



ЧИСЛО



Многие слова, сказанные о качестве, можно да и нужно было бы заменить точными числами, но это не всегда удается. Количественная оценка качества — предмет специальной науки квалиметрии (от латинского “qualis” — какой по качеству). Описать качество сухим языком цифр непросто, поэтому часто приходится дополнять цифровые данные словами, что ни у кого не вызывает особых протестов. Иногда количественную оценку дополняют эпитетами, а иногда — совершенно осознанно наводят тень на плетень.

Считается, что с числами можно соглашаться, можно их оспаривать или интерпретировать, а слова — “мысль изреченная”... Но и с числами не все обстоит так просто. Наука, называемая метрологией, изучает методы и средства измерений, создает и хранит эталоны. Во Франции, близ Парижа, хранится платиноиридиевый эталон длины. До 1960 года именно по нему равнялись метрологи. Теперь метром считают длину, равную “1650763,73 длины волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $2d_5$ атома ^{86}Kr ”. И старый металлический метр, и новый электронно-химический определены корректно и исчерпывающе. К сожалению, звуко-техника изобилует ситуациями, когда приводят результаты измерений чего-то, не раскрывая сути методики, или когда параметрам недостает корректности и полноты определения. Уже набил оскомину пример со звуковым давлением: в основе метода измерения SPL — подводимая мощность, а ее величина покрыта туманом.

Бывают другие ситуации: часть параметров аппарата измеряют “под фонарем”, часть же остается в тени, то есть методике недостает полноты. Измерим коэффициент гармоник или напряжение на частоте 1000 Гц — и можно отдыхать. А что происходит на других частотах?

Совсем грустно становится при измерениях параметров звуковых кабелей. Только по вопросу длины практически нет разногласий: можно сравнить с французским эталоном, можно и с волной. Достаточно, впрочем, обычного плотницкого метра — и ехать никуда не придется, и вакуум добывать тоже.

В описании приведены сведения о сопротивлении кабеля. О каком сопротивлении идет речь? Бывает сопротивление постоянному току, а бывает — переменному. Для малых токов получим один результат, а в том, что при большом токе сопротивление сохранится, нет никакой гарантии. Полезно учесть и частоту испытательного сигнала. Мало того, сопротивление провода, строго говоря — абстракция, ведь сопротивляется не только сам провод, но и контакты в соединителях. Если все эти мелочи остались без внимания, то данным измерений — грош цена. Впрочем, нельзя объять необъятное, и любой метод измерений имеет свои ограничения. Аспекты, показавшиеся мне неважными, могут стать решающими, и наоборот.

Как поступают порядочные ученые, когда хотят ознакомиться с результатами своих исследований? Первое, и самое важное, — раскрывают метод их проведения. Все полученные данные живут в рамках метода измерений, и только зная, как именно получены результаты, можно их использовать. Взял я, например, пружинные весы и взвесил один банан, стрелка показала 1 кг. Что бы это значило? Читайте дальше.

Начнем с сопротивления. Метод его измерения иллюстрирует рис. 1. В цепи течет ток, напряжение U_K падает на сопротивлении кабеля Z_K и U_H — на дополнительном сопротивлении R_H . Если напряжения равны, то равны и модули сопротивлений. В общем случае: $U_H/U_K = R_H/Z_K$ или $|Z_K| = R_H U_K/U_H$. На рисунке обозначено несколько точек — всего семь. Измерив падение напряжения между точками 6 и 7 или 4 и 5, мы увидим потери на контакте разъемов. Точки контроля напряжения на

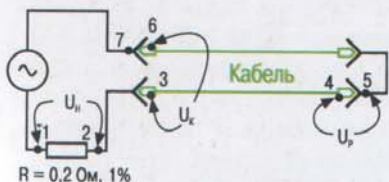


Рис. 1. Схема измерения параметров кабеля



резисторе — его выводы, щуп подключается максимально близко к телу; на кабеле — его наконечники.

В качестве R_H был использован резистор с низким сопротивлением ($0,2 \text{ Ом} \pm 1\%$), измерения можно было проводить при значительных токах, не беспокоясь о перегреве.

Обычный усилитель едва ли будет хорошо себя чувствовать при такой нагрузке, поэтому я поставил на его выход понижающий трансформатор с коэффициентом 30:1 при токе во вторичной обмотке, равном 1 А, в первичной — чуть больше 30 мА. Если к выходу трансформатора подключен резистор 1 Ом, то усилитель “видит” сопротивление в 30^2 раз большее, то есть почти 1 кОм. Тороидальный ленточный сердечник трансформатора рассчитан на мощность 250 ВА, вторичная обмотка содержит 8 витков провода сечением 16 мм^2 . Измерялись напряжения на самом испытываемом проводе и на резисторе, то есть контактные потери в данном случае не влияли на результаты. За счет того что напряжения в кабеле малы, влияние диэлектрика должно было бы снижаться, но исключить его взаимодействие с магнитным полем я полностью не могу.

Зачем такие подробности? Вполне вероятно, что я чего-то не учел или не знал, и результаты окажутся недостоверными. Но информация о методике — полная, и о ее корректности вы можете судить сами.

Измерения

Из проведенных измерений видно (см. с. 237), что сопротивления — разные. С ростом частоты модуль импеданса возрастает, возможно, так проявляется индуктивность провода, нельзя исключить и скин-эффект, то есть вытеснение тока к поверхности проводника. Заметна закономерность: чем дороже провод, тем меньше изменяется его сопротивление в звуковом диапа-

зоне частот. Сопротивление кабелей довольно мало, и слабо верится даже в возможность его влияния на звучание. Более правдоподобной выглядит гипотеза, что изменения звучания и сопротивления — следствия одной причины.

Мне очень хотелось увидеть (и измерить) влияние диэлектрика. Кажется, что при большой разности потенциалов между проводами оно должно было бы проявиться. Но при стационарном воздействии высокого напряжения (1000 В) ничего любопытного заметить не удалось. Схема измерений проста: от повышающего трансформатора выпрямленное и сглаженное напряжение 1 кВ через защитный резистор 10 кОм подано на кабель. К другому его концу через разделительный конденсатор 0,1 мкФ подключен нагрузочный резистор 10 кОм. При изменении параметров диэлектрика должна была бы изменяться разность потенциалов между проводами, но я этого не увидел. Собственно, примерно такого результата в статическом режиме я и ожидал. Различия надо искать в динамике, и не следует ограничиваться собственно проводом. Нужно учесть и его “концы”, и то, куда эти концы вставляются, то есть усилитель и АС.

Начнем с идеологии измерений. Можно измерить параметры кабеля, а можно — системы “УНЧ — кабель — АС”, и посмотреть, как влияет кабель на ее свойства. Потребителю важен общий результат, а не частные качества компонентов. Более того, именно взаимодействие компонентов системы может стать решающим фактором. Вот почему я решил исследовать кабель не сам по себе, а внутри системы звуковоспроизведения, но область применения результатов оказывается суженной: нет гарантии, что в другом окружении кабель проявит себя точно так же. Да и всякий метод измерений грешит этим: сменили контакты у усилителей — сменилось и звучание.

Мерой вносимых кабелем искажений является различие сигналов на входе и выходе. Как измерить эти различия? Можно подать на вход заранее известный сигнал, например синусоидальный, и разглядывать потом то, что получилось на выходе. Если синус изменился, то искажения есть. Различия между входным и выходным сигналом оказались микроскопическими, на уровне разрешающей способности измерительной установки — менее 0,1%. Но “звучат” кабели по-разному, и если измерения не показывают различий, значит плоха методика или аппаратура. В данном случае я списал бы неудачу на методику.

Подавая на вход синусоидальный сигнал, мы не замечаем

переходных процессов. Оценить искажения на реальном музыкальном сигнале гораздо труднее. Как сравнить сигналы на входе и выходе кабеля? Вычесть один из другого и поглядеть что останется? Если потери в кабеле составляют 1%, то этот 1% мы и увидим после вычитания. Этот же 1% всплывет вследствие нелинейности. А как учесть вклад контактов? Вопросов пока больше, чем ответов.

Широкий выбор кабелей натолкнул меня на мысль устроить сравнение: два канала — два кабеля. Подаем в оба канала одинаковые сигналы, и посмотрим, каковы различия между сигналами, дошедшими до АС. Идеальным решением было бы подать музыкальный сигнал, но сигнал испытательный должен быть воспроизводимым. Я выбрал милую моему сердцу последовательность посылок синусоидальной формы, во-первых, ее нетрудно сгенерировать на компьютере, во-вторых, есть шанс увидеть переходные процессы, ведь сигнал — нестационарный.

Опять же разница между кабелями заметна, однако оснований для вразумительных выводов в отношении звучания она не дает.

Но и методика измерений пока еще далека от полноты: кроме УНЧ, АС и кабелей в систему воспроизведения входит значительная часть вселенной. Обнаружить ее влияние нетрудно: установите ручку громкости на ноль, и

посмотрите, что осталось на входе АС, кроме шумов усилителя. Полоса пропускания осциллографа — чуть больше 50 МГц, не все можно разглядеть, но все же... При включении "Cambridge Audio Zeropoint Reference II" и "Phoenix Gold SS122" видим шумовую дорожку (двойная амплитуда — почти 30 мВ) со слабовыраженной структурой. Включаю "Nordost Red Dawn" — амплитуда возрастает (до 50 мВ), но теперь явно видно, что это наводка ТВ. Такое впечатление, что на "Zeropoint Reference II" и "Phoenix Gold SS122" сигнал детектируется, а на "Red Dawn" — нет. Детектирование — следствие нелинейности на высоких частотах, едва ли полезной для звука.

Если не удается корректно интерпретировать результаты измерений, значит, надо слушать. Забегая вперед, скажу: выяснилось, что звучание подчас больше зависит от кабеля, чем от аппарата. Диапазон изменения примерно такой же, как при переходе от оригинального диска к MP3-версии с потоком 256 кбит/с. И начинают терзаться сомнения: а что же, собственно, в таком случае я оцениваю? Кому нужен потенциал аппарата, если для его реализации придется купить кабель, который втрое дороже? Что получит слушатель, не переплачивая за аксессуары? Сомнения приходят и уходят, а вопросы остаются.

Прослушивание "Nordost Red Dawn" и "Nordost Solar Wind"

Потенциал комплекта "TEAC CD-P6000" + "Cambridge Audio A500" + "Nordost Red Dawn" + "System Audio 1270" меня просто ошеломил. Звуковая сцена четкая, контрастная, но и полутона, и пространство не утрачены. "Акустические" басы (диск "Припадки молодости (предпоследний)". Г. Васильев, А. Ивашенко. Звуко-режиссер и музыкальный продюсер В. Виноградов) выразительны, нет и намека на резиновую вязкость, свойственную бюджетной аппаратуре. Верху частотного диапазона если и недостает натуральности, то самую малость. Симфонической музыке слегка тесновато, и про high end говорить не буду, но для бюджетного ряда этот звук стоит крепко.

Комплект "TEAC CD-P6000" + "Yamaha RX-V620RDS" + "Nordost Red Dawn" + "System Audio 1270" на живом звуке показался мне слегка сухим и механистичным, примерно так же разнятся фотография и живопись.

Замена "Nordost Red Dawn" на "Nordost Solar Wind" звучание изменя-

ет, но не радикально. Сходного результата можно достичь, если отойти подальше от АС. Понятно, что "Nordost Red Dawn" сделан для небюджетного комплекта. Стоит ли думать о "Nordost Solar Wind", если стоимость комплекта аппаратуры едва перевалила за 1000 у.е., а фонотека довольно скромна? Не все диски, которые хотелось бы иметь, стоят на полке. "Несвоевременные песни" А. Градского, например, есть у меня только в MP3-версии, купил как-то для полноты, из любви к народному, и передал на винчестер. Нажмешь кнопку Win-amp — оно и заиграет. Уж сколько ругали PC, SB и Win-amp, но вы попробуйте это блюдо с хорошими проводниками, тогда и обменяемся впечатлениями.

"Zeropoint Reference II" и "Phoenix Gold SS122"

Различия между "Zeropoint Reference II" и "Phoenix Gold SS122" заметны, но в рамках данного комплекта я не стал бы считать их существенными. И тот, и другой кабель слегка сгладил технократичность звучания усилителя "Yamaha RX-V620RDS": звон ударных стал менее назойливым, они отодвинулись назад. Ровнее стал тональный баланс, хотя выразительности звуку это не прибавило, инструменты нивелировались. Напоминает кафтан известного российского предпринимателя Трифона: попытка исправить ранее подпорченное увлекательна, но бесполезна, как и латание бюджетных дыр. Все при деле, но воз и ныне там.

Усилитель "Cambridge Audio A500" потерял больше: оказалось, логика звуковой картины в буквальном смысле висела на проводах, возможно, это связано с нюансами работы биполярных транзисторов выходного каскада усилителя. В результате из зоны фокуса ушли и струны, и голос, а бас ну просто путался под ногами.

Простые провода

Ох! и Ах! — других слов нет. "TEAC CD-P6000" + "Cambridge Audio A500" + простые провода + "System Audio 1270". Звуковая сцена похожа на мороженое в июле — какая-то подтаявшая, вялая. Задний план — в тумане, ведущие инструменты скорее виртуаль-

ные, чем натуральные. Эстетического удовольствия от прослушивания серьезной музыки не возникает, звук небрежен, как будто не умыт. Прислушавшись и притерпевшись, перестанешь страдать, но когда на слуху "золотая" версия звучания, то становится грустно.

По первым впечатлениям, очередная замена проводов в комплексе "Yamaha RX-V620RDS" + "System Audio 1270" радикальных перемен не вызвала: фотографичность сохранилась, но и фотографии бывают разные. Чуть меньше глубина резкости, чуть хуже цветопередача — и художественный снимок превращается в любительский. Включаю аппаратуру, слушаю. Эстрада еще как-то живет, музыка посложнее вызывает раздражение. Ощутимо желание что-то поправить, покрутить ручки тембров, включить эффекты — нехороший знак. Потери в деталях разрушили композицию, тончайшее произведение искусства стало лубком. Эстрада, несложный джаз под настроение, но не больше...

Какую же роль играют провода в системе звуковоспроизведения? Я бы сравнил их со струнами. Вы видели когда-нибудь скрипку без струн, которая играет? Но все-таки, как измерить степень участия проводов в системе звуковоспроизведения? Одни и те же провода в разном окружении ведут себя по-разному... Помните, в начале я взвешивал один банан? Ну что ж, если пружинный безмен показывает, что один банан весит больше килограмма, то дело тут не в фокусах продавца, просто вы находитесь на Юпитере... ◀





Результаты испытаний

С кабелями мною было проведено множество экспериментов, не все они оказались продуктивными, на журнальные страницы попал сухой остаток. Выяснилось, например, что модуль полного сопротивления кабеля $|Z|$ зависит от мощности сигнала. На рис. 1 приведены результаты измерения $|Z|$ кабелей при низком напряжении и малой мощности сигнала. В этом случае вклад электрической составляющей поля оказался незначительным.

Измерения были проведены при напряжении сигнала 0,6 В и повторены при напряжении всего 0,3 В, результаты оказались одинаковыми.

Сигнал для измерений подавался от генератора с очень низким (около 0,001 Ом) выходным сопротивлением. Падения напряжений на кабеле и образцовом резисторе фиксировались с помощью звуковой карты "Live!" в PC. По величинам падений напряжений рассчитывалось значение $|Z|$. Погрешность измерений в данном случае определяется различием АЧХ каналов звуковой карты — она менее 0,5 дБ. На низких частотах, до 1 кГц, значение $|Z|$ определяется в основном омическим сопротивлением проводников: чем тол-

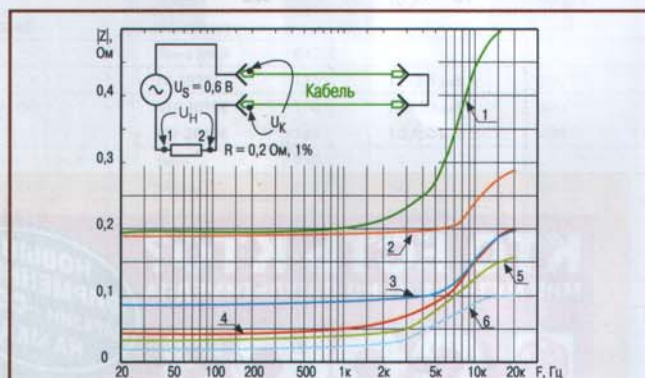


Рис. 1. Схема установки и результаты измерения импеданса кабелей при низком напряжении сигнала и малой передаваемой мощности

ще проводники, тем оно меньше. По мере роста частоты $|Z|$ начинает расти. У скромных кабелей рост заметен на частоте 2 кГц, у лучших моделей — только после 5 кГц. Диапазон изменения $|Z|$ кабелей и в звуковом диапазоне частот различен: от 1,4 ("Solar Wind") до 5,5 ("Phoenix Ref.").

Характер зависимости $|Z|$ от частоты остался неясным. Сначала гладко: на низких частотах $|Z|$ постоянен, затем наблюдается рост, а на самых высоких частотах он замедляется. Мои предположения относительно того, что проявила себя собственная индуктивность дополнительного резистора, внося дополнительную погрешность, не оправдались — проверено.

Даже у "рекордсмена" этого теста кабеля "Mission" значение $|Z|$ не превышает 0,6 Ом, и едва ли эта величина способна изменить звук при условии, что за $|Z|$ стоят просто потери напряжения, и ничего более. Рост $|Z|$, происходящий при повышении частоты, может скрывать за собой множество разных процессов, звуковое проявление которых вполне вероятно.

На рис. 2 приведена схема измерений импеданса, при которых кабель находится в условиях очень близких к реальным. Есть и ток, и напряжение. Необходимость доставать щупами измерительного прибора до разных концов кабеля меня смущала, вероятны ошибки измерений, вызываемые наводками. Переход к схеме, показанной на рис. 3, позволяет избежать наводок, но мы возвращаемся к самому первому варианту измерений, с одной, правда, оговоркой: теперь кабель "видит" сопротивление 4 Ом, а не 0,2, как в первом случае. В итоге оказалось, что измерения по схемам, показанным на рис. 2 и 3, дают одинаковые результаты, которые



Рис. 2. Вариант схемы измерений $|Z|$ кабеля

Результаты испытаний

Сигнал для головных телефонов в ресивере "Yamaha RX-V620RDS" обрабатывается по специальному алгоритму "Silent Cinema". Чтобы понять, что это такое,

на вход ресивера подавался испытательный сигнал, а сигнал с выхода для головных телефонов регистрировался.

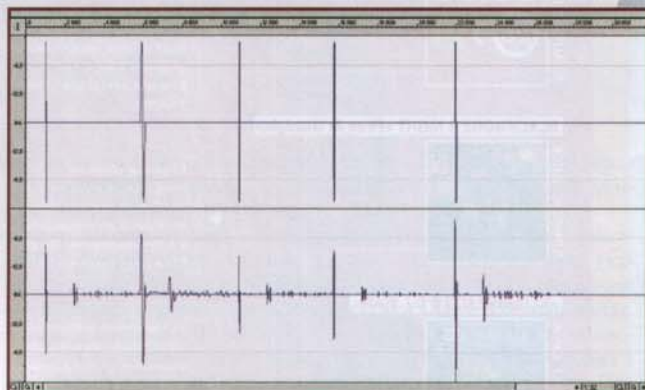


Рис. 1. Испытательный сигнал и результат его обработки. На левый и правый входы подавалась последовательность коротких посылок синусоидального напряжения (верхняя сигналограмма). По нижней сигналограмме (выходной сигнал) видно, что к сигналу добавились задержанные повторения, а также используется и коррекция АЧХ.

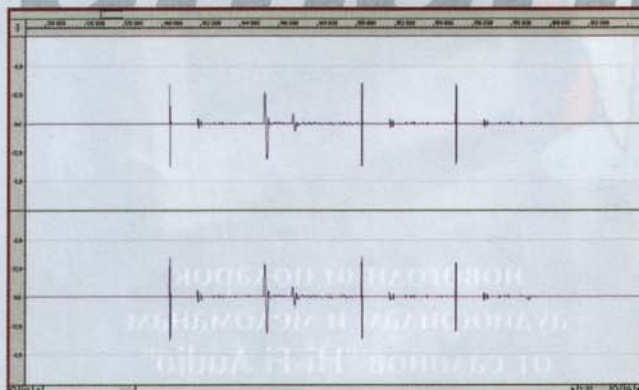


Рис. 2. Воспроизведение сигнала одного канала. При воспроизведении через АС сигнал из левого канала попадает в оба уха — именно это имитирует "Silent Cinema". При поверхностном рассмотрении сигналы в левом и правом "ушах" кажутся одинаковыми.

кабелей к АС

не совпадают с полученными при первом измерении. Если для "Solar Wind" расхождение не превышает 10%, то для "Red Dawn" результаты измерений различаются в полтора раза. Убедительных гипотез, объясняющих эти различия, у меня нет. Можно предположить, что зависимость $|Z|$ от условий измерения скорее плохой симптом, чем хороший.

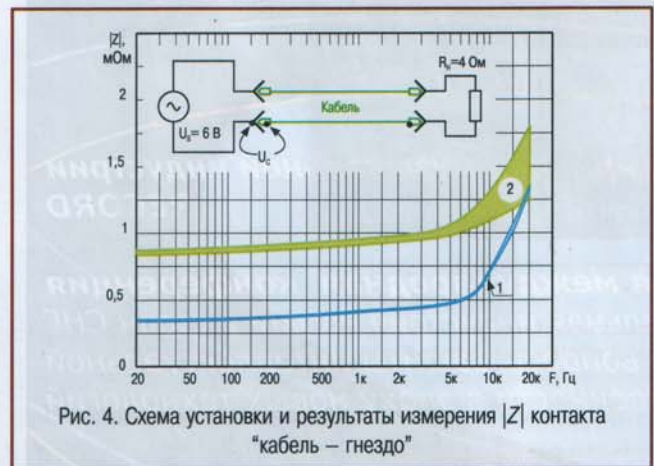
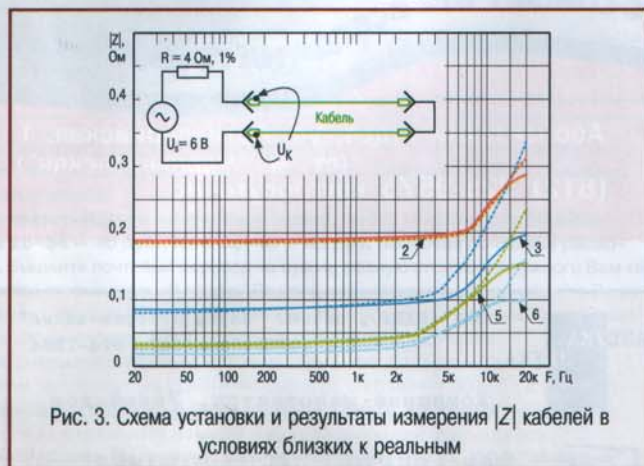
Роль контактов тоже оценивается с помощью измерений. На рис. 4 приведена схема измерений и их результаты. В цепи течет ток 1,5 А — можно вычислить величину $|Z|$, измерив падение напряжения на контакте, но это задача довольно трудная: измеряемый сигнал мал, а помехи (в том числе и от поля, создаваемого проводами) велики. Пришлось использовать селективный микровольтметр.

Кривая 1 на рис. 4 получена для конца кабеля "Solar Wind", 2 — для наконечника "Monitor Cable". Оказывается, что напряжение на контакте меняется по неведомым причинам. Потрогал провод — изменилось сопротивление контакта. Эти девиации и отражены на графике. Почему на разброс влияет частота сигнала, я не знаю, но наличие изменений едва ли можно внести в графу "достоинства".

Что же играет решающую роль для звука? Исчерпывающего ответа у меня пока нет. Ясно, что контактные явления отражаются на характере звучания. Умножьте 1,5 мОм на четыре контакта, именно столько должен пройти ток, и получите 6 мОм, а это 1/1000 от полного сопротивления цепи, или -60 дБ. Если можно говорить о влиянии на звук последнего разряда в 16-битовом ЦАПе, то здесь мы имеем величины на 30 дБ большие.

Изменения на высоких частотах $|Z|$ контакта на десятки доли ома свидетельствуют о наличии процессов с довольно большой энергетикой, здесь идет речь о величинах порядка -30 дБ, а этого более чем достаточно для порчи звука. Получается, что именно концы кабеля играют ведущую роль. В таком случае и направленность кабеля перестает быть артефактом и многое другое получает объяснение. Что ж, радиотехника была, есть и будет наукой о контактах. ◀

Кабели на рисунках обозначены цифрами: 1 — "Mission", 2 — "Nordost Solar Wind", 3 — "Nordost Red Dawn", 4 — "NTV", 5 — "Phoenix Gold", 6 — "Phoenix Gold Ref."



ресивера "Yamaha RX-V620RDS"

