

## Кабели

Михаил Сергеев

### Вопросы гуманитарные

Историки считают, что появление кабеля связано с изобретением в 1832 году российским ученым П.Л. Шиллингом электрического телеграфа. В ту же пору англичанин Майкл Фарадей для обозначения веществ, через которые проникает электрическое поле, ввел в обращение термин "диэлектрик" - производное от греческого *dia* - через и английского *electric* - *электрический*. В качестве проводника в те давние времена использовалась медь, а изолятора - дефицитная гуттаперча и пропитанная хлопчатобумажная пряжа.

Медь так и осталась, а в качестве изоляционного материала в кабельной промышленности сейчас используются другие материалы.

Широко применяются углеводородные полимеры (полиолефины), например - полиэтилен, соединение водорода, кислорода и углерода. Производится полиэтилен низкой плотности (высокого давления), средней плотности (среднего давления) и высокой плотности (низкого давления). Встречается так называемый "сшитый" полиэтилен, отличающийся от обычного повышенной термостойкостью (95 °С против 70 °С).

В числе достоинств поливинилхлорида, соединения хлора, углерода и водорода, - широкий диапазон рабочих температур и низкая воспламеняемость. Имеется масса модификаций ПВХ: от пожаростойких до токопроводящих, которые служат в кабеле для снятия статических зарядов.

Можно обнаружить в кабелях полиуретан, полипропилен, полистирол, капрон, нейлон, шелк, резину, фторопласт. Такие материалы используются для изготовления кабелей со специальными свойствами: особо тонких или эластичных, или способных работать в условиях повышенной влажности или скачках температур.

Влияние кабеля на сигнал увеличивается с ростом диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь; лучшим изолятором в этом смысле является вакуум, его проницаемость равна единице, а потери - нулю. При выборе материала конструкторам приходится принимать во внимание и механические свойства, поэтому полипропилен и фторопласт используются довольно редко.

Как и лекарства, полимеры выпускаются под разными названиями. Многие запатентованы, например, тефлон, и это вынуждает конкурентов выдумывать новые имена. Иногда под разными марками выпускают и разные материалы. Свойства полимера определяются не только его химическим составом, но и массой других параметров, поэтому производятся сотни модификаций полиэтилена или полихлорвинила. Так что при покупке обратите лучше внимание на свойства самого кабеля, а не на материалы, из которых он изготовлен. Диэлектрики определяет и такие свойства кабеля, как рабочий диапазон температур и огнестойкость, выделение и токсичность дыма, абсорбцию (поглощение) газов и жидкостей из окружающей среды. Материалы широкого применения обеспечивают нормальную работу кабеля при температуре от 0 до 80 °С, специальные - сохраняют свои свойства при охлаждении до минус 40...70 °С и при нагреве до 150...300 °С. Помните и о пожаростойкости кабеля - по нему не должен распространяться огонь, но этому требованию отвечают не все модели из имеющихся в продаже.

Полную информацию об эксплуатационных свойствах кабеля должен предоставить его поставщик.

#### • Оглавление обзора

##### • Кабели

- [Кабельная продукция компании Arogee Electronics](#)
- [Кабельная продукция компании Belsis](#)
- [Кабельная продукция компании Canage](#)
- [Кабельная продукция компании Cordial](#)
- [Кабель компании Gotham](#)
- [Кабельная продукция компании Horizon](#)
- [Кабельная продукция KLOTZ a.i.s.](#)
- [Кабельная продукция итальянской компании Link srl.](#)
- [Кабельная продукция Media Works](#)
- [Кабельная продукция компании Mogami](#)
- [Кабель компании MPM](#)
- [Кабельная продукция компании Prospecta](#)
- [Микрофонный кабель серии RMC компании Reference](#)
- [Кабель компании Samson](#)
- [Кабельная продукция Sommer Cable](#)
- [Кабельная продукция компании Soundking Electronic](#)
- [Новые кабели производства фирмы Tasker-Milan](#)

Кабели по конструкции можно разделить на две группы: коаксиальные (от латинского *co (cum)* - совместно и *axis* - ось) и двухпроводные. И в том, и в другом случае кабель содержит два проводника, разделенные диэлектриком. А в начале кабельной эры к абоненту, в целях экономии, тащили только один провод, а в качестве обратного использовали землю, отсюда и пришли названия: "земляной", "общий" и прочие производные. За прошедшие 170 лет филологи так и не удосужились навести порядок и чистоту в терминологии: одним и тем же словом называем мы и собственно кабель (от голландского: *cabel* - канат, трос), и кабель с разъемами или коннекторами (слова "разъем" и "connector" не синонимы, а наоборот: разъединитель и соединитель). Что ж, будем пользоваться тем, что есть: обозначениями, которые прижились на практике. Даже если они и не вполне корректны, то понятны и привычны.

Кабели по назначению в аудиотехнике можно разделить на три группы:

*Акустические* - предназначены для доставки сигнала от усилителя к акустическим системам.

*Межблочные* - передают аналоговый звуковой сигнал малой мощности от одного аппарата к другому.

*Цифровые* - обеспечивают передачу сигналов в цифровом виде.

В свою очередь, по особенностям использования кабели можно разделить тоже на три группы: *студийные*, *сценические* и *туровые*.

В студии условия эксплуатации оказываются довольно комфортными: практически постоянная температура и влажность, кабель уложен в каналы или закреплен, и практически не подвергается механическим воздействиям.

Кабель для сцены должен быть более прочным: на него могут наступить, поставить тяжелый аппарат или довольно сильно дернуть. Для повышения механической прочности на разрыв в кабеле имеется корд, он может быть выполнен из хлопчатобумажной ткани, синтетической нити или даже из металла. Такой кабель можно использовать для подвешивания микрофонов, специальные модели способны выдержать разрывающее усилие до тонны - можно использовать для буксировки застрявшего автомобиля или для подвешивания акустических систем.

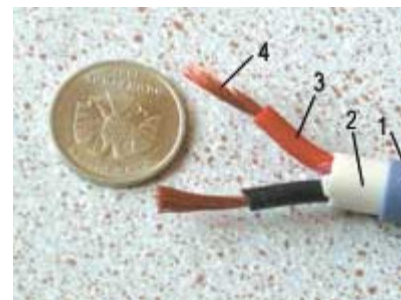
Самые жесткие требования предъявляются к кабелям, предназначенным для туровой работы. Жара, холод, дождь и снег, рывки и завязывание в морские узлы - все это не должно испортить кабель. Цена кабеля, способного выдержать столько неприятностей, в несколько раз выше, чем предназначенного для монтажа в студии - но сорванный концерт стоит все равно дороже.

С точки зрения количества сигналов, которые можно предавать по кабелю, существуют также три группы: *моно*, *стерео* и *многоканальные* (или *мультикоры*). Эти названия используют и для обозначения собственно кабеля, и готовой, с разъемами, конструкции.

Без мультикора не обойтись в зале, по нему сигналы со сцены подаются в пульт и возвращаются к системе звукоусиления. Удобен мультикор и в студии: прокладывать жгут из десятка отдельных кабелей гораздо труднее, и стоимость инсталляции оказывается выше. Теоретически, за счет близкого расположения проводников в мультикоре, большим оказывается взаимное проникание сигналов из канала в канал, но на практике разделение сигналов оказывается вполне достаточным.

В любом случае по кабелю передается информация в виде электрического сигнала. Если сигнал проходит без потерь, то и информация передается полностью. Потери информации или изменение звучания всегда является следствием искажения сигнала, так что качество кабеля всегда можно оценить объективно и точно, но иногда это нелегко сделать.

## Поэзия формул



Акустический кабель. Конструкция кабеля обеспечивает его прочность и надежность. Здесь: 1 – внешний защитный слой изоляции, 2 – внутренний защитный слой, 3 – индивидуальная изоляция проводников, 4 – проводники

## Простейшая линейная модель

Для описания свойств кабеля принято оперировать так называемыми погонными параметрами, то есть отнесенными к единице длины - одному метру. Погонная емкость межблочных кабелей определяется конструкцией, размерами и свойствами диэлектрика, и лежит в пределах 10...100 пФ/м, примерно такие же величины характерны и для акустических кабелей.

Погонная индуктивность зависит от геометрии кабеля и тоже невелика, речь идет о микроскопических величинах: 0,1...1 мкГн/м.

Омическое сопротивление проводника определяется его сечением и материалом, из которого он изготовлен. Например, метр медной проволоки сечением 1 мм<sup>2</sup> имеет сопротивление 0,017 Ом.

Чтобы оценить влияние кабеля на проходящий через него аналоговый сигнал, обратимся к схеме, показанной на рисунке 1. Условия, при которых влиянием кабеля можно пренебречь, оказываются такими:

$$R_k \ll R_H,$$
$$R_{\text{вых}} \ll 1/6,28 \cdot C_k \cdot F_{\text{в}}, \quad R_H \gg 6,28 \cdot L_k \cdot F_{\text{в}}$$

или  $C_k \ll 1/6,28 \cdot R_{\text{вых}} \cdot F_{\text{в}}$  и  $L_k \ll R_H / 6,28 \cdot F_{\text{в}}$ ,

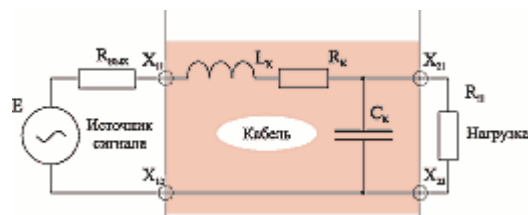


Рис.1. Взаимодействие кабеля, источника и приемника сигнала

где:  $F_{\text{в}}$  - верхняя граница рабочего диапазона частот, Гц;  $R_k$  - омическое сопротивление кабеля, Ом;  $C_k$  - емкость кабеля, Ф;  $R_{\text{вых}}$  - выходное сопротивление источника сигнала, Ом;  $R_H$  - сопротивление нагрузки, Ом.

Выходное сопротивление источников сигнала лежит в широких пределах, от сотых и тысячных долей ома (мощные усилители) до нескольких килоом (динамические микрофоны), а сопротивление линейного выхода аппаратуры составляет обычно десятки-сотни ом, хотя бывают и исключения.

Взяв для примера межблочного соединения  $R_{\text{вых}} = 1$  кОм, получаем: емкость кабеля должна быть существенно меньше, чем  $1/6,28 \cdot 1000 \cdot 20000 = 8000$  пФ. Для коротких кабелей (1...2 м) это условие выполняется легко. Изредка приходится использовать провода длиной более 10 метров, в этом случае нельзя забывать про емкость кабеля, она влияет на АЧХ. Гораздо чаще приходится сталкиваться с другой трудностью: каскады с низким выходным сопротивлением нормально работают, если емкость нагрузки не превышает определенного значения, например 100 или 1000 пФ. "Не любят" емкостную нагрузку высокоскоростные широкополосные операционные усилители.

Для акустических проводов важным является выполнение условия  $R_{\text{вых}} + R_k \ll R_H$ . Скрупулезные немцы (если не ошибаюсь, то непосредственно в DIN45500) определили требования к соотношению сопротивлений:  $R_{\text{вых}} + R_k < R_H / 20$ . Модуль полного сопротивления акустических систем лежит в пределах 2...20 Ом, отсюда получаем:  $R_k < 0,1... 0,5$  Ом.

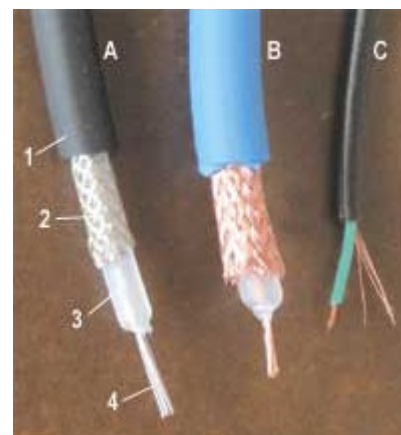
В качестве акустических используют кабели сечением 2,5 и даже 10 мм<sup>2</sup>, при длине 5 м их сопротивление удовлетворяет этому требованию.

Выполнить все перечисленные условия нетрудно, и вносимые кабелем искажения сигнала должны бы быть ничтожными. И совершенно непонятно, почему тогда кабель влияет на звучание, а замену кабелей легко заметить на слух?

## Взаимодействие с окружающей средой

В грубой модели кабеля, учитывающей сопротивления, индуктивность и емкость, все получается просто и красиво, слишком красиво, чтобы быть правильным.

Начну с того, что пока мы не учитывали взаимодействие кабеля с окружающей средой. Магнитная и электрическая составляющие внешнего поля приводят к появлению помех в передаваемом сигнале. Для защиты от электрической составляющей используют экранирование. Плотность экранирующей оплетки может быть разной, но утверждение, что кабель с 70% оплеткой гораздо хуже защищен, чем 95% кабель представляется мне не вполне убедительным. Через "просветы" в оплетке поле внутри кабеля проникнет тогда, когда длина волны окажется достаточно малой - сопоставимой с размерами отверстий. Исключить появление таких помех нельзя, но и преувеличивать их роль не стоит.



*Коаксиальные кабели.  
А – обычный, В – с повышенной плотностью экранирующей оплетки,  
С – этот кабель тоже называют коаксиальным.  
Здесь: 1 – внешняя изоляция,  
2 – экранирующая оплетка,  
3 – внутренний изолятор,  
4 – внутренний провод*

Чувствительность кабеля к магнитному полю удастся уменьшить, свивая прямой и обратный провода, тогда наводки на соседние участки взаимно компенсируются. От электрической составляющей поля защищает экран. Лучшими свойствами обладает витая пара в экране, именно такие кабели следует использовать в студии. Дополнительный второй экран, возможно, играет в этом "спектакле" какую-то положительную роль, иначе такие провода не выпускались бы, но его звукотехнические преимущества мне неизвестны, кроме одного - возможности манипулировать с заземлением. Первый экран можно соединить с корпусом приемника сигнала, второй - с корпусом источника. Положительный эффект будет получен, если для подачи на микрофон фантомного питания использовать одну экранирующую оплетку, а вторую - в качестве экрана.

Напряженность полей в больших городах довольно высокая, особенно остро стоит вопрос в помещениях, начиненных "под завязку" электронной аппаратурой, или расположенных на территории радиопередающих центров. В этом случае полезно кабельную разводку в студии поместить в экранирующий металлический короб или трубу.

Кроме электрических, на сигнал в кабеле могут влиять и внешние механические воздействия. При деформации или вибрации изменяется емкость кабеля: как и в конденсаторном микрофоне, механическое воздействие преобразуется в электрический сигнал, причем эффект выражен тем ярче, чем больше напряжение между проводниками. С "микрофонным эффектом" в кабеле приходится сталкиваться и в том случае, когда вместе с сигналом по проводу подается напряжение питания. К счастью, в профессиональной технике с таким явлением приходится сталкиваться весьма редко.

#### *Внутренние процессы в кабеле*

Не учитывает простейшая модель и многие процессы, происходящие в самом кабеле: как в проводнике, так и в диэлектрике.

*Диэлектрик.* Если не углубляться в дебри физики, то картина получается примерно такая. Под действием поля происходят изменения в материале: смещаются электроны и ионы, деформируются молекулы. Как и положено квантовым системам, реагируют они на внешнее воздействие инерционно и не вполне линейно, в чем легко убедиться даже в домашних условиях. Разрядив конденсатор, отложите его в сторонку, а спустя часок-другой вновь измерьте напряжение на выводах - только осторожно, потому что, даже разряженный, он может довольно ощутимо ударить током. Аналогичный процесс происходит и в диэлектрике кабеля, разве что масштабы поменьше: током, конечно, не ударит, но сигнал может ощутимо измениться.

Токи в проводах создают магнитное поле, которое может влиять на свойства диэлектрика. Их изменения невелики, но и порог заметности тоже мал: около одной миллионной от мощности полезного сигнала - приблизительно -60 дБ. Полезный сигнал в межблочном кабеле при сопротивлении нагрузки 600 Ом имеет мощность порядка 1 мВт, то есть помеха  $10^{-9}$  Вт вполне

может так же повлиять на звук, как влияет на вкус бочки меда ложка дегтя, или чашки кофе - щепотка перца.

Абсорбция зарядов, нелинейные эффекты поляризации диэлектрика, процессы на его поверхности могут привести к искажению сигнала, и приводят, поскольку изменяется звучание. К сожалению, пока нет общепринятой методики измерений таких искажений, поэтому с количественной оценкой придется подождать.

На первый взгляд кажется, что применение в кабеле материалов с меньшей диэлектрической постоянной позволяет уменьшить искажения, но на самом деле зависимость оказывается весьма нетривиальной.

*Проводник.* Процессы в проводнике очень сложны. Считая ток банальным движением электронов, мы настолько упрощаем и огрубляем картину, что ничего разглядеть уже не удастся. Известно, например, что с ростом частоты сигнала ток вытесняется к поверхности - это скин-эффект, и его можно заметить и в звуковом диапазоне. И вообще, именно поверхность - одна из важнейших составляющих проводника. Для улучшения ее свойств используют специальные приемы, например, покрывают серебром. Но есть мнение, что электрохимический способ серебрения не дает нужного результата - лучше, если серебро впессовано в поверхность. Трудно судить, насколько обосновано это утверждение, но одно бесспорно: поверхность - важна. И важно, чтобы ее свойства не ухудшались в процессе эксплуатации. Причиной деградации может стать, например, хлор, выделяемый полихлорвинилом и другими диэлектриками.

Производители часто акцентируют наше внимание на составе меди: бескислородная, примесей меньше 0,001%, монокристаллическая структура и вообще - "аудиофильский металл, сваренный по особому рецепту". Самое неприятное в этих заявлениях то, что их практически невозможно проверить. Связывать искажения сигнала с наличием или отсутствием кислорода в меди я бы поостерегся, но одно бесспорно: медь 99,9% и 99,9999% - это, по существу, разные материалы, и вполне естественно, что кабели окажутся разными, так как очистка меди радикально изменяет ее свойства.

В пятиметровом акустическом кабеле - десять метров провода (пять - "туда" и пять - "обратно"), и при сечении провода 1 мм<sup>2</sup> получаем в результате 0,17 Ом, что гораздо меньше сопротивления головки акустической системы. Короткий кабель мог бы быть гораздо более тонким, но понятно, что ток 100 А в проводе сечением 1 мм<sup>2</sup> приведет к неприятным последствиям. В проводах сварочного аппарата плотность тока не достигает 10 А/мм<sup>2</sup>, а если важны не только искры, но и звук, то превышать значение 1 А/мм<sup>2</sup> не следует, то есть лимитирующим фактором выступает плотность тока в проводнике, а низкое сопротивление получается автоматически: на практике используются акустические кабели сечением 2,5 и даже 10 мм<sup>2</sup>.

В межблочных кабелях сопротивление проводников менее значимо, оно начнет сказываться только тогда, когда будет соизмеримо с сопротивлением нагрузки: 600 Ом или 10 кОм. Влияние "тонких" процессов в проводнике оказывается не столь ярко выраженным. Для кабелей длиной несколько метров достаточно иметь сечение 0,2...0,5 мм<sup>2</sup>.

Аналогичные требования предъявляются и к цифровым кабелям, но есть и нюансы. Для аналоговых низкочастотных сигналов, когда длина волны существенно больше длины кабеля, уменьшение сопротивления, индуктивности и емкости позволяет, в принципе, уменьшить потери и искажения. По мере повышения частоты начинают проявляться волновые эффекты, и значение индуктивности и емкости кабеля приобретают другой смысл. Отношение этих параметров определяет волновое сопротивление кабеля. Если нагрузка имеет активное сопротивление, равное волновому, то вся энергия входящего сигнала ею поглощается, этот режим работы называют согласованным. Если же волновое сопротивление кабеля и нагрузки различаются, то часть энергии отражается, а в кабеле возникает стоячая волна. Последствия рассогласования довольно неприятны: возрастает неравномерность АЧХ, искажается форма сигнала. Волновые явления нужно учитывать, если длина кабеля соизмерима с четвертью длины волны. Например, при частоте сигнала 10 МГц длина волны в вакууме составит 30 м, то есть в кабеле длиной 5 м волновые эффекты уже проявятся.

Для передачи цифровых сигналов, а именно в этом случае спектр оказывается весьма широким, достигая 10 МГц и более, используют кабели с волновым сопротивлением 50, 75 и 110 Ом.



Волновое сопротивление кабеля определяется его геометрией, поэтому механическая устойчивость кабеля к внешним воздействиям выходит на первый план, и кабель обычно довольно жесткий. В таблицах с параметрами цифровых кабелей приводят погонное затухание, но в условиях реальной студии его роль невелика. Остро вопрос ослабления сигнала встает на частотах, гораздо более высоких, чем те, что используются в звуковых цифровых интерфейсах, где они не превышают 10 МГц.

## Проза жизни

*Хороший кабель - целый кабель*

Кроме электрических параметров, есть у кабеля еще и механические свойства. Понятно, что требования к кабелям, предназначенным для использования на улице, для прокладки в помещении или для подключения микрофона на сцене оказываются разными. Выпускаются кабели с расширенным диапазоном температуры, с повышенной эластичностью, и даже со специальным кордом, практически исключая обрыв. При выборе кабеля полезно учесть эти его особенности, платить следует за то, что действительно необходимо.

*Концы*

И еще одно обстоятельство: разъем, без которого кабель - не кабель. В студийной технике в качестве основного выступает XLR, часто используется джек, встречается и RCA. Разъем должен обеспечить надежное электрическое соединение и механическую фиксацию. Потенциально лучшим в этом смысле является XLR. В реальной жизни все сложнее. Из чего складывается качество разъема? Начнем с контактов.

Сопротивление контакта зависит от материала и площади соприкасающихся поверхностей, и усилия, с которым они прижаты друг к другу.



*Штекер RCA. Выдвижная упругая обойма позволяет устранить помехи при подключении кабеля*



*Штекер RCA. Байонетный фиксатор – гарантия надежного контакта*

Обратите внимание на покрытие разъема. Пятна и "разводы" свидетельствуют о дефектах поверхности. Хорошие разъемы имеют стойкое покрытие, оно вполне выдерживает 5 лет интенсивной эксплуатации. Высокой стойкостью к истиранию обладает никель, но у него есть один большой недостаток: он плохо смачивается оловянно-свинцовыми припоями, и качество пайки оказывается низким. Определить "на глаз" качество покрытия трудно, поэтому при подготовке к *большому* монтажу полезно сначала купить несколько разъемов на пробу. Обратите внимание и на термостойкость пластика, из которого изготовлен изолятор. Дорогие и дешевые версии разъемов различаются именно качеством покрытия токопроводящих элементов и материалом изолятора.



*Профессиональные разъемы оснащены кабельными фиксаторами*

С заботой о надежном соединении делают разъемы RCA, предназначенные для профессионального использования. Центральный контакт - разрезной, его упругость обеспечивает плотное соединение с гнездом. Цанговый фиксатор обоймы позволяет прижать контактирующие поверхности, одновременно исключается случайное выдергивание штекера из гнезда. Разрезная упругая обойма дешевле цангового фиксатора, но тоже неплоха в эксплуатации. Стоит обратить внимание на еще одну разновидность разъема RCA - с выдвигной обоймой. При включении такого штекера в гнездо сначала соединяются "общие" проводники, а потом - сигнальные, это радикально уменьшает коммутационные помехи.

Соединение должно не просто работать, но работать надежно и долго. Если процесс важнее результата, то можно взять дешевенький джек в ближайшем магазине культтоваров, ток он проводит, и звук будет. Огорчает только то, что если не первое, то второе неосторожное движение приведет к обрыву. В разъемах профессионального назначения предусмотрен фиксатор кабеля: цанговый зажим или лабиринт. В свою очередь, кабели профессионального назначения имеют конструкцию, позволяющую надежно их фиксировать в разъеме: хлопчатобумажный корд хорошо фиксируется цангой разъема, он защищает кабель от обрыва даже при значительных усилиях.

## **Легенды и мифы**

Мне довелось участвовать в сравнении многих десятков кабелей, и совершенно определенно заявляю, что на звук они влияют. Изучая свойства кабелей и их влияние на сигнал, я пытался обнаружить помехи или искажения, уровень которых превышал бы порог слуховой заметности, или хотя бы был с ним сопоставим, и кое-что нашел. Исчерпывающего описания воздействия кабеля на сигнал предложить не могу, есть только гипотезы. Где-то ясности больше, где-то меньше...

*Направленность.* По одному проводу кабеля ток течет туда, а по второму точно такой же - обратно. Складывается впечатление, что, поменяв местами начало и конец кабеля, мы ничего в системе не изменим. Получается, что дискуссии о направленности кабеля смысла не имеют, по крайней мере, в звуковом диапазоне частот, когда можно пренебречь волновыми эффектами. Если же приглядеться внимательно, то увидим кое-что интересное.

Например, экранирующую оплетку межблочного кабеля профессионалы соединяют с корпусом только на одном конце - у **приемника** сигнала, вот вам и асимметрия. При переворачивании такого кабеля уровень радиочастотных наводок в сигнале может возрасти на 20, 30 и даже 50 дБ. Эти помехи сами не слышны, но влияют на работу аппаратуры, и звук изменяется. Детектирование и интермодуляция на нелинейных элементах тракта приведет к появлению "добавок" к полезному сигналу и в звуковом диапазоне частот.

Взяв даже самый лучший анализатор спектра, вы едва ли обнаружите звуковые продукты воздействия радиочастотных помех на кабель, в чем я лично убедился. Помехи наводятся на кабель, а звуковую часть их спектра переносят другие узлы: входной и выходной каскады соединяемых устройств.

Аналогичную картину мы увидим и в акустическом кабеле. Наведенные через кабель радиочастотные помехи влияют на работу выходного каскада усилителя и детектируются в акустической системе. Не следует рассматривать кабель в отрыве от остального оборудования студии.

**Сопrotивление.** Есть и собственные свойства кабеля, которые можно исследовать с помощью простого вольтметра, - это сопротивления проводов и контактов. Оказалось, что в пределах звукового диапазона частот сопротивление кабеля может измениться почти на порядок: от 0,02 до 0,2 Ом. Не удалось достоверно определить, является ли рост сопротивления с частотой следствием индуктивности кабеля, или других причин, но объективные различия между кабелями очевидны, это иллюстрирует рисунок 2. По звуку, кстати, выигрывали те провода, у которых изменение сопротивления меньше - лучший обозначен на рисунке цифрой 1. Обратите внимание и на еще один факт: на рисунке сплошной линией и пунктиром показаны зависимости сопротивления от частоты для двух образцов одного и того же кабеля. Чем меньше расхождение, тем лучше звук.

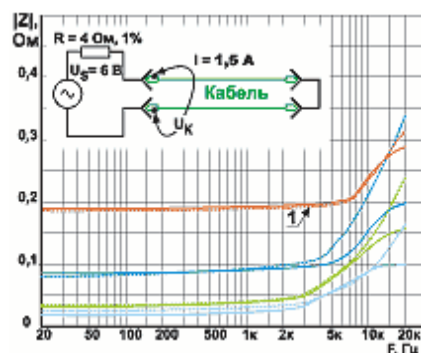


Рис.2. Сопротивление акустических кабелей. Схема и результаты измерений для кабелей различных типов

Интересными оказались результаты измерения сопротивления контактов (рисунок 3). Представлены схема и результаты измерений. При повторных измерениях сопротивления одних и тех же контактов оказалось, что сопротивление изменяется случайным образом: на рисунке показаны границы разброса.

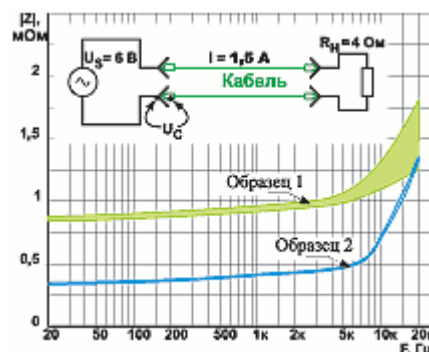


Рис.3. Сопротивление контактов акустических кабелей

Несколько серий измерений дали разные результаты, особенно велико было расхождение на высоких частотах у простого кабеля, а хороший кабель оказался хорош и в этом смысле. Величина сопротивления контакта невелика, всего 0,001 Ом, но в цепи таких контактов - четыре, то есть изменение сопротивления составляет 0,001 от сопротивления нагрузки, то есть -60 дБ. Это вполне можно заметить на слух.

**АЧХ и ФЧХ.** Диэлектрическая проницаемость изолятора в кабеле мало влияет на скорость распространения в нем сигнала - в "быстрых" кабелях отставание от скорости света в вакууме составляет всего единицы процентов. Не имеет смысла даже обсуждать возможность влияния этой скорости на звучание: при длине 3 м даже в "медленном" кабеле (1/2 от скорости света) задержка составит всего 20 нс, на звук такая задержка не влияет. В то же время, чем выше скорость распространения сигнала в кабеле, тем меньше влияние диэлектрика. И меньше искажения в звуковом диапазоне, даже если мы и не умеем их измерять.

Дискуссии о фазовых искажениях, которые вносит кабель на низких частотах, представляются мне уместными только в кругу "аудиогомеопатов": речь идет о величинах с десятком нулей после запятой. Гораздо вероятнее выглядит гипотеза об инерционных процессах в диэлектрике: для появления заметных искажений нужно аккумулировать примерно 1 мВт на метр кабеля, а это вполне возможно, вспомните опыт с "разряженным" конденсатором.

**Качества внешние и внутренние.** Электрические процессы на поверхности кабеля могут проявиться в звучании - энергии электростатического заряда для этого вполне достаточно. Проверить это совсем просто: протрите кабель антистатическим средством из арсенала домашней хозяйки - если и не поможет, то не повредит. Контактующие поверхности подвержены коррозии, со временем ухудшается контакт. Золото не ржавеет, но его поверхность загрязняется, даже если ее не трогать грязными руками: конденсируется вездесущая влага. Чистота - залог хорошего звука.

**Между мифами и реальностью.** Чудес не бывает. Если изменяется звучание, это значит, изменился сигнал, даже если мы и не умеем это измерять. Всякому следствию есть своя причина. Иногда очевидная, иногда - не очень. Сигнал просто так не портится. И дело тут, скорее всего, не в фазах луны и расположении далеких звезд, а в лежащем где-нибудь на кабеле мобильном телефоне, ведь тут идет речь о ваттах излучаемой мощности. Этого вполне хватит, чтобы "испортить песню".

Невозможно предохраниться от воздействия всех процессов, способных исказить сигнал и ухудшить звучание. Улучшая одно - можно ухудшить другое. Именно поэтому не стоит сломать



голову бежать за самым дорогим или особо аудиофильским кабелем. Наверняка он чем-то хорош, но подойдет ли он для решения ваших задач? Жить легко и просто, когда можно поручить решение задачи выбора кабелей и разъемов специалисту. Надо только правильно поставить перед ним задачу, но это уже другая тема. А пока - хороших вам проводов и контактов!

[\[далее\]](#)