

Влияние различных типов кабелей на эксплуатационные показатели высокочастотных громкоговорителей

Перевод и техническое редактирование Александра Кравченко vita46@yandex.ru

Филип Ньюэлл, консультант по акустике, Моана, Испания; Сержио Кастро, компания "Reflexion Arts SL", Виго, Испания; Мигель Руиз, инженер-электронщик, компания "Reflexion Arts SL", Виго, Испания; Кейт Холланд, ISVR, Саутгемптонский университет, Великобритания; Джулиус Ньюэлл, независимый консультант по аудиосистемам, Блэкберн, Великобритания

Вокруг темы применения нагрузочных кабелей действительно постоянно разгораются самые горячие дискуссии. Существует много очевидных свидетельств того, что разница в звучании при применении различных типов нагрузочных кабелей является вполне слышимой и осязаемой. Тем не менее твердых научных доказательств этого феномена не существовало. Иными словами, не хватало доказательств, которые бы как-то связывали осязаемые различия в звучании с различиями каких-либо характеристик в ходе исследований. Цель этого отчета заключается в том, чтобы доказательно представить повторяющиеся и очевидные свидетельства различий эксплуатационных характеристик кабелей и связь между этими различиями и различиями в субъективном восприятии музыкального материала при прослушивании опытными экспертами, а также выявить возможное влияние нагрузочных кабелей на воспринимаемую нами "прозрачность" звучания высококачественных студийных мониторных систем.

Если быть более точным, то этот отчет касается применения нагрузочных кабелей для использования их с высокочастотными громкоговорителями и того, как изменение типа кабеля (по сравнению с обычными нагрузочными кабелями) может привести в результате к улучшению звучания. Предлагаемые к использованию кабели могут быть даже дешевле, чем те нагрузочные кабели, которые большинство людей считает наиболее подходящими для использования с громкоговорителями. Будет четко и ясно продемонстрирована связь между воспринимаемым звучанием и измеренными эксплуатационными показателями этих кабелей. Будут исследованы линейные и нелинейные характеристики, временные характеристики и влияние окружающей среды, в частности, электромагнитных явлений. Будут также представлены интересные свидетельства, касающиеся изменений поведения эксплуатационных характеристик нагрузочных кабелей соответственно с реактивной и резистивной нагрузкой.

Филип Ньюэлл

Лет 6–7 назад, когда я еще был звукоинженером и руководителем студии "AFS", один из друзей-аудиофилов пригласил меня к себе в гости. Естественно, разговор зашел о музыке. Мой друг убеждал меня, что звучание его акустических систем зависит от типа кабеля, которым они подключаются к усилителю мощности. Возможно, в силу некоторого снобизма я всегда воспринимал подобные разговоры, как чепуху. Но чтобы не обидеть своего товарища, согласился поучаствовать в эксперименте. И случилось то, чего я никак не ожидал. Я не верил своим ушам, но различия в звучании действительно были! Объяснить это явление я никак не мог. Найти какую-то информацию, аргументированно объясняющую это явление, мне тоже не удавалось. Одно могу сказать точно: с тех пор мое отноше-

ние к аудиофилам перестало быть насмешливо-высокомерным. За прошедшее время было еще несколько похожих случаев, которые укрепили меня во мнении, что аудиофилы имеют право на свою точку зрения, а нам, людям, работающим в про-аудио, к этому мнению следует прислушиваться.

В предлагаемом вашему вниманию отчете речь пойдет о тестировании кабелей, которыми акустические системы (мониторы) подключаются к усилителям мощности. Как эти кабели называются? Вот только несколько названий, которые попадались мне в русскоязычной прессе:

- нагрузочные кабели;
- силовые кабели;
- акустические кабели;
- кабели для акустических систем;
- кабели для мониторов;
- мониторные кабели;
- аудиокабели;
- колоночные кабели;
- спикер-кабели;
- спикерные кабели.

К сожалению, некоторая терминологическая путаница присутствует не только в отношении кабелей. Поэтому давайте условимся, что кабели между громкоговорителями и усилителями, о которых пойдет речь ниже, мы будем называть во избежание путаницы, например, “нагрузочными кабелями”.

Я очень благодарен Филипу Ньюэллу, который постоянно держал меня в курсе проводимых исследований и по их завершении выслал все материалы в электронном виде с правом публикации для нас с вами на страницах “Шоу-Мастера”. По крайней мере для меня этот отчет действительно в некотором смысле является сенсационным. J

А что касается терминологической путаницы... Это отдельный вопрос, и решение его, как мне кажется, уже назрело.

Александр Кравченко, vita46@vandex.ru

1. Предисловие

Вот уже около 30 лет модной темой для дискуссий является вопрос о влиянии нагрузочных кабелей на достоверность звучания при прослушивании воспроизводимого громкоговорителями музыкального материала. Тем не менее, несмотря на все те успехи, которых во всем мире добилась промышленность, специализирующаяся на разработке и производстве кабелей, полемичность этой темы до сих пор не исчерпана. Например, у Джона Ваткинсона (John Watkinson), известного обозревателя этой проблемы, мы читаем: “Я никогда не замечал различий в конечном звучании в зависимости от того, каким концом кабель подключен к усилителю, а каким – к громкоговорителю”. “Я всегда умышленно меняю направление кабеля и до сих пор ожидаю кого-либо, кто смог бы указать на мою ошибку”¹. В то же время Бен Данкен (Ben Duncan) говорит о том, что в действительности при обнаружении многих бескомпромиссных объективностей мы предпочитаем отрицать их существование, предпочитаем отрицать возможность каких-либо “ненормальных” явлений вместо того, чтобы разобраться в проблеме и выполнить какие-то исследовательские работы. Другими словами, вместо того чтобы выяснить, почему кабели имеют отличия и в

чем они заключаются, мы часто говорим, что коль проводимые измерения никаких различий не подтверждают, значит и различий, которые мы слышим, на самом деле нет, они – кажущиеся.

Трое из авторов этого доклада кроме наличия десятилетий опыта в акустике и электроакустике имеют также многолетний опыт работы в качестве звукоинженеров. Все они также убеждены в том, что слышали различия в звучании при использовании различных нагрузочных кабелей в такой степени, что эти различия были различимы, хотя эти эффекты едва уловимы. Следует заметить, что все эти годы они в основном работали не на экстравагантном hi-fi оборудовании, а на номинально профессиональном оборудовании. А коль профессиональная техника является более помехоустойчивой, то это приводило к менее очевидной степени различий в отличие от тех, которые часто обсуждаются в аудиофильной прессе. Описанные далее в этом отчете исследования потому и были проведены, чтобы попробовать поставить некоторые определенные и повторяемые эксперименты, чтобы продемонстрировать, существуют ли заметные различия и если это так, то узнать точно, что же приводит к этим различиям.

2. Философские предпосылки для этой работы

Предпосылкой для проведения тестирования, описанного в этом отчете, была определенная работа, связанная с вводом в эксплуатацию большой студии, владельцем которой по профессии был очень успешным продюсером звукозаписи, а по своим увлечениям – аудиофилом. Ввиду этого предполагалось также и его участие в тестировании в качестве “парочки хороших ушей”. После ввода студии в эксплуатацию и во время “притирочного” периода владелец студии сомневался в том, действительно ли правильно были выбраны настройки воспроизведения высокочастотного диапазона на мониторных системах.

Чтобы несколько успокоить его, было предпринято несколько попыток незначительных подстроек пассивных схем кроссоверов, расположенных перед усилителями мощности, к выходам которых были подключены высокочастотные громкоговорители. Но все эти меры владельца студии не удовлетворили.

Тогда он предложил попробовать заменить нагрузочные кабели высокочастотных громкоговорителей, хотя эти громкоговорители были подключены посредством высококачественных кабелей сечением 4 мм² с проводниками из бескислородной меди и поставлялись именно в качестве нагрузочных кабелей, хотя их длина и была больше двух метров.

Будучи несколько озадаченным всем этим, проектировщик мониторной системы (Филип Ньюэлл) вспомнил о рекомендациях в одном аудиофильном журнале по использованию стандартного коаксиального видеокабеля в качестве нагрузочного кабеля для высокочастотных громкоговорителей² и решил, что стоит это попробовать. В данном случае высокочастотные громкоговорители (которые использовались для воспроизведения частот выше 1 кГц) были перекоммутированы и подключены обычными медными коаксиальными кабелями RG59. В производстве этих кабелей использовалась обычная медь, которая не была ни бескислородной, ни линейно-кристаллической. Новые кабели имели длину немногим меньше трех метров.

На протяжении года после указанной замены кабелей от “аудиофильного” владельца студии не было никаких жалоб и нареканий. С того времени таким же образом были модернизированы две существующие студии, а также одна вновь построенная, и персонал всех этих студий был очень доволен звучанием и тем, насколько возросла “прозрачность” высоких частот.

Во всех этих случаях сравнительные измерения характеристик не показывали никаких изменений звучания. Тем не менее, по всеобщему мнению, применение кабеля RG59 способствовало улучшению звучания. С технической точки зрения данная ситуация является довольно-таки необъяснимой. Но не следует забывать и о том, что окончательная оценка успешности или неудачи акустического дизайна любой студии в конечном итоге определяется субъективными мнениями о нем пользователей. По этой причине проектировщики студий не имеют права пренебрегать этими мнениями, ведь, в конечном счете, проектировщики работают именно для пользователей, будь то персонал студий или их клиенты.

3. Подготовка к тестированию

Хорошо известен тот факт, что в акустических системах с высокой разрешающей способностью могут иметь место различия в звучании, связанные с применением разных нагрузочных кабелей. Известно также, что для обеспечения поддержания высокого коэффициента демпфирования (это особенно важно для точного звучания низкочастотного громкоговорителя) необходимо удерживать сопротивление и индуктивность кабелей как можно более низкими. Однако мне кажется, что при кабельной разводке в многополосных акустических системах с отдельным усилением мы недостаточно уделяем внимания определенным потребностям и специфике передачи высокочастотных сигналов. Поэтому было решено исследовать те эффекты влияния нагрузочных кабелей на аудиосистемы, которые действительно слышимы, чтобы показать эти отличия в хорошо контролируемых условиях. Не правда ли, обсуждаемый случай здесь существенно отличается от неких правил применения нагрузочных кабелей, поскольку вместе с обычными нагрузочными кабелями нами будет тестироваться кабель с относительно высоким сопротивлением (хотя и обладающий низкой индуктивностью), который изготовлен из обычной меди. Однако индуктивность кабеля в этом случае едва ли могла рассматриваться как фактор, который серьезно влияет на чистоту эксперимента.

Относительные параметры рассматриваемых кабелей приведены ниже в таблице.

Казалось бы, что характеристики кабеля могут воздействовать на характеристики звучания по следующим четырем причинам:

1. Линейные искажения в частотном диапазоне вследствие индуктивности, емкости и сопротивления.
2. Линейные искажения вследствие временных искажений, которые могли возникать из-за отражений в линии.
3. Нелинейные искажения, возникающие вследствие воздействия электромагнитных волн на радиочастотах, с их последующей инжекцией в аудиосхемотехнику.
4. Нелинейные искажения, возникающие вследствие каких-то изменений во взаимодействии между усилителем и громкоговорителем.

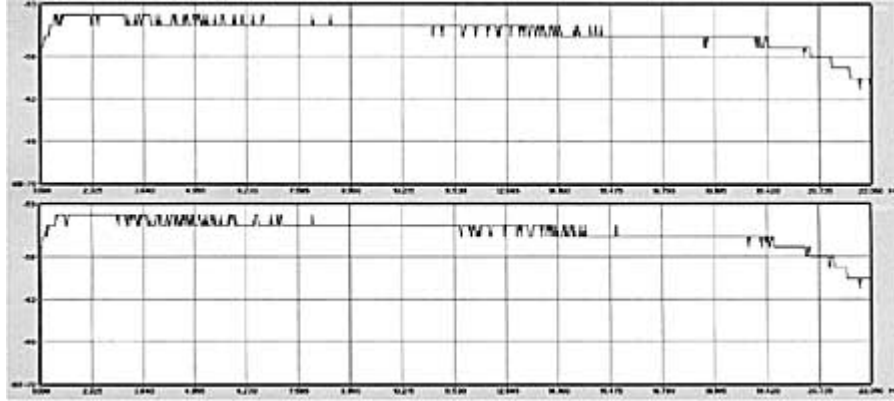
Оборудование для тестирования было настроено таким образом, чтобы “видеть” соответственно воздействие каждой из этих причин. В случаях 1, 2 и 3 использовались поочередно кабели длиной 5 и 50 метров. В случае 4 тестировался также кабель длиной 20 футов (6 метров) американского производства.

4. Линейные искажения вследствие индуктивности, емкости и сопротивления

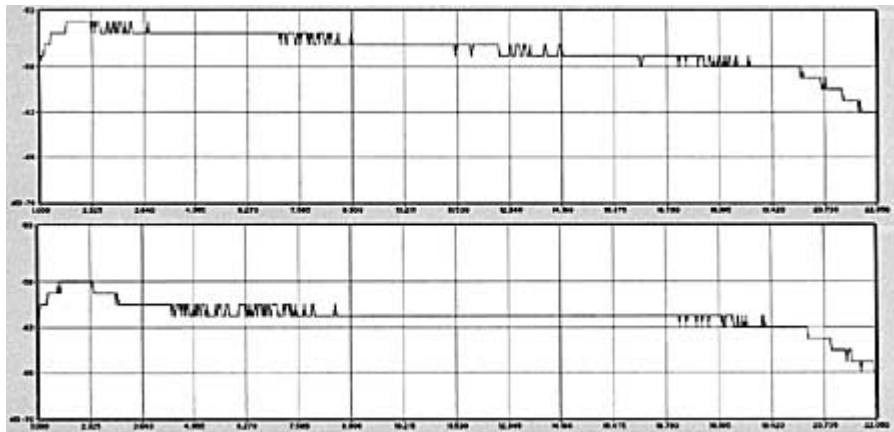
Таблица

| | 800 Герц | 8000 Герц |
|---------------|----------|-----------|
| Вход: | 0,2 В | 0,2 В |
| Выход: | 0,2 В | 0,2 В |
| Длина кабеля: | 10 м | 10 м |
| Нагрузка: | 100 Ом | 100 Ом |

Результаты измерений, получаемые соответственно с выхода усилителя мощности и со входа в громкоговорители, записывались на DAT-магнитофон. В тестировании использовалась точно такая же система усилитель/громкоговоритель, как и в вышеупомянутых студиях, в том числе электронный канал кроссовера с частотным диапазоном от 1 кГц до 50 кГц, 50-ваттный канал усилителя мощности класса A Neva Audio (модель Studio II), компрессионный драйвер TAD модели TD2001, нагруженный рупором AX2 фирмы Reflexion Arts.

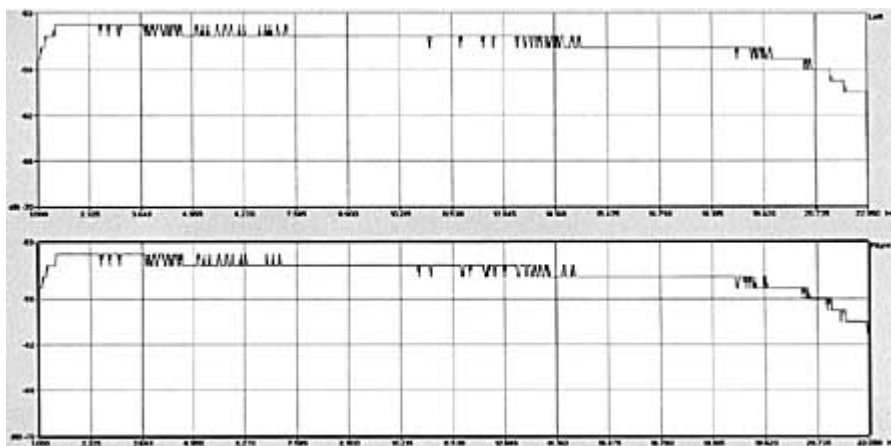


На рис. 1 показана характеристика обоих каналов DAT-магнитофона, которая подтверждает, что между характеристиками каналов, на которые при тестировании производилась запись с обоих концов нагрузочных кабелей, не было практически никакой разницы.

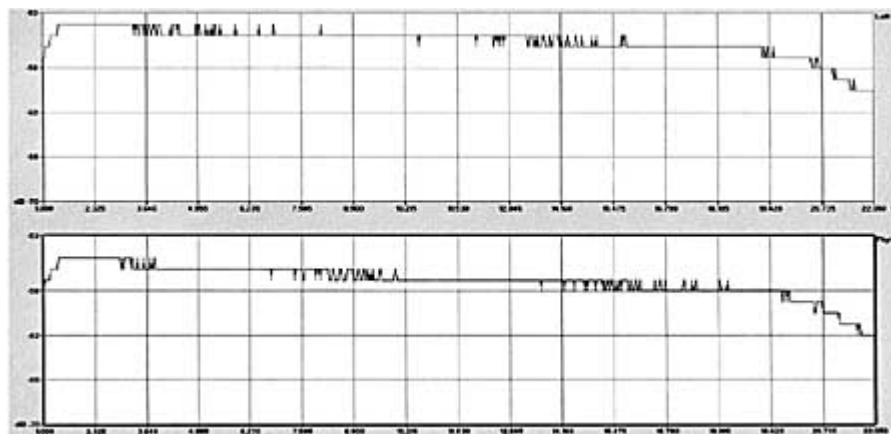


На рис. 2 показаны характеристики, снятые с обоих концов кабеля. Тестировались два типа кабеля длиной по 50 метров каждый. Если бы тестируемые кабели были идеальными совершенными проводниками, то мы бы получили такой же точно график, как и на рис. 1. На графике рис. 2 можно заметить, что нагрузочный кабель OFC демонстрирует очень малые потери на низких частотах, а заметный эффект фильтра низких частот может быть замечен по постепенному снижению характеристик по мере повышения частоты. И наоборот, коаксиальный кабель RG59 показывает намного большие общие потери из-за своего сопротивления, но очевидно, что эти потери не являются частотно-зависимыми. Бесспорно, что на низких частотах, воспроизводимых громкоговорителями, подвижные системы которых представляют собой некую управляемую массу, такая степень сопротивления кабеля могла бы серьезно ухудшать демпинг-фактор. Но на высоких частотах (выше 1 кГц), которые воспроизводятся громкоговорителями с подвижными системами с незначительной массой, демпинг-фактор вряд ли является существенным. Более того, когда пассивный фильтр кроссовера подключается к любой нестабильной нагрузке, изменяющей импеданс в зависимости от частоты, дополнительное серьезное сопротивление могло бы на-

рушить частотную характеристику. Но при студийном использовании нагрузочные кабели делают достаточно короткими, поэтому они не могут иметь такого сопротивления, чтобы из-за этого создавать существенные проблемы. Кривая импеданса громкоговорителя в этом случае будет довольно нейтральной и безобидной. 50-метровая длина кабелей, тестирувавшихся в данном случае, была просто необходима для того, чтобы более выразительно проявить отличия кабелей друг от друга. Конечно же, кабели такой длины не рекомендуются к использованию и не используются в студиях, хотя в системах звукоусиления может быть и такое.



На рис. 3 показана характеристика кабеля OFC с более приближенной к реальным условиям длиной в 5 метров. На верхнем графике показаны замеры на том конце кабеля, который подключен к усилителю мощности, а на нижнем графике – на том конце кабеля, который подключен к громкоговорителю. Никаких существенных различий между обеими графиками не наблюдается. Это позволяет нам говорить о том, что эффект фильтра низких частот в типичном студийном применении проявляться не будет. При этом графики на рис. 3 очень похожи на графики, изображенные на рис. 1.



На рис. 4 показаны характеристики замеров на концах 5-метрового коаксиального кабеля RG59. Некоторая странность состоит в том, что, как кажется, присутствуют небольшие потери в высокочастотном диапазоне, примерно 1 дБ полных потерь из-за дополнительного сопротивления, но такой спад мог быть сугубо измерительным артефактом из-за шага в 1 дБ, используемого в этом типе визуального представления результатов измерений.

Похоже, проведенные испытания подтверждают, что в кабелях длиной всего лишь три метра (которые обычно и используются в студиях) потери из-за сопротивления, емкости и индукции являются очень незначительными. Предыдущие настройки фильтра кроссовера,

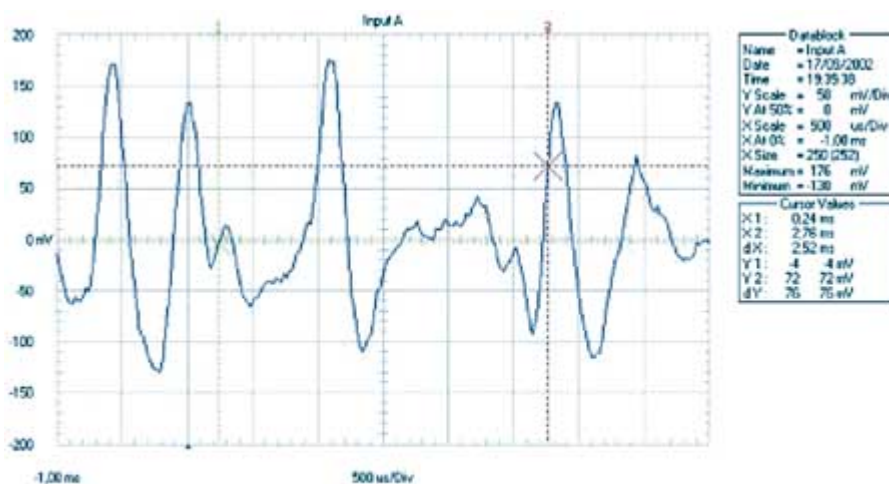
которые производились в студии, что уже описывалось в разделе 2, позволяли добиваться намного большего уровня различных вариантов коррекции высокочастотного диапазона, чтобы только из-за этого стоило отдавать предпочтение коаксиальному кабелю RG59.

5. Линейные искажения из-за отражений сигнала

В работе, выполненной в Технической школе Женевы в Швейцарии (Engineering School of Geneva)³, сделано предположение, что отражения внутри кабелей, возникающие вследствие неточного согласования импедансов, могут нарастать, что приводит к проявлению эффекта искажения фронта волны (атаки) импульсных сигналов посредством линейной суперпозиции (наложения, совмещения. – А.К.) прямых и отраженных сигналов. Однако эти измерения проводились с импульсными сигналами частотой 10 кГц и на кабелях длиной 100 метров. Но в нашем тестировании, когда применялись только 5-метровые нагрузочные кабели, этот эффект не мог бы быть проявлен никак.

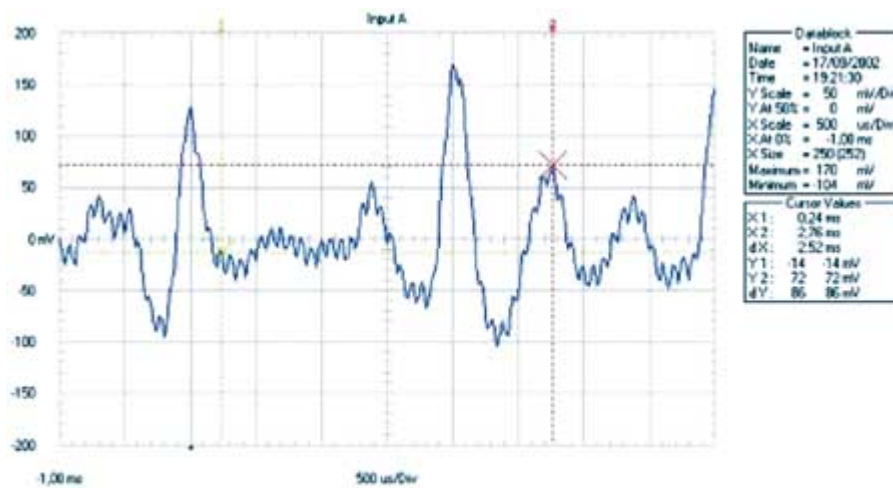
6. Нелинейные искажения из-за электромагнитных помех

Во время тестирования, ход которого описывался в разделе 4, было замечено, что уровень фоновых шумов на формах волн (при проверке на осциллографе) проявлялся в зависимости от типа кабеля и его длины. Чтобы продолжить исследование этого явления, оба типа кабеля длиной 50 метров были присоединены к усилителю мощности с одной стороны, и к компрессионному драйверу – с другой стороны. Тестируемые кабели были уложены так, чтобы изменять свое направление трижды (волнообразно, “змейкой”. – А.К.) во избежание образования любых петель. Анализатор формы волны был подключен к тому концу 50-метрового нагрузочного кабеля OFC, который был соединен с выходом усилителя. После этого начиналось наблюдение за формой волны при одновременном прослушивании фрагмента записи соло трубы на приемлемом уровне.



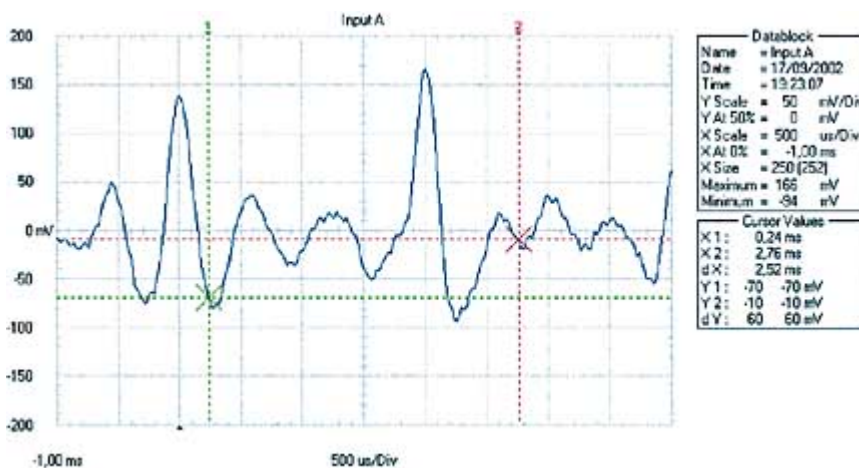
Фрагмент формы волны, записанный при прослушивании, показан на рис. 5.

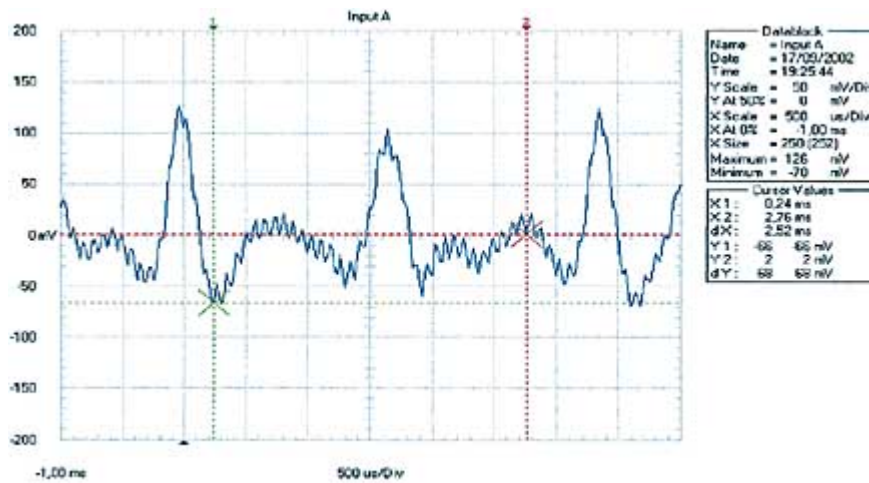
После этого анализатор формы волны был подключен к тому концу 50-метрового нагрузочного кабеля, который был соединен с громкоговорителем.



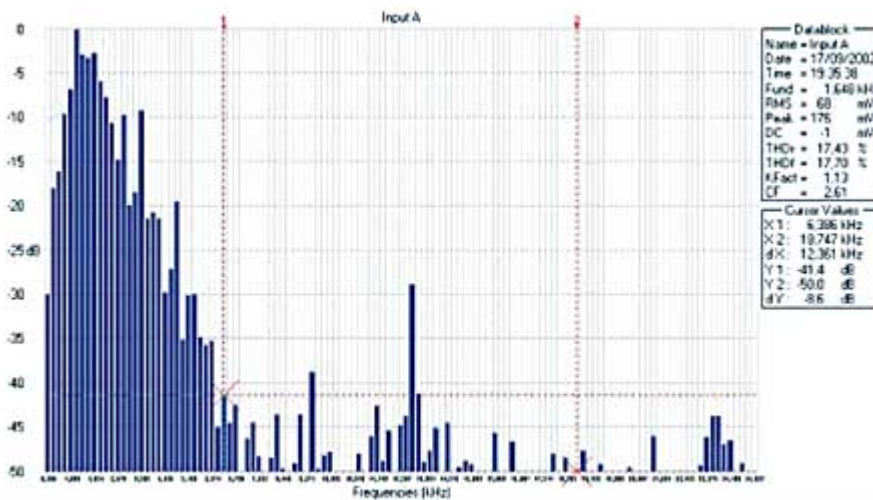
На рис. 6 показана получившаяся в результате форма волны, из чего видно, что она претерпела существенные изменения по сравнению с той формой волны, которая изображена на рис. 5.

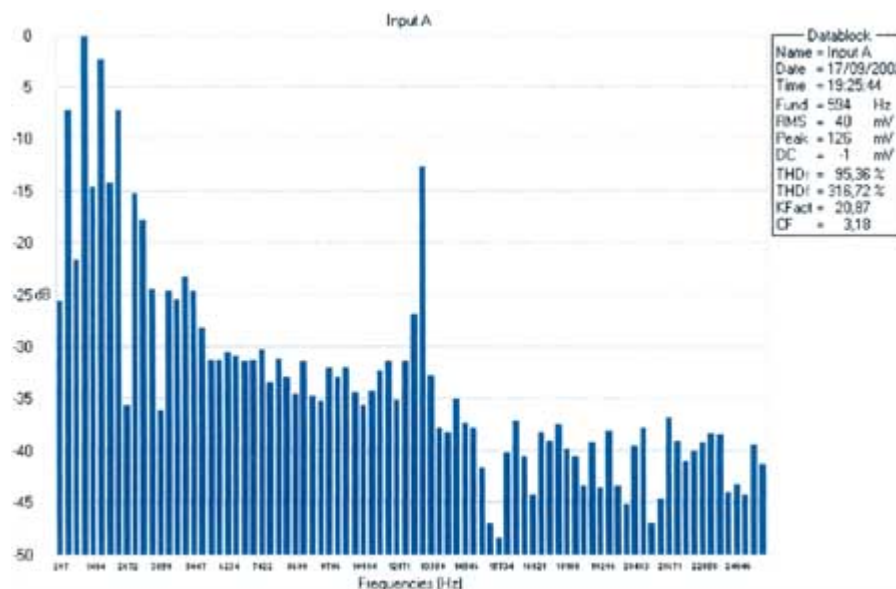
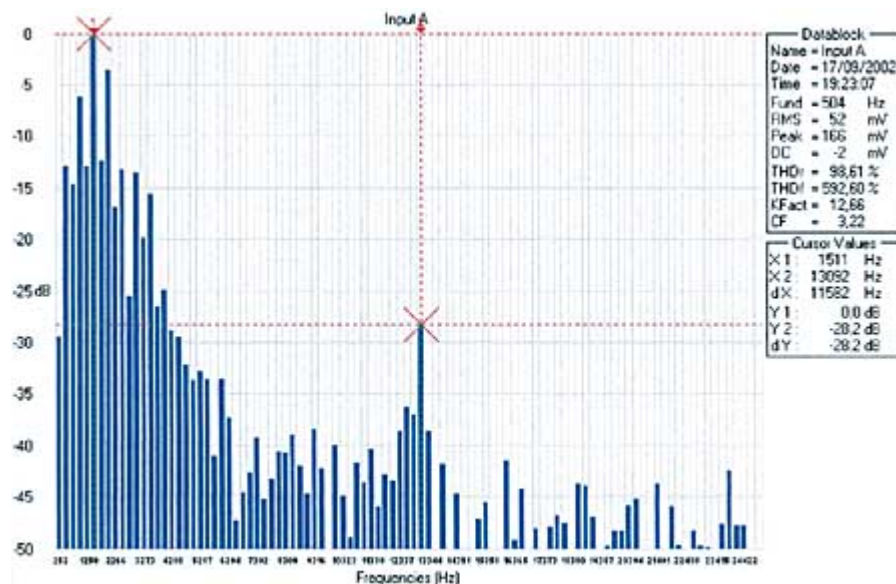
Аналогичное тестирование было также проведено и с 50-метровым коаксиальным видеокабелем RG59, который сначала был подключен традиционно (имеется в виду такой вариант подключения, при котором внутренняя жила кабеля прикручивалась к красной клемме выхода усилителя, а экранирующая оплетка – к черной (заземленной) клемме. – А.К.), а затем наоборот, когда экранирующая оплетка кабеля присоединялась к красной клемме выхода усилителя, а внутренняя жила присоединялась к черной (заземленной) клемме. Результаты измерений показаны на рис. 7 и 8 соответственно.



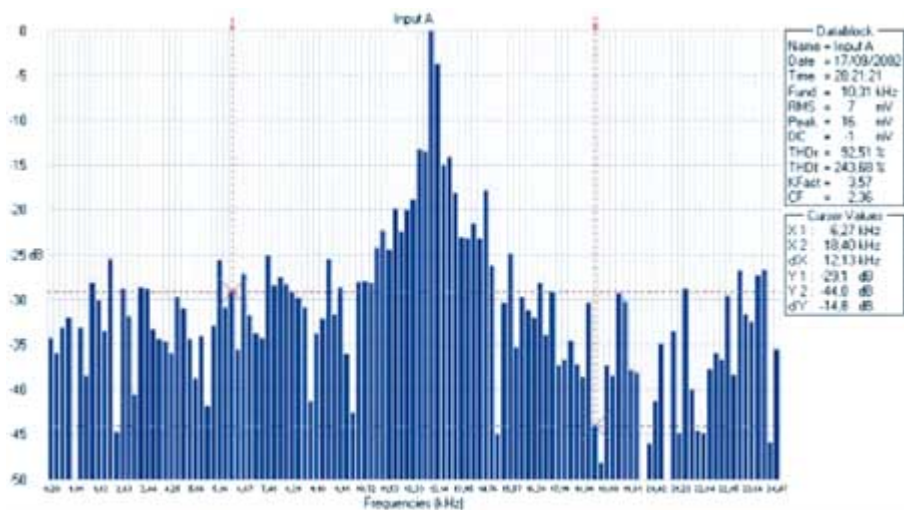


Из вышеприведенных графиков отчетливо видно, что наиболее чистая форма волны получается в том случае, когда усилитель и компрессионный драйвер соединены коаксиальным кабелем при традиционном подключении. Хотя уровни напряжений музыкальных сигналов при тестировании были довольно низкими, не следует забывать, что комбинация из компрессионного драйвера TAD 2001 и рупора AX2 имеет чувствительность почти 110 дБ (на расстоянии 1 метр при подаче на вход мощности 1 Вт). Поэтому даже входной сигнал мощностью в 1 мВт создает звуковое давление на расстоянии 1 метр 80 дБ SPL. Из этого можно сделать вывод, что уровни напряжений, применяемые при тестировании, не являются нетипично низкими. Для того, чтобы проанализировать выявленные искажения формы волны более пристально, для каждого из изображенных на рис. 5–8 случаев тестирования был сделан анализ спектра, результаты которого показаны на рис. 9–12 соответственно.

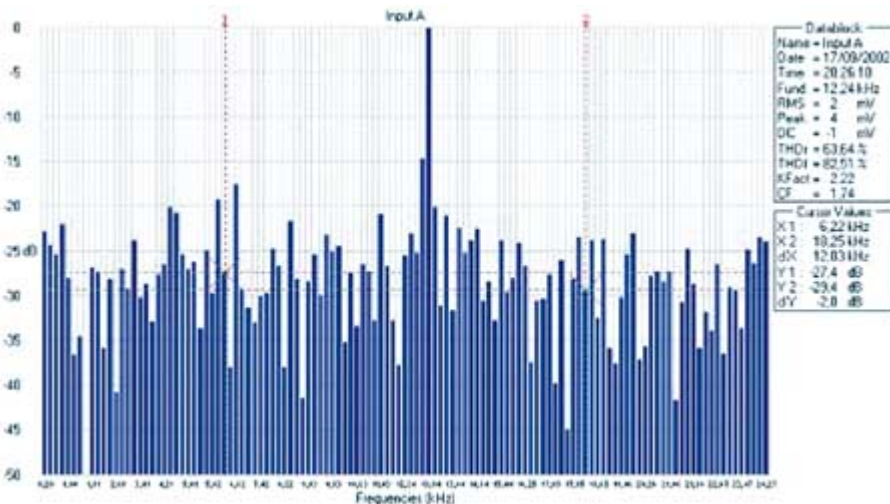




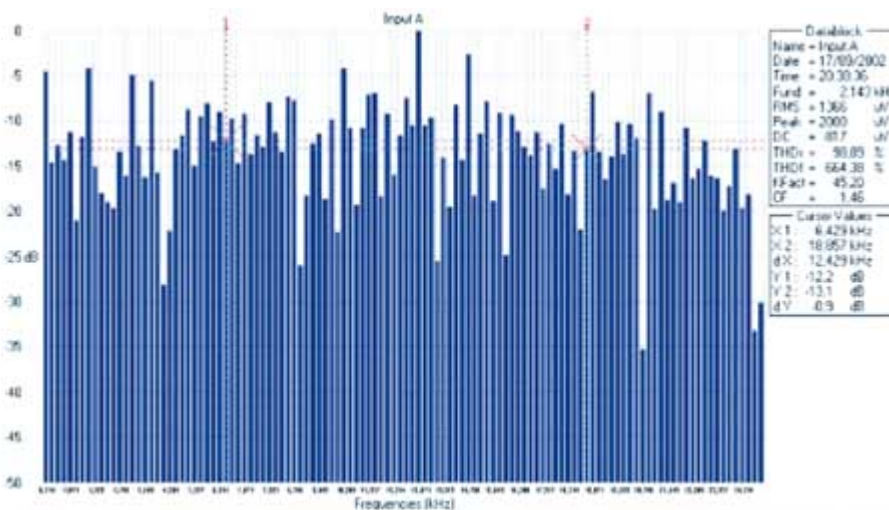
Данное тестирование проводилось в Испании в городе Виго, в котором есть крупный морской порт, предприятия тяжелой промышленности и торговли. Таким образом, электромагнитная окружающая среда в этом городе является типичной для тех мест, в которых обычно расположены студии звукозаписи. Графики спектральных характеристик указывают на преобладание помех в области частоты 13 кГц; причем в случае, продемонстрированном на рис. 12, уровень этих помех на этой частоте всего лишь на 13 дБ ниже уровня сигнала в области частоты 1 кГц. По сравнению с графиком на рис. 9 графики на рис. 10 и 12 демонстрируют намного больший беспорядок в диапазоне начиная с 6 кГц, который продолжается вплоть до ультразвуковых частот. Однако “13-килогерцовый компонент” в характеристике традиционно подключенного к усилителю коаксиального кабеля RG59 проявляется значительно меньше, чем в характеристике нагрузочного кабеля OFC или инверсно подключенного коаксиального кабеля RG59.



На рис. 13 продемонстрирована характеристика звучания драйверов, которые подключены посредством нагрузочного кабеля OFC, в определенном музыкальном фрагменте. Обратите внимание на то, что максимальный уровень “0 дБ” соответствует уровню напряжения в 16 мВ (см.таблицу справа от графика. – А.К.).



На рис. 14 показан результат аналогичных измерений, в которых использовался коаксиальный кабель RG59, подключенный традиционным образом к усилителю мощности. Хотя на первый взгляд кажется, что общий фоновый беспорядок повысился, на самом деле это не так. Ведь пик сигнала в этом случае соответствует напряжению лишь в 4 мВ. Исходя из этого уровень общего фонового шума на графике на рис. 12 (но не в действительности! – А.К.) завышен на 12 дБ. Для корректного сравнения результатов, продемонстрированных на обоих графиках, необходимо соотнести уровень “0 дБ” на рис. 14 с уровнем “-12 дБ” на рис. 13. И если сравнить оба графика таким образом, то окажется, что общий уровень фоновых шумов при использовании коаксиального кабеля RG59 (при традиционном подключении. – А.К.) на 8 дБ ниже, да и в области 13 кГц сигнал не имеет таких значительных спектральных помех. Неужели мы видим здесь проявление интермодуляционного эффекта?



Для того, чтобы вычлечь из этих характеристики характеристики самой измерительной системы, на рис. 15 показана характеристика одной лишь системы тестирования, которая отключена от кабелей, имеет разомкнутые контуры тестирования и находится в свободно-взвешенном состоянии. Обратите внимание, что максимальный уровень “0 дБ” в этом случае соответствует всего лишь 2000 мкВ (т. е. всего 2 мВ. – А.К.)

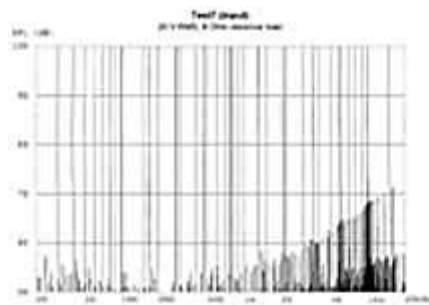
Из приведенной диаграммы отчетливо видно, что сигнал на клеммах громкоговорителя (а значит, и на акустическом выходе громкоговорителя) весьма различен при использовании нагрузочных кабелей различного типа. Хотя, как могло бы показаться, эффективность усилителя при нулевом импедансе на выходе понижается больше по отношению к интерференции, конструкция усилителя могла бы быть здесь проблемой. Подозрения существуют также относительно возможности внесения некоторого эффекта усилителями мощности, разные модели которых могут иметь различные топологии, но это утверждение нуждается в дальнейшем тестировании, что поможет выявить любую такую зависимость.

7. Нелинейные искажения из-за изменения интерфейса усилитель/громкоговоритель⁴

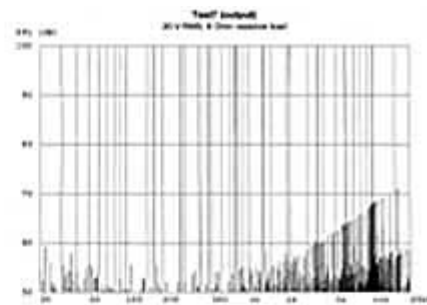
Для того, чтобы протестировать любой подобный эффект, произвели сравнение различных типов кабелей длиной 20 футов (6 метров) каждый, используя многотоновую измерительную систему. Выбор пал на эту систему потому, что она способна обнаруживать многие интермодуляционные процессы в нелинейных системах при “прозвоне” их комплексным сигналом. Испытания проводились сигналом с полным частотным диапазоном сначала на специально изготовленной почти сугубо резистивной нагрузке в 8 Ом большой мощности. Для тестирования использовались следующие кабели:

1. Один из аудиофильных нагрузочных кабелей – Phoenix Gold, многожильный;
2. Один из дешевых нагрузочных кабелей – Isoteric Audio;
3. Обычный кабель для электропроводки со схожим сопротивлением – Romex.

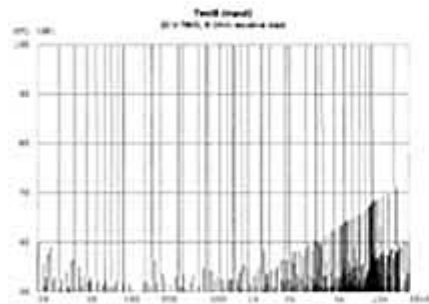
При испытаниях постоянной резистивной нагрузкой в 8 Ом измерения не показали никаких очевидных существенных различий между данными кабелями. Результаты измерений показаны на рис. 16.



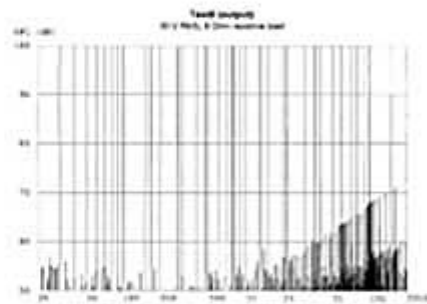
Объект: сигнал на входе в кабель (кабель Phoenix Gold)
 Пользователь:
 Размещение: Serwinski Laboratories Inc.



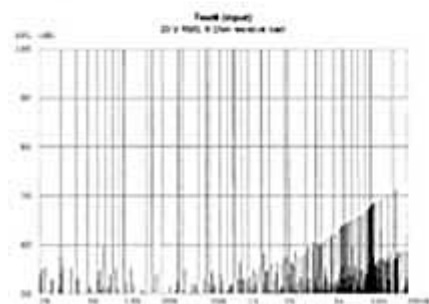
Объект: сигнал на выходе из кабеля (кабель Phoenix Gold)
 Пользователь:
 Размещение: Serwinski Laboratories Inc.



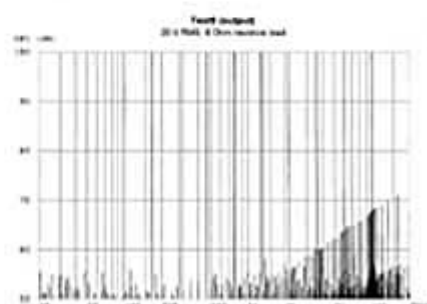
Объект: сигнал на входе в кабель (кабель Isotens Audio, США)
 Пользователь:
 Размещение: Serwinski Laboratories Inc.



Объект: сигнал на выходе из кабеля (кабель Isotens Audio, США)
 Пользователь:
 Размещение: Serwinski Laboratories Inc.

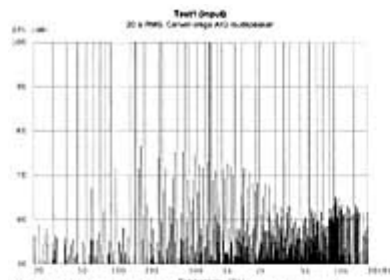


Объект: сигнал на входе в кабель (кабель Rotel)
 Пользователь:
 Размещение: Serwinski Laboratories Inc.

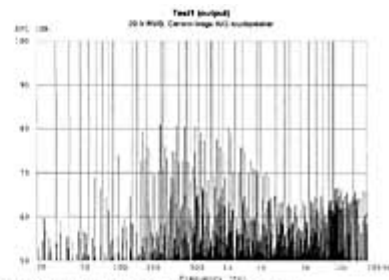


Объект: сигнал на выходе из кабеля (кабель Rotel)
 Пользователь:
 Размещение: Serwinski Laboratories Inc.

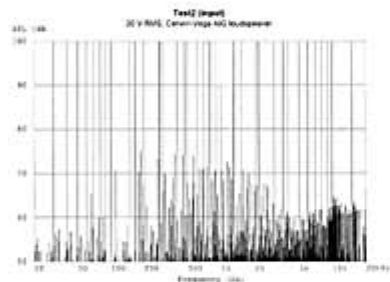
После этого испытания были повторены с использованием в качестве нагрузки двух различных акустических систем, имеющих пассивные кроссоверы. На этот раз тестирование показало разные результаты. Картины искажений показывали заметные различия не только между разными кабелями, но и между сигналами, которые снимались с входных и выходных концов каждого из кабелей. Результаты этих измерений показаны на рис. 17 и 18, которые относятся соответственно к акустическим системам AIG и SW.



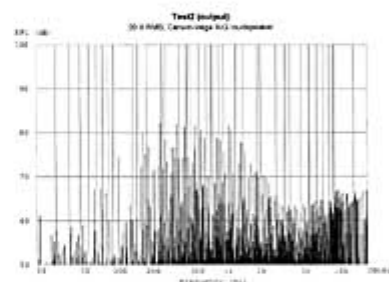
Объект: сигнал на входе в кабель (кабель Phoenix Gold)
 Пользователь:
 Размещение: Cerwinski Laboratories Inc.



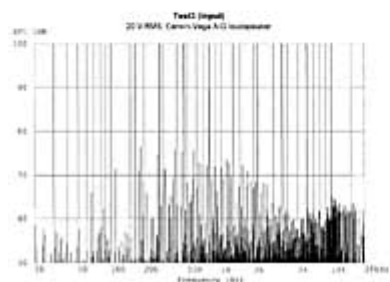
Объект: сигнал на выходе из кабеля Phoenix Gold
 Пользователь:
 Размещение: Cerwinski Laboratories Inc.



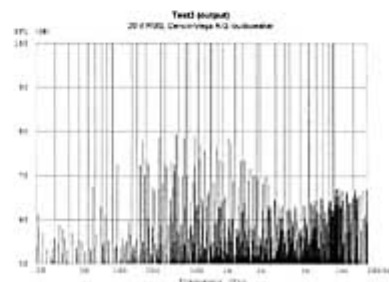
Объект: сигнал на входе в кабель (кабель Isotens Audio, США)
 Пользователь:
 Размещение: Cerwinski Laboratories Inc.



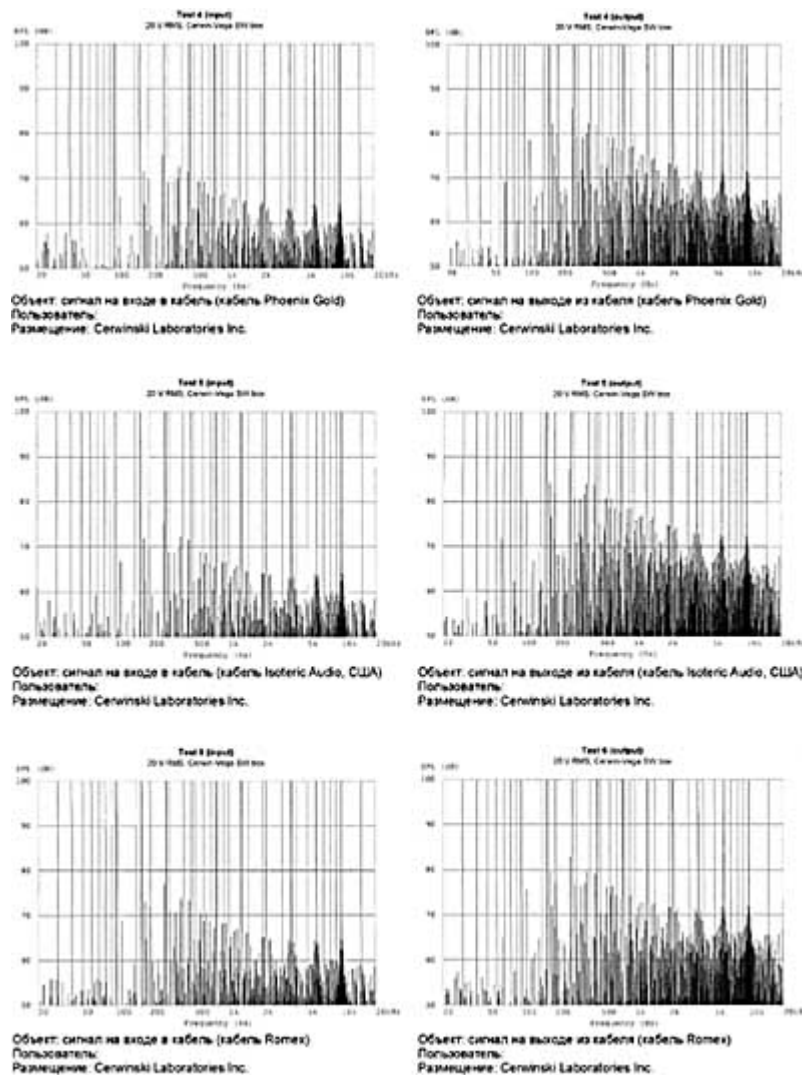
Объект: сигнал на выходе из кабеля Isotens Audio, США
 Пользователь:
 Размещение: Cerwinski Laboratories Inc.



Объект: сигнал на входе в кабель (кабель Romex)
 Пользователь:
 Размещение: Cerwinski Laboratories Inc.



Объект: сигнал на выходе из кабеля Romex
 Пользователь:
 Размещение: Cerwinski Laboratories Inc.

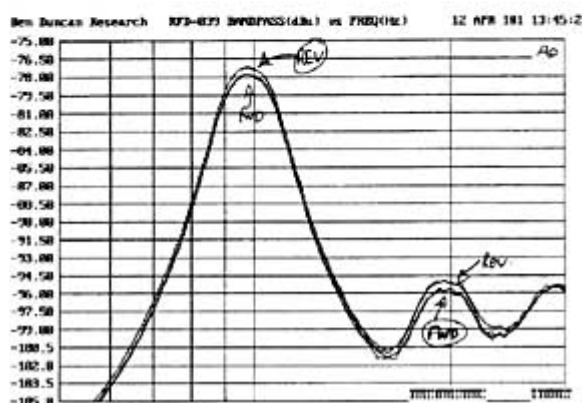
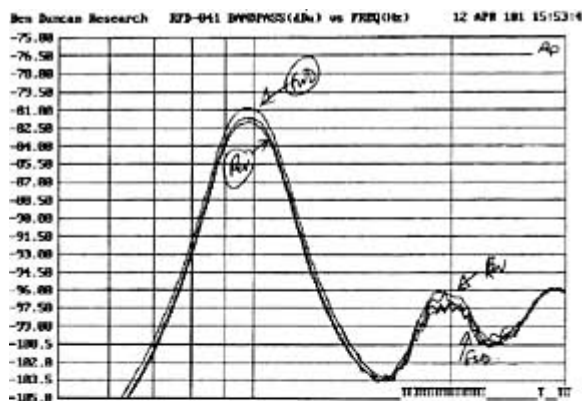


(В тестировании использовались акустические системы фирмы Cerwin-Vega. Cerwin-Vega – одна из ведущих фирм по разработке и производству hi-fi акустических систем. Компания образована в 1954 году Джинном Червински. В 60-х годах она становится основным поставщиком акустических систем для многих производителей музыкальных инструментов, включая Fender, Acoustic, Sunn и Vox. Среди партнеров Cerwin-Vega – Lucasfilms (акустические системы для оборудования кинотеатров), DisneyWorld (АС для открытых площадок), студии звукозаписи A&M records (студийные мониторы) и т.д. Компания изготовила мониторные АС для тура "Steel Wheels" группы Rolling Stones. – А.К.)

Из всего этого можно сделать вывод, что различные кабели изменяют путь (способ), по которому комплексная нагрузка “видится” усилителем (или она “видит” усилитель?). Причины, по которым это так происходит, являются предметом дальнейшего исследования, но здесь продемонстрировано, что существуют вполне измеряемые различия в нелинейных искажениях, когда усилитель используется с различными кабелями и с реактивной нагрузкой.

Действительно, Бен Данкен (Ben Duncan), по-моему, уже измерял эффект направленности нагрузочных кабелей в работе, выполненной для Jenving Technology AB в Швеции⁵. Он утверждает, что диодоподобное поведение кабелей, приобретаемое вследствие экструзионных процессов, может делать кабели более чувствительными к восприятию внешних излучений (электромагнитных помех), в зависимости от которых “открытый” конец “диодов” обращен к низкому импедансу выхода усилителя, а “закрытый” конец (terminated) – к

относительно намного более высокому импедансу громкоговорителя. (В данном случае, вероятно, речь идет о популярном в среде аудиофилов мнении, что при прохождении электрического тока через кабель – особенно если это постоянный ток или участок электрической цепи с источниками/приемниками с разным сопротивлением – токопроводящие свойства кабеля несколько изменяются вследствие “выдавливания” электронов, и из-за этого в одном направлении токопроводимость (сопротивление) кабеля становится хуже, чем в другом. – А.К.).



Однако, как может быть замечено на рис. 19(a) и 19(b), различные гармоники не обязательно одинаково проявляются в отношении соблюдения направленности кабелей. На рис. 19(a) видно, что вторая и третья гармоники соотносятся по-разному с направленностью кабеля, принимая во внимание, что на рис. 19(b) одно направление показывает увеличение для обеих гармоник – и второй, и третьей. В каждом случае измерения проводились многократно, но тем не менее результаты всегда совпадали. Данные измерения не были одно-разовыми, хотя их результаты были повторяющимися.

Заключение

Все результаты исследований, представленные в этом отчете, косвенно как бы поддерживают три “золотые правила” разработки студийных мониторинговых систем наивысшего качества, а именно:

1. Нагрузочные кабели должны быть настолько короткими, насколько это возможно.
2. Следует избегать применения в электросхемах акустических систем (мониторов) пассивных компонентов.

3. Более узкие частотные полосы с отдельным усилением менее склонны к возникновению помех, чем полнодиапазонные системы с пассивными кроссоверами, поэтому лучше использовать многополосное усиление.

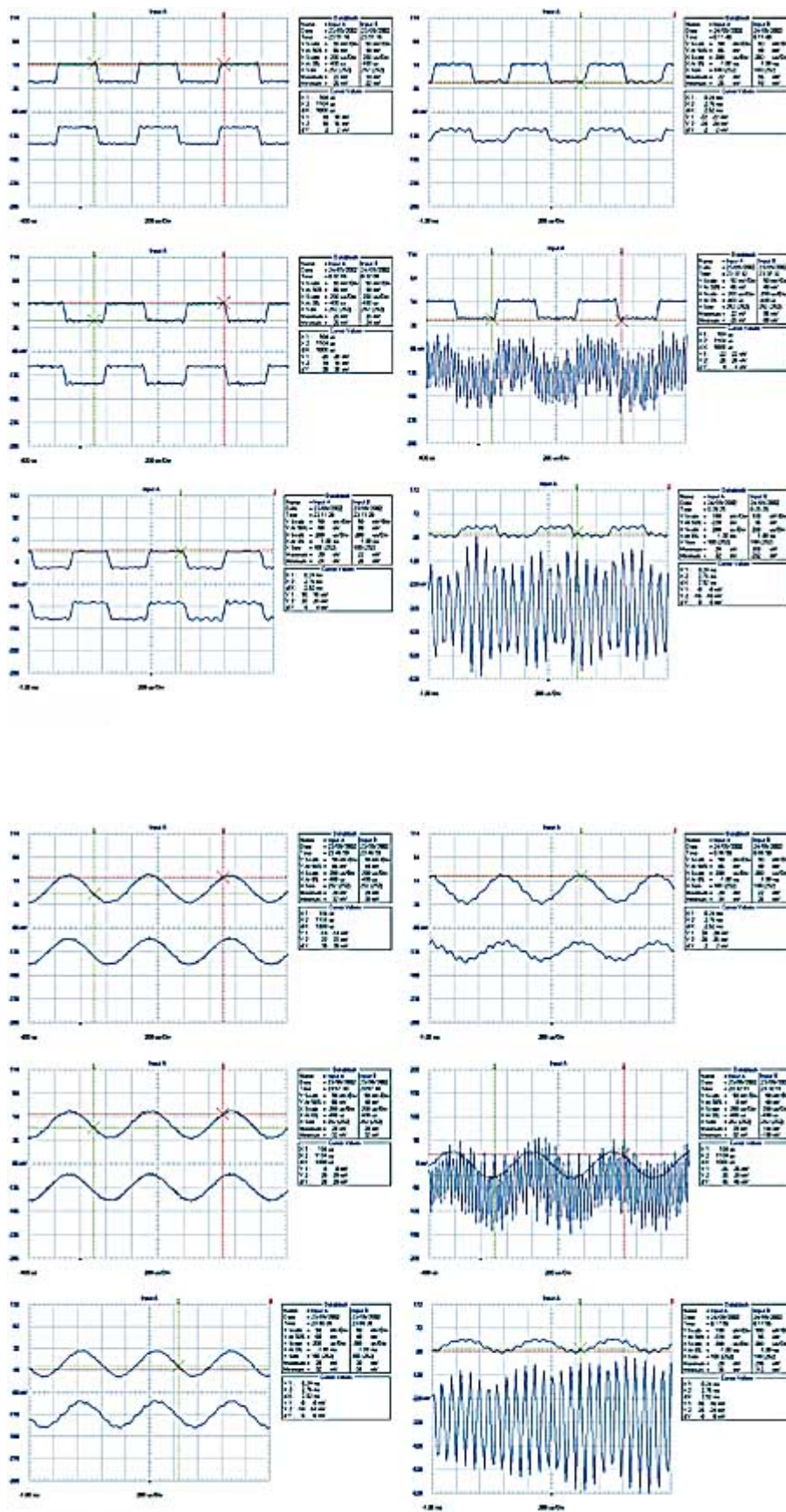
Тем не менее тестирования, которые были описаны в этом отчете, были вызваны слышимыми на ухо улучшениями (после того, как были заменены нагрузочные кабели) в звуковой прозрачности системы, которая уже и так была подчинена вышеупомянутым правилам. Наиболее уместное заключение, которое напрашивается после анализа результатов описанного тестирования: звуковая прозрачность, смысл которой трудно поддается какому-либо определению, может быть испорчена шумовыми сигналами достаточно низкого уровня (ниже уровня требуемого сигнала), при этом кабели могут непосредственно или косвенно индуцировать такие шумы.

“Шумовые” сигналы, столь очевидные на рис. 5–13, казалось бы, были статическими. Но все же удивительно, что нельзя было слышать никаких очевидных различий в флуктуационных (фоновых) шумах усилителя, после того как кабели были заменены. Однако различия уровня из-за различия сопротивления кабеля могли создавать маскирующий эффект. Все еще остается неизвестным, до какой степени эти посторонние сигналы, загрязняющие выходной сигнал, могут воздействовать на эксплуатационные показатели усилителей.

В случае мультитонального тестирования более отчетливо заметна связь с сигналом интермодуляционных шумов. Казалось бы, мало кто сомневается в том, что подобные эффекты могут приводить к ухудшению звуковой ясности музыкального сигнала. И хотя сигналы интерференционных шумов на рис. 5–12 могут сами по себе не быть сильно слышимыми, они почти наверняка обладают способностью к усложнению интермодуляционной ситуации. Не исключено, что вследствие этого они могут приуменьшать звуковую прозрачность мониторной системы.

Все вышеперечисленное указывает на механизмы, которые при различных обстоятельствах, а также в качестве составляющих различных систем могут производить шумоподобные сигналы, способные загрязнять вполне музыкальные звуки, разрушая, таким образом, трудно определяемую прозрачность и открытость мониторных систем высокого разрешения.

Если рассматривать случай с нагрузочными кабелями, то экранирование здесь может быть рассмотрено как положительная сторона, а сложные реактивные нагрузки – как “минус”. Многие аудиофилы уже сейчас утверждали бы, что они это знают. Но только в данном отчете мы представили некоторые очень повторяемые и основательные доказательства.



И, наконец, на рис. 20 и 21 ясно показаны различия сигнала, измеренного как с одного конца 50-метрового кабеля, так и с другого. В каждом случае использовался компрессионный драйвер TAD 2001, нагруженный рупором AX2, уровень звукового давления которого составляет около 70 дБ SPL на расстоянии 1 метр. Верхняя линия каждого графика

соответствует характеристике, измеренной на том конце кабеля, который подключается к клеммам усилителя; более низкая линия – это характеристика, измеренная в месте подключения кабеля к громкоговорителю. На обоих рисунках верхняя пара графиков – это результаты измерений коаксиального кабеля RG59, средняя пара – нагрузочного кабеля OFC, а нижняя пара – результаты измерений на концах коаксиального кабеля RG59, подключенного инверсно. Во всех случаях на графиках слева указаны измеренные характеристики кабелей длиной в 5 метров, а на графиках справа – характеристики кабелей длиной в 50 метров. На рис. 20 показана реакция на волну прямоугольной формы (меандр) с частотой 1,6 кГц, а на рис. 21 – реакция на волну синусоидальной формы с частотой 1,6 кГц. Что ж, утверждение, что нагрузочные кабели изменяют сигнал, кажется неопровержимым. Однако слышимость различных эффектов все еще нуждается в дальнейших исследованиях.

Литература

1. John Watkinson; “The Cable Snake”, Resolution, Volume 1, No 2, p 57, U.K., (July/August 2002).
2. Martin Colloms; Chapter 6, p 289 in: John Borwick (Editor), “Loudspeaker and Headphone Handbook”, Third Edition, Focal Press, Oxford, U.K., (2001).
3. Herv_Del_traz; “Reflections, Echoes & Music”, Stereophile magazine, pp 59-69, U.S.A., (November 2001).
4. These tests were carried out by Alexander Voishvillo, Alexander Terekhov and Eugene Czerwinski, at Cerwinski Laboratories, Simi Valley, California, U.S.A., in September 2002.
5. Ben Duncan, ‘Black Box’, Hi-Fi News and Stereo Review, p 65; U.K., (September 2000). Figure 19 was supplied directly to the authors of this paper by Jenving Technology AB, Sweden.