземления и проверив сопротивление изоляции «на Землю». Весьма вероятно, что к моменту проведения регламентных работ разлитое уборщицей ведро высохнет и ничего не будет замечено. Однако, если случайно возникшая утечка будет достаточно велика, чтобы повлиять на работу системы, она скажется на работе всей системы. Все контроллеры во всей системе начнут сбоить. Принимать решение вам, все системы

разные, вам виднее, что для вас более приемлемо. Главное вы запомнили – при возникновении проблем можно попробовать отключить заземление, или заземлить через резистор, или, наоборот, замкнутить резистор. В зависимости от места возникновения утечки и ее характеристик, возможно, что ситуация изменится и вы сможете найти проблему.

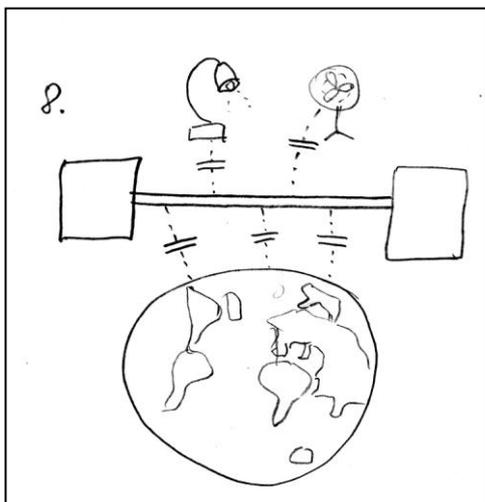
Кстати, есть еще один аргумент для того, чтобы оставить резистор в цепи заземления. Если неосторожный монтажник (или даже в процессе эксплуатации) уронит на общий провод кабель 220 В (или перепутает полярность блока питания), то при надежном заземлении, скорее всего, выгорит провод в системе (не рассчитанный на десятки ампер), а то и дорожки на платах приборов. Если же заземление «условное» (через резистор), то выгорит максимум этот резистор.

Итак, заземление через резистор обеспечивает меньшую чувствительность системы к небольшим помехам (за счет утечки в блоке питания или на Землю), а также большую устойчивость к ошибкам при подаче питания. Однако при больших помехах такой вариант может привести к более широкому распространению проблем. Хороший (но почти не поддерживаемый отечественными производителями) вариант – использование блока питания с контролем утечек на Землю. Такой блок питания содержит специальную цепь заземления, достаточно низкоомную, чтобы помехи не создавали на ней существенного падения напряжения. Однако эта цепь содержит также автоматический предохранитель, отключающий заземление при протекании большого тока (ошибка монтажа или повреждение блока питания). Кроме того, схема контроля автоматически индицирует наличие сверхпроектного тока в цепи заземления. Кстати, вы тоже можете вместо резистора подключить самовосстанавливающийся предохранитель.

### **Шлейфы сигнализации**

Как подключать адресные или неадресные шлейфы с извещателями. Эта ситуация чуть легче, чем с RS485, поскольку шлейфы обычно имеют всего два провода. Достаточно до подключения их к контроллеру измерить сопротивление изоляции шлейфа от Земли и от общего провода (минус питания) контроллера. Но именно до подключения. После подключения к контроллеру он начинает подавать на оба провода шлейфа некие сигналы (особенно, если шлейф адресный), и что-то измерять уже бессмысленно. Остается надеяться на самодиагностику контроллера – даже на неадресных шлейфах контроллер обычно способен обнаружить замыкание на землю или появление стороннего потенциала.

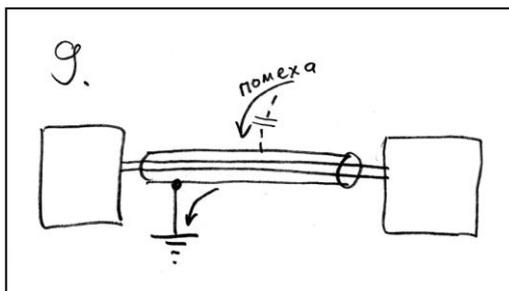
Ну вот, все подключили, опасных токов нет, все пустили. Достаточно? Увы, наконец, на передний план выходят помехи, наводки и емкостная/индуктивная связь.



Два длинных кабеля, проложенных рядом, имеют немалую емкость и взаимную индуктивность. Импульсные токи и напряжения в одном проникают в другой и накладываются на полезные сигналы в нем. (Рис.8) Самый распространенный источник проблем в последние годы – линии питания люминесцентных светильников с высокочастотным поджигом (бездрессельные). Такие светильники нередко создают очень мощные помехи.

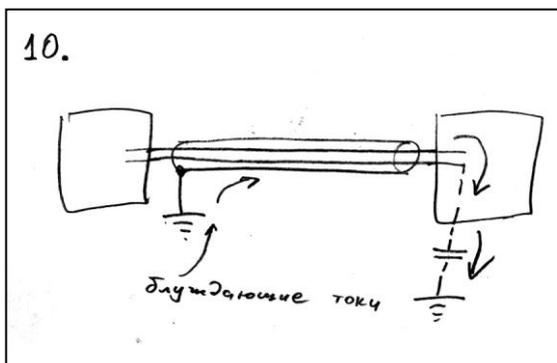
Какое отношение к помехам имеет земля?  
Проникновение помех в одной точке не слишком

опасно. Согласно закону Кирхгофа, ток помех должен не только войти в систему, но и где-то из нее выйти. Скорее всего, это означает, что он где-то должен уйти в Землю (и по Земле наконец вернуться обратно к своему источнику). И вот это уже в нашей власти – указать, где ток помехи уйдет в землю. Одно из средств защиты от наведенных помех – экранирование. Если на двухпроводной линии снаружи есть экран, то наводка осуществится именно на экран, и если мы его заземлим, то и проблемы нет – весь ток помехи по экрану уйдет в Землю, и не скажется на наших сигнальных цепях. Только не забывайте, что если вы нечаянно соедините экран с Землей в двух точках – по нему побежит часть обратного тока трамваев и электростанций, тем самым он сам (даже если не испарится от таких токов) станет источником наводок и помех на провода внутри. Экран для защиты от внешних помех должен быть именно заземлен. (Рис.9)



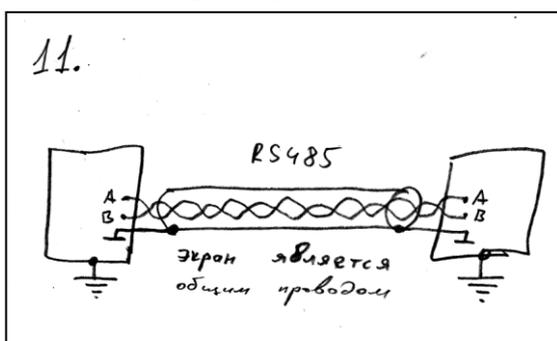
Но не все так просто. Дальше наука заканчивается, начинается искусство. Если несколько контроллеров соединены RS485, то экраны отдельных участков, с одной стороны, желательно заземлять индивидуально. Таким образом мы избегаем больших наведенных помеховых токов, протекающих далеко по экранам, токи помех как можно ближе уходят в

Землю. С другой стороны, если источником помех являются не сторонние цепи, а именно блуждающие по Земле токи, то такое подключение создает дополнительные проблемы – экран, имеющий хорошую емкостную связь с проводами внутри экрана, обеспечивает проникновение блуждающих токов непосредственно в сигнальные линии. Так что экранированная линия вполне может не устранить, а увеличить помехи. Это верно даже при заземлении экранов в одной точке – ведь емкостная связь разных цепей системы с Землей наверняка будет (помимо экранов), а стало быть, подключение экранов к Земле лишь увеличит общий ток помех, улучшив связь с Землей в экранированных линиях. (Рис.10)



Вывод: если источником помех является сама Земля, то экран лучше совсем не заземлять. От него тогда почти не будет пользы (ну, немножко выровняет наводки на оба провода симметричной пары), зато не будет и вреда. Определить, что является путем проникновения помех можно только экспериментально.

Если вы применяете кабель «витая пара в экране» для RS485, то весьма разумно использовать экран в качестве третьего (выравнивающего) проводника. В таком случае, конечно, его нельзя заземлять, а подключается он к «сигнальному общему проводу» с обеих сторон линии связи. Корпуса контроллеров заземлены, но изолированы от сигнальных цепей. (Рис.11)



Итого: нет однозначных рекомендаций ни по заземлению ни даже по экранированию. Борьба с помехами в сложной большой системе – это искусство, хотя в основе его лежат утомительные процедуры тщательной проверки каждой кабельной линии.

## Электромагнитные помехи

Помимо проблем заземления, возможный источник помех – электромагнитные наводки. Использование нескольких пар в многопарном кабеле для разных целей иногда допустимо, но чаще приводит к проблемам. Переходная емкость между проводами на длине 100 метров составляет несколько нанофарад. Даже при низкоомных нагрузках сигнальных линий, как в случае с видеосигналом и популярным RS485, перекрестная помеха составит около 10% сигнала, что совершенно недопустимо на аналоговых линиях типа НЧ-видео. А на длине 1 км помеха сравнится с сигналом по амплитуде, то есть полностью нарушит работоспособность даже цифровых линий связи. Если передача сигнала происходит дифференциальная – по витой паре, то влияние соседних пар на порядок-другой слабее. Но все равно на километре в видеосигнале появятся легкие «привидения» из соседнего канала.

### **Помехи по сети 220 В.**

Помимо перекрестных помех от линий связи, значительное число помех возникают от линий питания. Помеха частотой 50 Гц настолько распространена, что большинство сигнальных линий специально рассчитаны, чтобы эта помеха оказывала малое влияние. Недаром стандартный видеосигнал имеет 50 кадров в секунду и обычно засинхронизован с питающим напряжением. Именно для того, чтобы сделать непобедимую помеху синхронной с сигналом, неподвижной и потому не бросающейся в глаза.

Большинство прочих аналоговых сигнальных линий предполагают усреднение за время, кратное 20 мс – также для борьбы с этой всепроникающей помехой. Но помеха в сети питания происходит не только от электростанции. Источниками помех являются все подключенные к сети приборы. Современные устройства, как правило, имеют высокочастотные электронные преобразователи, работающие на частоте от единиц килогерц до десятков мегагерц. И нередко некачественное заземление корпусов таких приборов, неисправный блок питания (неисправный фильтр помех) или просто некачественный супердешевый блок питания приводит к появлению на линиях связи помех с непредсказуемыми характеристиками. Особенно славятся таким поведением бездрессельные светильники с люминесцентными лампами. Прокиньте неадресный шлейф пожарной сигнализации по подвесному потолку вперемишку с проводами освещения – и получите много неприятностей.

Моему коллеге приходилось видеть на таком шлейфе помеху частотой 10 кГц размахом 4 В. Для неадресного шлейфа (по сути – аналоговой линии связи) это катастрофа.

Как бороться с помехами от сети питания 220В?

Во-первых, питать разные устройства, особенно мощные источники помех и чувствительные к помехам устройства, от разных линий или разных фаз питания. Ни в коем случае не допускать питания ваших нежных устройств систем безопасности от обычной розетки, куда включены и электрочайники и компьютеры. И ведите эти линии по разным лоткам, и отдельно от осветительной и бытовой сети.

Разные устройства в пределах одной подсистемы, особенно одного производителя, скорее всего легко смогут работать при питании от одной розетки. Однако, несмотря на проводимую сертифицирующими органами жесткую проверку всех электропотребителей на создание помех (это шутка), устройства одного производителя могут создать помехи, слишком большие для устройств другого производителя. Особенно это относится к устройствам совершенно разных категорий из разных

*В системе Рубикон применяются многоступенчатые блоки питания, которые обязательно следует резервировать аккумуляторами. Вследствие этого меняющаяся нагрузка на оконечные устройства не приводит к существенным скачкам потребления от сети.*

подсистем. Высокочувствительная видеокамера вряд ли будет хорошо работать бок о бок с мощным блоком управления вентиляторами и кондиционерами. Питайте их от разных линий и разделяйте между собой фильтрами по цепи питания. Кстати, самый лучший фильтр – это online UPS. Двойное преобразование энергии практически полностью очищает линию питания от посторонних помех (правда может добавить свои помехи).

### **Влияние кабеля на качество сигнала**

Дополнительные проблемы создают низкокачественные кабели. Сами по себе они не создают помех, но могут сильно ухудшить ситуацию. Во-первых, витая пара с редким повивом не обеспечивает симметричного влияния помех на оба провода и тем самым увеличивает амплитуду помех. Кабели со слишком высоким сопротивлением и погонной емкостью ослабляют полезный сигнал, что приводит к повышенной чувствительности к помехам, даже небольшим. Это, между прочим и является самой распространенной проблемой с линиями RS485. Неопытные проектировщики полагают, что самым лучшим кабелем будет витая пара 6-й категории, забывая, что она очень тонкая, и на длине 1 км чисто омические потери на такой линии ослабят сигнал в несколько раз.

В интегрированных системах цена кабеля не является самой заметной строкой в смете. Не экономьте на кабеле – чем сложнее система, тем сложнее могут оказаться поиски источников помех. Кстати, экранированный кабель может заметно снизить уровень внешних помех, но его необходимо правильно подключать: экраны всех отрезков одной линии необходимо соединять между собой, ни в коем случае не подключать к другим линиям, и желательно заземлить или подключить к общему проводу блока питания в

*В системе Рубикон допускается применять тонкие ( $0.2\text{мм}^2$ ) кабели с учетом фактической нагрузки. Таблица RubiCalc позволяет рассчитать допустимое сечение кабеля адресного шлейфа..*

одной точке вблизи центрального блока системы. На гальванической развязке в линии связи экраны соединять не следует. Участки слева и справа от устройства гальванической развязки мы должны считать разными линиями и независимо заземлить на корпус самого важного прибора на каждом участке.

Обратите внимание, экранированный кабель имеет повышенную погонную емкость. Убедитесь, что его применение допустимо для конкретной системы на конкретной длине линии.

### **Аналоговые и цифровые линии**

Влияние помех различно на аналоговых и цифровых линиях. В случае цифровой линии помеха должна лишь не быть сопоставимой с разницей уровней разных цифровых сигналов, и тогда ее можно игнорировать. В случае же аналоговой линии, в которой значение напряжения или тока может изменяться непрерывно, даже небольшая помеха может существенно нарушить работу системы (или недопустимо снизить точность работы системы). Конечно, наиболее очевидно влияние помех на НЧ-видеосигнал. Помехи на экране, даже небольшие, сильно раздражают оператора.

Второй пример аналоговых сигналов – датчики температуры и т.д. в системах кондиционирования и вентиляции. Помехи приведут не только к низкой точности стабилизации температуры, но и к повышенной частоте включений/отключений мощных устройств (моторов), что очень отрицательно скажется на их сроке службы.

К особо чувствительным аналоговым цепям относятся многие периметровые кабельные датчики вибрации.

Сложно сказать, как следует классифицировать неадресные шлейфы сигнализации, предназначенные для подключения сухих контактов. Если на шлейфе есть всего один сухой контакт – это безусловно цифровая (дискретная) линия. Однако в большинстве случаев шлейф также контролируется на обрыв и короткое замыкание, а если в шлейфе

различается более одной тревоги (например, в двухпороговых пожарных ППК различаются пожар-1 и пожар-2, а в некоторых охранных ППК реализовано «удвоение шлейфа», то есть различение извещателей с разными балластными резисторами), то в результате в шлейфе необходимо различать почти 10 разных уровней сигнала, причем некоторые пороги довольно близки между собой и даже небольшая помеха может сильно сказаться на достоверности данных. Особенно подвержены помехам двухпроводные шлейфы с питаемыми по шлейфу извещателями (а это почти все традиционные неадресные пожарные извещатели). Смешение в одном кабеле тока питания и измерительного сигнального тока при простейшем алгоритме определения наличия сигнала означает высокую чувствительность к помехам, особенно если имеется нестабильность токов питания извещателей, а нередко встречается еще и превышение допустимого суммарного тока питания.

В целом, классические неадресные шлейфы не следует делать очень длинными. По возможности следует разносить по зданию устройства, связанные цифровыми линиями (типа RS485 или адресным шлейфом), а по сути своей аналоговые неадресные шлейфы тянуть на минимально необходимое расстояние.

*В системе Рубикон основным типом линии связи является адресный шлейф. Это цифровая линия с достаточно высокими уровнями сигналов (от 2 до 20 Вольт в зависимости от настроек).*

Цифровые линии не столь подвержены влиянию помех, хотя двухпроводный адресный шлейф, по которому подается питание адресных устройств и передаются данные, конечно, более чувствителен к помехам, чем 4-проводный, с отдельными линиями данных и питания. С другой стороны, существенно, какова амплитуда полезного сигнала и каково эффективное сопротивление линии. Чем больше сопротивление, тем больше будет амплитуда помех. В двухпроводном адресном шлейфе амплитуда полезного сигнала составляет 20-30 В, это намного надежнее, чем 1-2 В на линиях RS485. В целом, чем проще (медленнее) линия передачи данных, тем менее она чувствительна к помехам, но только в случае если оборудование предназначено для такой скорости. Так, обычные приемопередатчики RS485 рассчитаны на скорость в несколько мегабит, и если они используются на скорости 9 килобит это ничуть не повышает их помехоустойчивость. Просто недоиспользуется их скоростная возможность. Обратите

*В системе Рубикон применяются приемопередатчики RS485 с предельно ограниченной скоростью нарастания сигнала.*

внимание, если оборудование одного производителя, предназначенное для совместной работы, может иметь специальные приемопередатчики RS485, предназначенные для надежной низкоскоростной работы (ориентированные на 100-200 кбит), то применение, скажем, конвертора-усилителя общего назначения (на стандартные 5 мегабит) сразу же резко снижает помехоустойчивость всей системы.

## Адресные системы – это очень сложно.

Первые адресные системы появились среди пожарной сигнализации уже лет 30 назад. Вскоре появились и охранные адресные системы. Постепенно они набирают популярность. Сейчас распространено мнение, что адресные системы – это очень-очень хорошо, но сложно.

Для начала уточним, что мы подразумеваем под адресными системами. Это системы, в которых оконечные периферийные устройства – извещатели, оповещатели, модули пожаротушения, и т.д. подключены единообразно на одну, как правило, двухпроводную линию, получают от этой линии питание и обмениваются информацией по той же линии с неким центральным прибором, причем прибор индивидуально различает каждое оконечное устройство по присвоенному этому устройству АДРЕСУ.

### Адресно-аналоговые системы

Для пожарной сигнализации системы принято подразделять на адресные и адресно-аналоговые, но это деление имело смысл в далеком прошлом. Ныне все адресные устройства в той или иной мере адресно-аналоговые, ибо способны передавать на центральный прибор расширенную информацию, скажем, о степени задымленности или температуре в точке измерения. Когда эти термины придумывали, датчики были примитивными и с трудом могли передать свой адрес. Ныне все такие извещатели содержат микропроцессор и могут передавать все что угодно.

С другой стороны, при возникновении термина «адресно-аналоговый» подразумевалось, что все датчики передают на центральный прибор значение измеренной аналоговой величины, а сам прибор уже сопоставив всю информацию, принимает решение. На самом деле, так и не разработано никаких разумных алгоритмов сопоставления информации от различных датчиков, и потому решение принимается, (неважно самим извещателем или прибором приемно-контрольным) по каждому измерению индивидуально. Потому все существующие системы не вполне соответствуют изначальному определению адресно-аналоговых.

*В системе Рубикон извещатели передают на прибор контрольный (ППК) и текущее значение сигнала, и свое локальное решение – пожар или не пожар. А прибор принимает решение окончательное решение. Более того, аналоговый сигнал можно получить и от охранных извещателей.*

*И даже еще более – можно получить не только аналоговую величину основного измеряемого параметра, но и множество диагностических параметров (и запыленность, и температуру элементов схемы, и напряжение на борту, и величину утечки тока. Все это позволяет заблаговременно диагностировать возможные неприятности, задолго до того, как устройство выйдет из строя.*

### Охранные адресные системы

Наиболее распространены пожарные адресные системы, хотя, на самом деле, адресность значительно важнее для охранных систем. Пожарная сигнализация за редкими исключениями однородна, всегда «на охране», и не так уж важно, какой извещатель выдал тревогу, и даже в какой конкретно комнате. Результат всегда один – эвакуировать надо все здание, а бежать разматывать рукава на тот этаж, где горит, не столь важно в которой комнате, там уже по месту видно будет.

*В системе Рубикон имеются и пожарные и охранные извещатели, а также широкая номенклатура исполнительных устройств.*

В охранной сигнализации в одной комнате могут находиться извещатели периметрового рубежа (датчики разбития стекла и герконы на форточках), которые постоянно находятся на охране, а также инфракрасные датчики движения, которые ставятся на охрану лишь когда никого не должно быть в здании. Разумеется, и те и другие обязательно различать (нельзя повесить на один неадресный шлейф). Соседние комнаты нередко ставят на охрану по отдельности, по мере ухода персонала, в разное время. Значит, даже однотипные извещатели в соседних комнатах нельзя подключить на один неадресный шлейф.

## **Достоинства адресных систем**

Прежде чем переходить к критике, вкратце (об этом написано очень много) перечислим достоинства адресных систем.

Адресные системы позволяют получить намного больше информации. Помимо собственно индивидуальной идентификации сработавшего извещателя, адресные устройства (по крайней мере современные адресно-аналоговые) выдают дополнительную информацию о причине тревоги и расширенную самодиагностику в дежурном режиме. Все это позволяет значительно точнее определить причину тревоги и соответственно выбрать соответствующие меры реагирования, а также позволяет при эксплуатации заранее устранять неисправности до того как они приведут к неработоспособности системы или, того хуже, к ложным тревогам.

Адресные системы допускают более простую кабельную разводку – не надо вести отдельный шлейф к каждому отдельно идентифицируемому устройству. Более того, на один шлейф можно подключить неограниченное количество извещателей (неограниченное по нормам пожарной безопасности, конечно, реальные системы имеют ограничения).

Адресные системы позволяют легко переконфигурировать систему, или обновить, добавив новые устройства на ту же линию.

*В системе Рубикон на одном шлейфе могут быть до 255 устройств, причем даже 10-ти шлейфовые занимают ровно один адрес.*

## **Недостатки адресных систем**

Адресные системы позволяют получить намного больше информации.

Более того, они ЗАСТАВЛЯЮТ получить намного больше информации. Там, где раньше на ППК обходились одной красной лампочкой «пожар» теперь неизбежно добавляется текстовый дисплей, отображающий как минимум адрес выдавшего пожар извещателя.

А если система адресно-аналоговая, то на дисплее отображается еще и значение измеренного параметра, ну и конечно время выдачи извещения, разумеется, можно посмотреть параметры самодиагностики устройства, его серийный номер, дату выпуска с фабрики, время, прошедшее с ввода в эксплуатацию или последнего регламентного обслуживания, чуть ли не фамилию укладчицы и азимут относительно магнитного полюса. А теперь представьте себе спокойно дремлющую консьержку (или беспокойно ворочающегося на составленных стульях отставника-сержанта) и представьте, что они

*В системе Рубикон вся настройка осуществляется на основе иерархической системы «областей», соответствующих комнатам, этажам, зданиям.*

будут делать со всей этой информацией. Представили? Осознали, что помимо высокоинформативного дисплея обязательно надо поставить простейшую панель с лампочками, подписанными «этаж1», «этаж2» и так далее? То есть фактически для реального пользователя система должна вести себя как неадресная. Вся эта дополнительная информация будет полезна только для инженера по эксплуатации.

Соответственно, систему предстоит после монтажа

сконфигурировать, чтобы по сигналу от любого извещателя на первом этаже загоралась первая лампочка, от извещателей на втором этаже – вторая, и так далее. В неадресной системе для распределения извещателей по зонам достаточно в проекте нарисовать какой извещатель на какой шлейф подключить. В адресной придется добавить раздел проектной документации под названием «конфигурирование» или «проект

пусконаладки». Указать, какой извещатель (физически, где он стоит) какой адрес должен иметь, а затем указать, какой адрес к какой зоне (области, разделу и так далее) необходимо отнести. В особо продвинутых системах надо еще и указать параметры работы каждого устройства. Что вы говорите? Вы никогда не делали никакой проектной документации, кроме эскиза на обрывке бумаги? Теперь придется. Или придется обязательно присылать на объект весьма квалифицированного специалиста и он сам на месте придумает как это все настроить. Понятно, такая работа не по плечу шарашкиной конторе с временной бригадой монтажников, составленной из готовых на все

*В системе Рубикон независимо от количества устройств на шлейфе передача сообщения о тревоге занимает не более 0.1 сек. Столько же времени может занять передача команды для включения исполнительного устройства.*

неквалифицированных разнорабочих. Даже само слово «адресные» уже содержит дополнительную работу на этапе пусконаладки – назначение адреса каждому устройству. В некоторых системах это можно сделать почти автоматически, в некоторых для этого необходимо на каждом датчике задать адрес переключателями, в большинстве систем придется изрядно повозиться. Кстати, большое количество устройств на шлейфе также иногда является недостатком. Старые адресные системы, работающие в режиме поочередного опроса всех устройств имеют недопустимо большую задержку от тревоги до того момента когда ППК о ней узнает.

Второй основной недостаток адресных систем также является обратной стороной их достоинства. Адресные системы, как правило, используют всего одну пару проводов и для питания и для передачи информации. Это удобно в монтаже. Это экономит провода. Но: все устройства питаются от одного источника в центральном приборе. Источника ограниченного. Даже если вы захотите поставить дополнительный источник, это, скорее всего, невозможно. Кроме того, схемотехника, позволяющая совместить питание и информацию неизбежно накладывает свои ограничения. В большинстве систем максимальная мощность потребления всех устройств на одном шлейфе не должна превышать нескольких ватт. Вообще-то это немало. Этого достаточно для тысячи пожарных извещателей. Но для некоторых других устройств этого катастрофически мало. Сирена требует хотя бы полватта. Каждая. Если в системе много сирен, они не должны работать одновременно. Либо они должны иметь возможность подключения дополнительного питания. Понятно, что замки системы контроля доступа ни в одной из таких систем не могут питаться непосредственно от

*В системе Рубикон адресация происходит на основе уникального серийного номера, присвоенного каждому устройству на производстве. Номер на этикетке записан цифрами а также штрихкодом, который можно считать с помощью любого смартфона.*

*Система сама находит все подключенные устройства.*

*Несанкционированная замена устройства будет обнаружена и отображена.*

*В системе Рубикон мощные адресные устройства (сирены, модули пуска пиропатронов) могут работать поочередно. ППК постоянно контролирует общую нагрузку на шлейф, чтобы избежать его перегрузки. Кроме того, за счет перехода в режим повышенной мощности при тревоге (пожаре) значительно увеличивается доступный бюджет по току.*

адресного шлейфа. Хуже, что есть множество косвенных последствий того факта, что адресные устройства изначально проектируются под минимальное энергопотребление. Например, почти не бывает адресных расширителей, способных подключать к себе питаемые по шлейфу неадресные извещатели. Большинство таких расширителей работают в импульсном режиме, лишь изредка проверяя состояние шлейфа. Изредка – не значит, что можно успеть нарушить шлейф пока никто не смотрит. Нет, изредка, это значит 20 раз в секунду но по несколько микросекунд. Это необычно для традиционных систем. Например, это накладывает некие ограничения на емкость шлейфа, которую ранее вообще никогда не принимали во внимание.

### **Допустимые параметры адресного шлейфа**

В системе Рубикон реально допустим кабель сечением 0.2мм<sup>2</sup>.

ограничивающим параметром является емкость адресного шлейфа. что требует Это значит, что ограничения накладываются на длину шлейфа, включая все ответвления. Если производитель указывает просто длину шлейфа, он имеет в виду какой-то конкретный кабель. Если указывается допустимое сопротивление – это лишь одно из ограничений, важное, поскольку очень часто

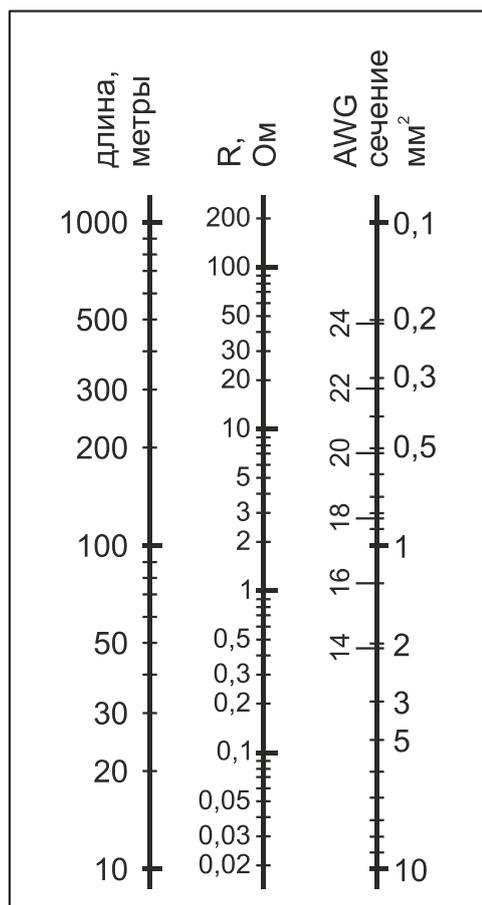
В системе Рубикон реально допустима длина шлейфа до 3..4 км.

По адресному шлейфу передается не только питание, но и информация, поэтому там часто и быстро меняется напряжение. Как результат, во всех адресных системах основным

монтажники из экономии выбирают самый тонкий провод, у него действительно высокое сопротивление. Однако допустимая емкость шлейфа может оказаться превышена, наоборот, когда из наилучших побуждений будет выбран экранированный кабель.

*В системе Рубикон для облегчения расчета шлейфа предлагается электронная таблица RubiCalc, в которой в зависимости от реального наполнения шлейфа и предполагаемого режима работы будет рассчитана допустимая длина шлейфа для распространенных типов кабелей.*

## В помощь монтажнику



### Номограмма расчета сопротивления медного провода.

На крайних шкалах выбрать длину и сечение, соединить линейкой, на пересечении со средней шкалой прочитайте сопротивление.

**ВНИМАНИЕ!** Это сопротивление одного провода, кабель обычно содержит два провода, общее сопротивление будет вдвое больше.

В этой брошюре представлена серия статей, посвященных проблемам, характерным для многих проектов систем безопасности и не привязаны к конкретной серии оборудования. Статьи первоначально публиковались в журнале «Технологии Защиты» в разные годы. Автор работает начальником конструкторского бюро «Рубикон» в ООО «СИГМА-ИС». В примечаниях в тексте помечено, как эти рекомендации учтены в системе Рубикон.



Адресная система безопасности Рубикон включает в себя пожарные и охранные извещатели, сирены, исполнительные устройства и даже модули пуска пиропатронов, работающие по двухпроводной адресной линии без дополнительного питания.

Номенклатура центральных приборов и дополнительных сетевых контроллеров позволяет оснастить объекты от небольшой квартиры до комплекса огромных

Все права на текст принадлежат автору. Перепечатка разрешена с указанием источника. Иллюстрации первой статьи частично взяты с wikipedia.org, лицензия GPL.

 – зарегистрированная торговая марка компании Сигма-ИС.