

СЕКРЕТЫ КАБЕЛЯ

Артур Фрунджян

Углубляясь в сущность явления, мы обнаруживаем все новые глубины...

Речь идет, впрочем, не об НЛО или переселении душ, а о тривиальном кабеле.

Однако этот самый кабель, несмотря на свою внешнюю (и равно внутреннюю) простоту, таит в себе массу сюрпризов, не имеющих четкого научного обоснования. Понятие *voodoo science* (колдовская наука) укоренилось именно в среде производителей аудио-

кабелей высшего качества, распространившись затем и на область аксессуаров: всевозможных конусов, подставок и пр. Никакие умозаключения и прецизионные измерения не в силах выявить причину резких различий в «звучании» кабелей. Те, кто не сталкивался с этим на практике, не верят, особенно техники. Как это возможно?! В диапазоне до 20 кГц, да при сопротивлении проводника в десятые-сотые доли Ома — какая там может быть разница! Да возьмите вы хоть гвоздь вместо

кабеля, ничего не изменится! Включают — и меняется, до гвоздя дело даже не доходит. Для дипломированного инженера это шок, и тем более жестокий, чем выше оценки в его дипломе. Бедный инженер начинает судорожно вспоминать поверхностный эффект, диэлектрическую абсорбцию, групповое время задержки (иные даже закона Ома не чураются). Бедняге, пытающемуся объяснить наслух сколоченной гипотезой явно слышимую разницу, повезло, если он

не додумался заключить пари!

И в нормальной науке, и в ее «вуду»-суррогате фигурируют одни и те же физические реалии.

Именно:

Поверхностный эффект. С ростом частоты сигнала плотность тока возрастает ближе к поверхности проводника и убывает в середине. Это явление становится заметным на достаточно высоких частотах, значительно превышающих звуковой диапазон. Теоретически. Но бывалые «кабельщики» утверждают, что «толстый провод в

центре кабеля обеспечивает хорошее прохождение басов, тонкие же — на периферии — не дают ослабнуть высоким». На практике такие кабели, как правило, действительно демонстрируют глубокий бас и звонкий «верх».

Групповое время задержки. «Расслаивание» спектра частот, когда различные его компоненты по-разному изменяют фазу и в результате приходят «на финиш» при нескольких иных временных соотношениях, нежели «на старте». Это следствие распределенных параметров индуктивности и емкости усугубляется также поверхностным эффектом (увеличивающим сопротивление проводника на высокой частоте).

Электромагнитное взаимодействие. Вспомним несложный школьный опыт: по двум параллельным проводам пропускают постоянный ток, и если его направление одинаково, провода отталкиваются друг от друга, выгибаясь дугой, в противном же случае притягиваются. Подобные эффекты питаются энергией тока через наведенное вокруг проводника магнитное поле. Значит, частичка энергии сигнала в кабеле тратится бесполезно! Даже несмотря на массу и инертность кабеля, взаимное влияние соседних проводников с одинаковыми противофазными сигналами остается: где ток, там и магнитное поле. В межблочных кабелях ток практически равен нулю, но там передается переменное напряжение, а значит, также сохраняется взаимодействие — через электрическое поле А «вудуисты» учат нас, что пренебрегать нельзя ничем!

Проводник. Как известно, кабели делают в основном из меди. Это прекрасный материал: удельное сопротивление меди небольшое, и в этом медь уступает (причем незначительно) только серебру — кстати, уверенно опережая золото. Но медь меди рознь. Считается, что хороший кабель не может быть изготовлен из той же «грязной» меди, что и обычный электрический. Медь должна быть не просто чистой, а сверхчистой (99.999...% Cu), ее принято называть «бескислородной». Чем чище медь, тем меньше она подвержена окислению, примеси же различных металлов играют роль катализаторов и ускоряют окисление при контакте с воздухом. В сущности, чем это плохо? Пленка окисей и закисей на поверхности проводника может иметь полупроводниковые свойства, обладая при этом гораздо более высоким сопротивлением, чем сам металл. А ведь именно в поверхностном слое, как мы знаем, плотность тока на высоких частотах максимальна.

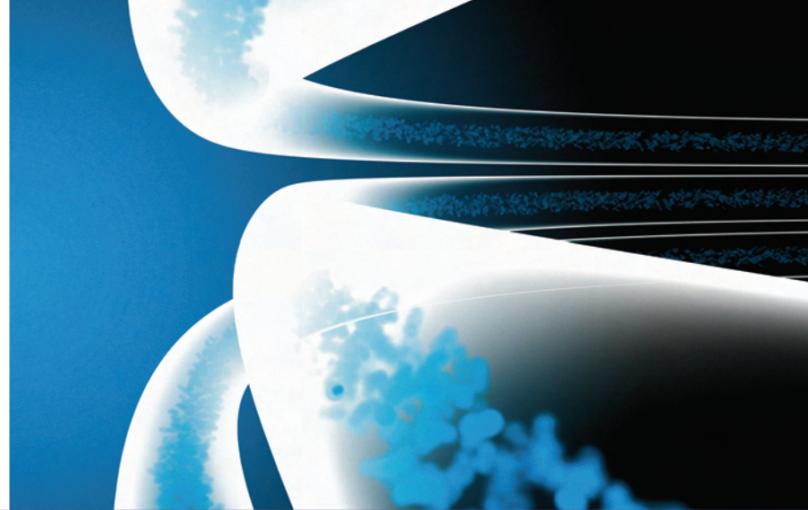
Притаившиеся за последней «девяткой» ионы чужеродных металлов, отличающиеся размерами и валентностью, неизменно нару-

шают регулярность кристаллической решетки. Может быть, электронам действительно неприятно перескакивать через препятствия, как нам — ехать на автомобиле по неровной дороге. Но особую ненависть поборников чистоты звука и меди вызывают примеси металлов группы железа — кобальта, никеля, обладающих, как и само железо, магнитными свойствами. Раздражение вызывают даже небольшие потери энергии сигнала на переориентацию магнитных доменов, которые вполне могут возникать при наличии ступиков ионов этих металлов! Невероятно, но есть модели кабелей, в которых применены проводники не из металла, а... из углеродистого композита! Тут уж точно никакого магнетизма, хоть и сопротивление гораздо выше, чем у меди. И такие кабели (*Van Den Hull*) — наглядный пример отличного звука, хоть и за баснословные деньги.

Однако оставим чистоту сигнала, тут вряд ли кто-то из дипломированных инженеров станет спорить с «вудуистами». Последние часто апеллируют также к молекулярной структуре меди, подчеркивая, что на звук она влияет очень сильно. Любой металл имеет поликристаллическую структуру. Но обычный медный прокат состоит из волокон, как бы спекшихся друг с другом, и длина этих волокон порядка миллиметра. Специальные технологии позволяют увеличивать ее чуть не до бесконечности — так, что в пределах одного кабеля волокна оказываются непрерывными. Это улучшает характеристики кабеля, уменьшая внутренние неравномерности.

Но что мы все о меди. Есть и серебро! Аудиофилы разделяются на два лагеря, медный и серебряный. Оба металла имеют доволно четкие звуковые свойства. Например, медь звучит более телесно, бархатисто, тогда как серебро — легко, воздушно и необыкновенно прозрачно. Что предпочесть — дело вкуса. Комбинирование серебра и меди в одном кабеле не примирило «медных» и «серебряных». Хотя среди подобных моделей кабелей встречаются очень неплохие. Нако-нец, посеребренные медные провода применяются очень часто, особенно в качестве видео и цифровых: там поверхностный эффект действительно ощутимо сказывается, и серебряное покрытие его несколько сглаживает. Цельное же серебро, да еще при большом сечении кабеля, недешево. Серебряный акустический кабель нередко стоит более 1000 у.е. за погонный метр.

Изоляция. Вы ошибаетесь, если думаете, что качество металла в кабеле решает все. Изоляция! У нее лишь две полезных функции: собственно изоляционная и механическая. Остальные свойства вред-



ны. И прежде всего — диэлектрическая абсорбция.

Дело в том, что часть энергии сигнала уходит на ориентирование молекул-диполей в полимерной структуре диэлектрика. То есть в тепло, образующееся вследствие «внутреннего трения». Часть энергии возвращается, и это хуже, чем ее потери: «рикошет» смазывает мелкие подробности, поскольку слегка отстает по времени. Этот процесс к тому же обладает частотной зависимостью, что делает картину еще более печальной.

Кроме этого, в слоях изоляции может накапливаться статический заряд, воздействующий на сигнал. Поэтому вы никогда не встретите хорошего кабеля с полихлорвиниловой изоляцией проводников (из нее делается чаще всего внешний слой, еще из нейлона, силикона и т.п.). Хорошими диэлектриками считаются полипропилен, полистирол, поликарбонат (они же применяются в качественных конденсаторах). Гораздо хуже — полиэтилен, лавсан. Царь всех диэлектриков — тефлон. Конечно, он дорог, не слишком технологичен (в частности, у тефлона довольно высокая температура плавления), но применяется весьма часто. Впрочем, вспененные полимеры более «низкого» происхождения позволяют ощутимо приблизиться к «царской особе». Воздух весьма близок к вакууму — идеальному диэлектрику. Конечно, вспененный тефлон и тут лидирует с большим отрывом.

Чтобы обеспечить сток статических зарядов, изолятор иногда импрегнируют графитным порошком (при этом электрическая проводимость остается ничтожной, поскольку частицы углерода не соприкасаются друг с другом). Этой же цели в некоторых кабелях служит т.н. дренажный провод: специальный проводник, заземленный на одном конце кабеля. Но почему те же заряды не могут стекать по сигнальным проводникам? Если дренажный провод (или целый экран) расположен на поверхности кабеля или хотя бы неглубоко, то он действительно выравнивает электрические потенциалы внутренней

и внешней поверхности изоляции.

Геометрия. Особого разнообразия в конструкции кабелей не наблюдается. Стандартные варианты: обычная или витая пара, открытая или экранированная, и коаксиальная конструкция. Последняя используется на высоких частотах: в видео- и цифровых кабелях, где необходимо придерживаться стандартного волнового (характеристического) сопротивления (обычно 75 Ом, в отдельных случаях 50 или 110 Ом). Это достигается просто: выбором нужного соотношения диаметров центрального проводника и полого экрана. Поверх может присутствовать еще один или несколько экранов, изолированных слоем диэлектрика — для защиты от эфирных помех, уровень которых в больших городах становится все более ощутимым. В частности, от «цифрового эфирного фона», который непрерывно растет из-за обилия цифровой техники и импульсных устройств, особенно диммеров, резко отсекающих часть периода синусоиды сетевого напряжения и загрязняющих как сеть (острые пики напряжения могут достигать нескольких киловольт), так и эфир. И, наконец, тривиальные наводки от сети 50 Гц (и второй гармоники 100 Гц) очень часто проявляются в виде неприятного гула. Поэтому экранируют не только высокочастотные коаксиальные кабели, но и межблочные «пары» (акустические кабели обходятся без экрана).

Неэкранированный кабель чаще всего звучит не в пример лучше экранированного — видимо, потому, что энергия сигнала не расходуется на наведение токов в экране. Если «электромагнитный микроклимат» позволяет обойтись без экрана (то есть его отсутствие не ведет к увеличению уровня шумов и низкочастотному гулу), опытный аудиофил предпочтет «голый» кабель.

Вспомним еще раз пример с параллельными проводами, которые притягиваются друг к другу или отталкиваются в зависимости от взаимного направления постоянного тока. Если провода пустить под некоторым углом, взаимовлияние ослабнет и полностью

исчезнет, когда этот угол станет прямым. Именно поэтому витая пара более популярна, чем обычная: провода в ней находятся под некоторым углом друг к другу. Кроме того, извиваясь по спирали, они лучше «усредняют» наводки. Помехи, наведенные на оба провода, оказываются синфазными, их влияние меньше, чем у противофазных, особенно в балансных схемах и кабелях (имеющих два «горячих» проводника, по которым идут аналогичные, но противофазные сигналы, и общий «земляной»). Балансные кабели позволяют без особых помех (в прямом смысле) передавать слабые сигналы на значительные расстояния, отсюда распространность балансной конфигурации.

Встречаются и экстремальные конструкции кабелей, угол между проводниками в которых действительно равен 90°.

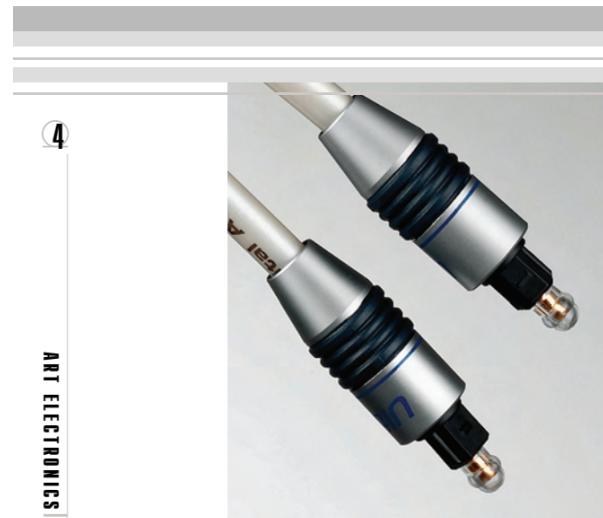
Далее. Есть одножильные и многожильные провода и, соответственно, кабели. Одножильные встречаются заметно реже. Иногда в одном кабеле комбинируют жилы разного сечения, ссылаясь на некий оптимальный «рецепт», найденный экспериментально. Такое возможно: во всяком случае, в кабельном деле эмпирический метод, безусловно, превалирует над аналитическим. «Рассчитать» кабель с заданным характером звучания невозможно, а с заданными физическими параметрами — обычная практика.

Многожильный кабель легко сделать любого нужного сечения при сохранении приемлемых механических свойств (это особенно актуально в акустических кабелях). Но чем больше сечение, тем больше последствия поверхностного эффекта: хотя поверхность с ростом сечения увеличивается, но увеличивается и неравномерность сопротивления для разных частот. Многожильный провод в этом смысле ничуть не лучше, чем одножильный с тем же сечением, к тому же отдельные жилки то выходят на поверхность, то «ныряют» в глубину, внося дополнительную неопределенность. Совсем другое дело в случае применения *литцендратов*: многожильных кабелей с индивидуальной изоляцией каждой жилы, которая ведет себя как отдельный кабель, и их проводимости суммируются, не увеличивая поверхностный эффект. Другое решение предложила американская фирма **Kogan-Hall**: полые тонкостенные медные трубки. Однако это непрактично из-за их жесткости и ломкости. Наиболее интересное в плане геометрии направление — кабели с плоскими проводниками. Раскатанный в тонкую полоску фольги проводник достаточно большого сечения имеет значительно



UltraLink Ultima MK II

большую поверхность по сравнению с цилиндрическим, и вместе с тем практически лишен глубины. К тому же такой акустический кабель ничего не стоит «спрятать».



UltraLink OPTI

Геометрия изолятора далеко не всегда полностью соответствует геометрии проводника. Часто проводники не просто изолиру-

ются друг от друга слоем диэлектрика, но разносятся на какое-то расстояние. При этом просвет изолятора может превосходить диаметр проводника, который в этом случае почти со всех сторон окружен воздухом.

Затем: внешняя изоляция выполняет функцию механического демпфирования кабеля: акустические колебания (например, музыка) вызывают вибрации, при этом сигнал может модулироваться этими вибрациями. Например, в многожильном кабеле — из-за меняющегося контакта между жилками, в кабеле любого типа — из-за нестабильности расстояния между проводниками. «Вудуисты» всерьез относятся к «микрофонному эффекту» кабеля.

И при кажущейся нелепости их наблюдения в этом случае принесли пользу, что доказано практикой.

Теперь немного о фирмах, внесших весомый вклад в арсенал шедевров кабельного искусства.

AudioQuest (США). Большой ассортимент кабелей любых назначений, прекрасная репутация и гарантированно максимальная отдача от вложенной суммы. Масса патентованных передовых технологий. **HyperLitz** — усовершенствованный литцендрат: изолированные одножильные проводники образуют полый цилиндр, что, кроме прочих преимуществ, исключает нерегулярности электромагнитных взаимодействий в кабеле. **SST (Spread Spectrum Technology)**, технология расширенного спектра) использует разные сечения проводников в литцендрате. Это делает доступной, как утверждают авторы, тонкую «настройку» кабеля на равномерную передачу широкого спектра частот. Компания **AudioQuest** первой начала применять длинноволнистую медь и серебро, а также «воздушную подушку» — проводник контактирует с изоляционной трубкой только по одной линии, оказываясь в «диэлектрически идеальной» воздушной среде. Во многих моделях паяные соединения (в терминалах) заменены на сварные или комбинированные — обжим и пайка, последняя больше «консервирует» контакт, предохраняя металл от окисления, и обеспечивает большую прочность. Вообще же любой припой, даже серебросодержащий, уступает по многим характеристикам меди и серебру.

Monster Cable (США). Огромный ассортимент, довольно сложная конструкция, качественные наконечники. Масса достоинств, благодаря которым компании удается удерживать лидерство на рынке,

несмотря на значительное усиление конкуренции в последние 10-15 лет.

Kimber Kable (США). Фирменный почерк — «плетенка» из нескольких многожильных медных или серебряных проводов в виде «косички», жилки различных сечений. Большинство моделей не экранировано. Изоляция в основном тефлоновая, за исключением самых недорогих моделей. Характерное мягкое, благородное звучание. Мировые бестселлеры — акустические кабели **4TC** и **8TS**, а также межблочный **PBJ** — один из



Kimber Kable KS 1111

самых популярных бюджетных кабелей. Лет десять назад был поставлен рекорд: компания выпустила акустический кабель **Black Python** толщиной с руку, внешняя оболочка была заполнена вибропоглощающим гелем. Кабель стоил 15 000 у.е.!

XLO Electric (США). «Полый литцендрат» в виде нескольких намотанных на трубчатое основание в две спирали (строго под 90°), индивидуально изолированных медных проводников (межблочные и цифровые (!) кабели), обычный литцендрат большого суммарного сечения в качестве акустических кабелей. В дорогих моделях тефлоновая изоляция. Выраженный звуковой почерк, проявляющийся в исключительной прозрачности и хорошей детализации.

Ultralink (Канада). Молодая компания, делающая успехи и на локальном, и на мировом рынке. Продукция не имеет заоблачных цен, но при этом весьма и весьма качественна. Используется бескислородная медь «шесть девяток» специальной технологии проката, в качестве диэлектрика тефлон и вспененный азотом полиэтилен. Интересны также оригинальные подпружиненные RCA-наконечники, гарантирующие качественный контакт в течение длительного времени. Недавно фирма **Ultralink** приобрела знаменитую американскую **XLO Electric** с правом использования брэндового имени последней.

Chord (Великобритания). Фирма, выпускающая множество замечательных кабе-



AudioQuest Kilimanjaro

лей, ищет не просто лучшие материалы и конструктивные решения, но оптимальные их комбинации. Так, например, опытным путем установлены удачные сочетания «серебро плюс тефлон» и «медь плюс вспененный полиэтилен». Межблочные кабели серии *Signature* используют коаксиальную конструкцию, внешний экран заземляется с одной стороны либо имеет отдельный вывод с «крокодилом». Низкочастотный фон снижается благодаря замкнутым «земляным» контурам. Большое внимание уделяется чистоте металла.

MIT, Transparent Cable (США). Эти две замечательные компании роднит то, что свои кабели они снабжают пассивными корректорами реактивных параметров (емкость и индуктивность), помещенными в висащих на кабеле коробочках. Обширные исследования и инструментальные измерения ведут к осознанной оптимизации кабеля, без уменьшения погонной индуктивности и емкости любой ценой, как это принято. По мнению **MIT**, для лучшей передачи мощности акустический кабель должен иметь вполне определенные и взаимно увязанные величины реактивных параметров. *Transparent Cable* также активно борется с шумами, наводимыми на кабель (как на антенну) с помощью своих фильтров-корректоров. Продукция обеих компаний действительно достойна восхищения.

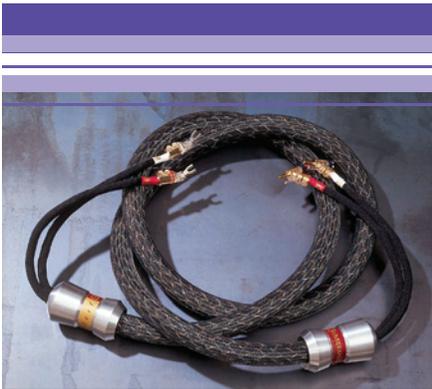
Audio Note (Япония, Великобритания). Культовый характер продукции обеих отделений **Audio Note** в полной мере распространяется и на кабели. Последние отличаются относительно простой конструкцией, в них часто используется серебро. Выделяются они тем, что в качестве диэлектрика применен полиуретан. В наиболее дорогих моделях японской **Audio Note** чистейшее серебро покрывается слоями полиуретана прямо на последней стадии проката, практически исключая контакт с воздухом (хотя серебро и не столь подвержено окислению, как медь). Некоторые модели изготавливаются в виде литцендрата.



Kimber Kable KS 2020

Nordost (Великобритания). Подчеркнутый интерес вызывают линейки плоских межблочных и акустических кабелей из бескислородной меди и серебра. Диэлектрик — штампованный тефлон. Проводники прямоугольного сечения (по несколько штук на прямое и обратное направление) идут строго параллельно и в одной плоскости. Это минимизирует реактивные составляющие. Примечательно, что погонные емкость и индуктивность приводятся компанией на каждую модель кабеля. Естественно, емкость в такой конфигурации минимальна.

Goertz (США). Серебряные плоские медные кабели с диэлектриком из полипропилена. По контрасту с моделями **Nordost**, прямой и обратный проводник накладываются друг на друга «бутербродом», порождая (при довольно широкой фольге) Бог знает какую емкость! Однако на этот счет у компании есть свое мнение: большая погонная емкость уменьшает характеристическое сопротивление, приближая его, таким образом, к стандартным 8 Ом (входное сопротивление акустических систем). Теория весьма спорная:



Kimber Kable KS 3035

выходное сопротивление усилителей весьма далеко от этого значения, а импеданс АС сильно зависит от частоты. Но практика в данном случае побеждает теорию: при хорошей стыковке с усилителем и колонками кабели **Goertz** способны приятно удивить даже бывалого аудиофила.

Cardas (США). Одна из самых аристократических кабельных компаний, успешно применяющая принцип золотого сечения в своих разработках. Литцендрат состоит из медных проводников различного диаметра, постепенно уменьшающегося к центру в соотношении золотого сечения. Изоляция из вспененного тефлона. Это исключает электромеханические резонансы и, как утверждает производитель, улучшает остальные характеристики кабеля, в частности, позволяет добиться стабильной электрической добротности. Традиционно

кабели **Cardas** получают самые высокие оценки экспертов.



Stereovox (США). Это — вершина кабельного искусства. Крис Соммовиго, разработчик и глава фирмы, получил известность в начале 90-х благодаря революционному цифровому кабелю *Black*

Orchid. Нынешняя продукция отличается массой инноваций. Например, серебряные проводники эллиптического сечения в многослойной изоляции из вспененного тефлона окружены экраном из параллельно идущих жил (межблочники). В акустических проводах применяется посеребренный медный провод. Наконечники оригинальной конструкции припаиваются серебросодержащим припоем, состав которого жестко нормируется. По разрешению и прозрачности кабели **Stereovox** превосходят лучшие модели других фирм.

В заключение добавим, что кабель, даже сетевой, несомненно, является полноценным компонентом аудиосистемы. Разумеется, ему надо дать время на «приработку» и подключить в точном направлении (обычно оно указывается стрелками либо определяется экспериментально). Недооценивать роль кабеля — значит лишать свою систему тонкой настройки. Кабели должны подбираться индивидуально, как подбирается галстук к парадному костюму.

Однако серьезные дефекты, например явные огрехи тонального баланса, кабель исправить не способен: это все же не эквалайзер. У кабелей слишком много своих болячек, чтобы они могли успешно лечить чужие!