

ВИТАЯ ПАРА – СУРОГАТ ИЛИ ПАНАЦЕЯ?

Н. Чура

В настоящее время многие ведущие фирмы-производители охранного видеоборудования чуть ли не более половины своего оборудования ориентируют на передачу видеосигнала по витой неэкранированной паре проводов. Особенно это касается массового сектора оборудования средней ценовой категории. Во многих случаях эти системы успешно конкурируют с оптоволокном. Особенно с учетом его еще крайне высокой стоимости и сложности монтажа, требующего специального дорогостоящего оборудования. Т.е. можно констатировать, что витая пара успешно вытесняет традиционный коаксиальный кабель, по крайней мере, в охранном телевидении.

Вместе с тем коаксиальный кабель обладает рядом неоспоримых преимуществ, особенно в области высоких частот. Электромагнитное поле в коаксиальной линии заключено в пространстве между центральным и внешним проводниками. Это обеспечивает минимальные потери и влияние коаксиальной линии на соседние цепи, малую подверженность помехам извне в этом диапазоне. Благодаря жесткой геометрии коаксиальная линия обладает высоким постоянством волнового сопротивления. В общем случае коаксиальный кабель обеспечивает меньшие потери и более широкую полосу пропускания.

Основным недостатком, кроме стоимости, ограничивающим его применение для передачи видеосигнала является малая защищенность в области нижних частот (до 60-80 кГц). В этом диапазоне коаксиальный кабель практически превращается в банальный экранированный провод, правда с несколько меньшей погонной емкостью, беззащитный против магнитной составляющей помехи.

Способ передачи видеосигнала по витой паре в сравнении с коаксиальным кабелем имеет следующие преимущества:

- Передача по витой паре менее подвержена влиянию внешних электромагнитных помех благодаря симметричному способу передачи и фазовой компенсации в приемнике наведенных на каждый провод сигналов помехи. Особенно успешно помехи подавляются в низкочастотной области спектра видеосигнала, максимально подверженной наводкам в протяженных линиях связи.
- Противофазные сигналы каждого из проводов достаточно эффективно взаимокompенсируют собственное электромагнитное излучение, особенно его магнитную составляющую. Благодаря этому появляется потенциальная возможность использовать многопарные кабели для одновременной передачи нескольких видеосигналов или вспомогательной информации (звуковые сигналы, телеметрию, сигнализацию и телефонию). К сожалению, количество передаваемых сигналов по одному кабелю ограничивается не только количеством витых пар в кабеле, но и симметрией и качеством линии, а также качеством усилительного оборудования. Все это определяет возможное перекрестное взаимовлияние каналов связи.
- Относительная дешевизна кабелей с витыми парами, возможность применения многопарных каналов и более того свободных пар в телефонных каналах позволяет существенно снизить расходы на создание систем видеонаблюдения. Причем чем больше и протяженнее система, тем значительнее экономия.

На фоне некоторого бума, как в публикациях, так и в практическом применении вокруг подобного способа передачи видеосигнала бытует мнение, что витая пара априори лучше обеспечивает высококачественное видео на больших расстояниях. Причем это естественно обещают все производители этого оборудования. Более того, поговаривают о какой-то особой широкополосности витой пары в сравнении с классическим коаксиальным кабелем. Это стимулируется совершенствованием конструкции и технологии самих кабелей, широким распространением цифровых каналов на основе этой технологии. Многие разработчики считают что, чуть ли не развитие новой элементной базы в усилительной технике позволило реализовать такую технологию передачи сигнала. Все это является весьма спорными мнениями, поскольку симметричные линии

связи известны и используются уже более полувека. Все проблемы усиления, коррекции и фазовой компенсации на передающем и приемном конце линии и связанные с этим ограничения метода носят принципиальный, а не технологический характер.

Соблазн использования многопарных кабелей приводит к неизбежности сращивания отдельных кусков кабеля при разводке от магистрали. Это накладывает дополнительные требования, как минимум, к сохранению сечения провода, типа изоляции, направления и шага завивки пар в различных кусках. При этом сохранить однородность структуры и постоянство волнового сопротивления, особенно для протяженных линий, достаточно сложно, поскольку параметры одиночной пары и пары в многожильном кабеле различны. Например, при переходе от однопарного варианта к 2-х и 4-х парному погонная емкость кабеля увеличивается на 20%, а волновое сопротивление уменьшается в 1,2-1,6 раза. Устранение этого эффекта в месте разводки многожильной магистрали потребует установки дополнительных активных или пассивных согласующих устройств.

Необходимо сделать несколько замечаний относительно принципиального различия применения витых пар для передачи цифровых сигналов и аналогового видеосигнала. Одни из наиболее распространенных сетей различных модификаций DSL обеспечивающие скорость передачи до 8-10 Мб/с при дальности до 3-5 км по витым парам телефонного типа или UTP имеют ширину спектра сигнала не более 0,02-1,6 МГц. При этом в проводных линиях подобного типа сигнал в верхней области спектра ослабляется на 80-90 дБ. Необходимо также учитывать, что для подобных линий заявляется максимально возможная скорость передачи которая часто оказывается недостижимой в результате низкого качества линии или высокого уровня помех. На приемном конце осуществляется адаптивный высокочувствительный, практически синхронный прием сигнала. Возникшие ошибки исправляются, а пакеты сигналов при необходимости дублируются. При неудовлетворительных условиях передачи снижается ее скорость, т.е фактически производится накопление сигнала. Эти методы обработки, к сожалению, не возможны при передаче более широкополосного аналогового видеосигнала. В этой связи ослабление и влияние помех на аналоговых линиях более значительно.

Таблица 1

Тип кабеля	Затухание, дБ/100 м, f МГц						
	1кГц	0,51	0,77	1,0	4,0	6,0	10,0
КВП-5е 2x2x0,52 (UTP-5)	не норм.		1,8	2,0	4,1	-	6,5
ТПП-10x2x0,4	0,19	1,95	-	2,72	не норм.		
ТПП-10x2x0,5	0,19	1,95	-	2,72	не норм.		
КВК-В-3	не норм.			1,36	-	2,88	4,5
КВТ-2+2у	не норм.		1,5	1,86	3,48	4,3	6,8
РК75-3,7-322 (RG59)	не норм.			0,88	-	2,35	2,93
РК75-4-351 (RG6)	не норм.			0,6	-	1,7	2,2
РК75-4,9-312 (RG6)	не норм.			0,6	-	1,7	2,2

В первом приближении ширина спектра видеосигнала может быть определена из полуэмпирического выражения – $NTBL / 80$ МГц или более точно вычислена из соотношения $NTBL / 2$ стр МГц, где $стр = 52,5$ мкс. Теоретическое значение верхней граничной частоты спектра видеосигнала стандарта CCIR или PAL с числом строк разложения черезстрочной развертки – 625, частотой кадров – 25 к/с и отношением сторон кадра 4:3 составляет 6,51 МГц

В настоящее время существует практически два типа черно-белых телекамер для видеонаблюдения. Телекамеры нормального разрешения с ПЗС- матрицами формата 1/2, 1/3 или 1/4 имеющими 500x582 элемента разрешения (пикселя). Вертикальное разрешение определяется количеством активных строк и составляет около 430-450 строк. Теоретическое значение максимального горизонтального разрешения с учетом коэффициента Келла (0,7-0,75) составляет порядка 350-375. Различные производители нормируют этот параметр для своих изделий в пределах 380-420 твл. Минимальную полосу тракта для передачи видеосигнала от подобных телекамер можно оценить в 3,8-4,0 МГц.

Телекамеры высокого разрешения с ПЗС- матрицами формата 1/2, 1/3 или 1/4 имеющими 752x582 элемента разрешения (пикселя). Их вертикальное разрешение определяется стандартом разложения и составляет аналогично около 430-450 строк. Теоретическое значение максимального горизонтального разрешения составляет 530-560. Различные производители нормируют этот параметр для своих изделий в пределах 570-605 твл. Минимальную полосу тракта передачи видеосигнала от подобных телекамер можно оценить в 5,0-5,7 МГц.

Цветные телекамеры нормального разрешения составляет с ПЗС- матрицами формата 1/2, 1/3 или 1/4 имеющими 500x582 элемента разрешения (пикселя) обеспечивают разрешение 330-380твл. Для передачи цветного композитного сигнала стандарта PAL с нормальным разрешением 330-380ТВЛ. С учетом канала цветности с полушириной полосы от 1,3-1,5 МГц (поднесущая – 4,43 МГц) требуемая полоса пропускания канала составит не менее 5,8-6,0 МГц.

С учетом нижней границы спектра видеосигнала, определяемого частотой кадровых синхроимпульсов, отношение граничных частот этого спектра составляет около 105. Это делает неискаженную передачу видеосигнала достаточно сложной задачей. Низкочастотная часть спектра видеосигнала лежит в области с высокой плотностью электромагнитных помех от частоты электросети, ее гармоник и работы различных промышленных электроустановок. Средние и высокие частоты подвергаются воздействию помех от газоразрядных источников света, тиристорных регулирующих устройств, импульсных источников питания, систем связи и вычислительной техники.

В таблице 1 приведены величины потерь по данным производителей приведенные к длине кабеля 100 м.

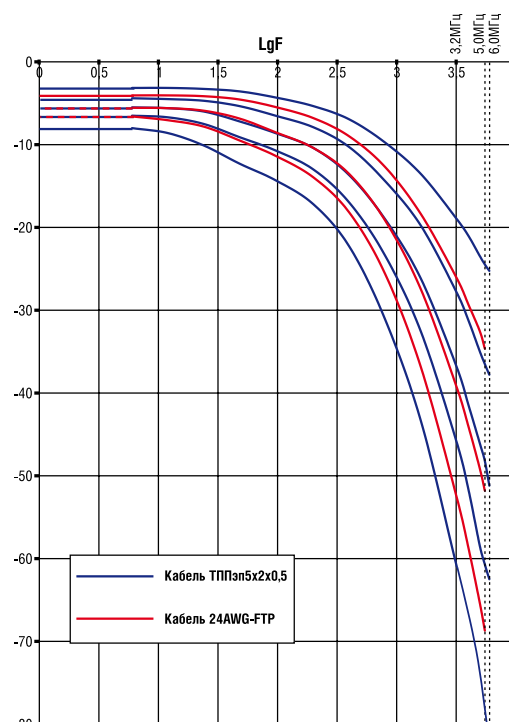


Рис. 1. Сравнительные АЧХ кабелей ТПП и FTP

Из приведенных данных видно, что с потерями в витых парах сравним только низкокачественный универсальный кабель на основе КВТ-2, предназначенный для передачи видеосигнала на дальностях до 50-70м.

В виду отсутствия данных производителя о потерях телефонных кабелей на высоких частотах воспользуемся данными компании "ТАХИОН" опубликованные в журнале Алгоритм безопасности №4,2004г. стр.27. Эти графики зависимости затухания от частоты для телефонных кабелей ТППЭ и экранированной витой пары FTP с длинами 600, 900, 1200, 1500 и 2000 м соответственно, приведены на рис.1.

Из представленных зависимостей очевидно, что потери в области спектра видеосигнала 3-6 МГц определяющей качество передачи деталей изображения составляют 20-30дБ даже на дальностях 500-600м. При дальностях 1-2 км ослабление достигает 60-80 дБ.

Для передачи видеосигнала по витой паре используется симметрирующий (парафазный) усилитель на входе линии и дифференциальный усилитель на выходе. Почти все выпускаемые устройства имеют регулировки усиления и глубины коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) на верхних частотах (ВЧ). В многих моделях возможна балансировка дифференциального усилителя для улучшения компенсации помех. Встречаются изделия с подстройкой входного сопротивления для работы с кабелями различного типа. Некоторые модели имеют двух или даже трех полосу коррекцию АЧХ. Такое техническое решение является достаточно спорным ввиду сильной взаимозависимости подобных корректоров. Кроме того, при нормальном оборудовании и хорошем согласовании кабеля основная задача корректора компенсировать монотонный спад на верхних частотах. Глубина коррекции устанавливается либо дискретно по длине линии, либо плавно, по результирующему качеству изображения.

Некоторые производители при многополосной коррекции рекомендуют использовать при настройке осциллографический контроль синхроимпульсов видеосигнала. В данном случае необходимо отметить, что качественная передача синхросмеси является необходимым, но недостаточным условием передачи изображения с разрешением близким к исходному.

Практически у всех систем все регулировки сосредоточены на приемном конце. Безусловно, настройка на при-

Таблица 2

Комплект №1	
Дальность передачи до 1 км (для ТППЭп) Частотный диапазон 50Гц-6.5МГц ВЧ-предкоррекция (в передатчике) Приемник содержит 4-х ступенчатый корректор ВЧ Балансировка видеосигнала	Симметрирующий усилитель: Усиление -9дБ Частотный диапазон 50Гц-15МГц (-3дБ) Коррекция ВЧ: +10дБ (6 МГц) Дифференциальный усилитель: Усиление до +26 дБ Коррекция ВЧ: I +7дБ (6МГц); II +8дБ (5МГц); III +9дБ (4МГц); IV +10дБ (2МГц) Отношение С/Ш 72дБ/В463дБ при максимальном усилении наблюдается возбуждение усилителя на частоте 28-30МГц комплект выполнен на микросхемах компании MAXIM
Комплект №2	
Дальность передачи до 600м Частотный диапазон 0-7МГц Передатчик содержит 2-х ступенчатый Приемник содержит 2-х ступенчатый корректор ВЧ Балансировка видеосигнала	Симметрирующий усилитель: Усиление 0 или +4,6дБ Частотный диапазон 50Гц-10МГц (-3дБ) Дифференциальный усилитель: Усиление 0/+3,5дБ Коррекция: I +13дБ (5МГц); II +18дБ (3,5МГц) Отношение С/Ш-76дБ/62дБ комплект выполнен на дискретных элементах
Комплект №3	
Дальность передачи до 2000м Частотный диапазон 10Гц-10МГц Приемник содержит 5-х ступенчатый регулятор усиления и корректор ВЧ	Симметрирующий усилитель: Усиление 0дБ Частотный диапазон 50Гц-12МГц (-3дБ) Дифференциальный усилитель: I +3дБ/ВЧ +15дБ (7,5МГц); II +5дБ/ВЧ +23дБ (5МГц); III +8,6дБ/ВЧ +28дБ (3,5МГц); IV +11дБ/ВЧ +29дБ (2,2 МГц); V +13дБ/ВЧ +30дБ (2 МГц) Отношение С/Ш 58дБ/ВЧ47дБ в положении корректора II-III наблюдается возбуждение усилителя на частоте 5,5-5,8 МГц
Комплект №4	
Дальность передачи 500м (600 твл) 1500м (400 твл) Коррекция до +9 дБ (7МГц)	Симметрирующий усилитель: Усиление +9дБ Частотный диапазон 50Гц-10МГц (-3дБ) Дифференциальный усилитель: Усиление -10/+3дБ Коррекция ВЧ +13дБ (7МГц) Отношение С/Ш 76/ВЧ-67 дБ комплект выполнен на микросхемах без маркировки
Комплект №5	
Дальность передачи 1000м Частотный диапазон 20Гц-12МГц Коэффициент передачи x4 (12дБ) Балансировка видеосигнала Волновое сопротивление линии регулируемое, 20-260 Ом	Симметрирующий усилитель: Усиление 0дБ Частотный диапазон 50Гц-8МГц (-3дБ) Дифференциальный усилитель: Усиление 0/+9дБ Коррекция ВЧ +15дБ (4МГц) Отношение С/Ш 60дБ/ВЧ48дБ при максимальной коррекции наблюдается подвозбуждение усилителя на частоте 4-4,3 МГц комплект выполнен на дискретных элементах

емном конце значительно удобней, поскольку симметрирующий усилитель чаще всего располагается рядом с удаленной телекамерой, очень часто размещенной в трудно доступном месте. Но при такой структуре основное усиление сосредоточено на приемном конце и корректируется уже ослабленный в линии сигнал, что чревато снижением отношения сигнал/шум и сигнал/помеха. И это в условиях, когда у наиболее распространенных современных телекамер с ПЗС- матрицами формата 1/3" отношение сигнал/шум редко превышает 46-48дБ и то только при нормальной освещенности.

Производитель усилительного оборудования чаще всего не приводит его полные электрические характеристики рассматривая приемо-передатчик с линией связи как "черный ящик". Нормируется входной и выходной стандартные видеосигналы, дальность передачи видеосигнала, в лучшем случае полоса пропускания, либо эквивалентное количество телевизионных линий передаваемого изображения. Весьма редко приводятся такие важные характеристики, как отношение сигнал/шум обес-

печиваемое в полосе сигнала и неравномерность АЧХ, а тем более ФЧХ тракта. При использовании оборудования на практике, как правило, нет ни возможности, ни желания оценить полученные результаты по критерию более серьезному, чем "приемлемое изображение".

В таблице 2 приведены результаты измерений некоторых характеристик усилительного оборудования пяти российских производителей средней ценовой категории, предлагаемого на рынке. Конкретные производители не указаны, поскольку ставилась задача выявить некоторые общие тенденции и недостатки устройств.

Анализ полученных параметров показывает принципиальную невозможность обеспечения любым из приемо-передающих комплектов передачи изображения с сохранением исходного типового разрешения в 400 или 570 твл на заявленную дальность. Основными причинами является недостаточность глубины коррекции и полосы пропускания усилительного тракта. Примечательно, что в 1,2,3 и 5 комплектах значение максимума частотной коррекции, рассчитанной на предельную дальность, и не предполагает передачу изображения высокого разрешения. Дополнительное снижение разрешения и искажения контраста происходят в приемниках склонных к возбуждению. Другим фактором, приводящим к специфическим искажениям, подобным артефактам при цифровой обработке изображений, является нелинейность фазо-частотной характеристики, являющаяся неизбежным следствием глубокой частотной коррекции. При этом с таким трудом достигнутая линейность сквозной АЧХ, измеренная на синусоидальном сигнале, не гарантирует адекватную передачу видеосигнала в результате нарушения фазовых соотношений составляющих спектра.

Не все так гладко в протяженных линиях и с подавлением помех. Весьма эффективное подавление составляющих, равных и кратных промышленной частоте, наведенных электросетями обусловлено достаточно высокой симметрией витой пары и большой длиной волны электромагнитного поля помехи, создающего полностью синфазные сигнала. Теоретически, дифференциальные усилители имеют подавление синфазной помехи до 70-80 дБ. Однако эти величины реальны только для низких частот, не превышающих звуковой диапазон. Кроме того, незначительная асимметрия импеданса жил кабеля (при допуске до 2-3 %) приводит к фазовой асимметрии и неполной компенсации помех в канале передачи, особенно на верхних частотах. Низкий уровень сигнала в линии при его сильном ослаблении, особенно на верхних частотах, чреват снижением в этой частотной области отношения сигнал/помеха. Поэтому результаты, полученные в лабораторных условиях с локально расположенным имитатором линии в нормальной электромагнитной обстановке, где минимальный сигнал в тракте определяется только шумом приемо-передающего оборудования, могут кардинально отличаться от реальной протяженной линии при большом уровне электромагнитных помех в верхней области спектра.

Парадокс ситуации состоит в том, что данные устройства, как и другие их фактические аналоги, успешно используются в видеосистемах, несмотря на очевидную невозможность передать видеоизображение на заявленную дальность без существенного ухудшения разрешения. Причем используются и не вызывают нареканий даже неустойчивые системы с подвозбуждением. Естественно генерация с частотой более 5-6 МГц практически незаметна на экране монитора, даже при непосредственном наблюдении, а некоторое ухудшение качества изображения всегда можно отнести за счет других причин.

Широкое использование передачи видеосигнала по витой

паре, несмотря на значительные частотные потери в видеосигнале, кроме своей относительно низкой стоимости, обусловлено несколькими причинами.

Первая и самая главная – эффективное подавление помехи от промышленной сети на протяженных промышленных объектах. В таких условиях коаксиальная линия, вне зависимости от его качества, практически не работоспособна и получение просто устойчивого изображения является большой победой. При этом критерии качества изображения можно считать вторичными. Аналогичную защищенность при высоком качестве изображения можно получить только с оптоволоконной линией, а это совсем другие деньги.

Вторая причина – повсеместное смещение критериев качества изображения в результате массового перехода в телекамерах на матрицы 1/3 и 1/4 дюйма с принципиально более низкими параметрами чувствительности, разрешения, отношения С/Ш и динамического диапазона и все более широкое применение дешевых низкокачественных объективов из пластика с худшими характеристиками по разрешению. Применение вариообъективов и трансфокаторов этой ценовой категории в состоянии еще более снизить реальное разрешение изображения.

Третья причина – массовый переход на цифровые системы наблюдения и регистрации бюджетного класса, нивелирующие качество изображения всей системы до своего уровня, как правило в реальности, не превышающего так называемого качества VHS (240-300 твл). Причем не только при записи, но и при прямом наблюдении.

В совокупности недостатки качества системы передачи видеосигнала могут явиться неопределяющими.

Контроль доступа, охранные функции, видеонаблюдение

Интегрированная система безопасности ParsecNET-Ewclid

TOTALTECH

[Http://www.totaltech.ru](http://www.totaltech.ru)
E-mail: tt@totaltech.ru
(095) 688-1536, 631-0036, 631-6467