

Solid-State Audio Power

In this final part, John Linsley Hood considers gain stages' and power supplies, and takes a quizzical look at testing and specifications.

В этой заключительной части Джон Линсли Худ рассматривает каскады усиления и источники питания, а также делает краткий обзор испытаний и спецификаций.

Amplifier testing

Тестирование усилителя

In an ideal world, there would be some clearly understood and universally agreed set of standards by which the performance of an amplifier - or any other component in the sound reproduction chain - could be assessed.

Some of the design errors which arose in the early days of transistor amplifiers disclosed inadequacies in the test methods then employed. Sadly, thirty years later, we are still some way from a complete understanding of the types of technical specification we should seek to meet, or of the relative acoustic significance of the known residual errors.

В идеальном мире должен существовать какой-то четко понятный и общепризнанный набор стандартов, по которым можно было бы оценивать характеристики усилителя — или любого другого компонента в цепи воспроизведения звука.

Некоторые из ошибок проектирования, возникшие на заре транзисторных усилителей, выявили несоответствия использовавшихся тогда методов испытаний. К сожалению, тридцать лет спустя мы все еще далеки от полного понимания типов технических спецификаций, которым мы должны соответствовать, или относительного акустического значения известных остаточных ошибок.

Part of this problem is due to clear differences in their response to instrumental evaluation between the three groups of customers; the classical music devotee, the rock music enthusiast and the relatively naive, and musically uninterested 'man in the street'.

Частично эта проблема связана с явными различиями в их реакции на инструментальную оценку между тремя группами клиентов; поклонник классической музыки, энтузиаст рок-музыки и относительно наивный и незаинтересованный в музыке «человек с улицы».

In classical music and traditional jazz played on acoustic instruments, a direct comparison is possible between the sound of the original performance and that of the reproduction, allowing for differences in the acoustic ambience of the settings; the importance of residual defects in reproduction, so far as these are identifiable, can be quantified.

В классической музыке и традиционном джазе, исполняемых на акустических инструментах, возможно прямое сравнение звука оригинального исполнения и воспроизведения с учетом различий в акустической среде настроек; важность остаточных дефектов воспроизведения, насколько они поддаются идентификации, может быть определена количественно.

Some of the early public demonstrations staged by G. A. Briggs of Wharfedale and P. J. Walker of Quad, in which live and reproduced music were directly compared in a side-by-side demonstration, showed that even in those days the differences could be surprisingly small and encouraged the belief that the performance tests employed were adequate to assure satisfactory performance, as they could well have been for the equipment then being used.

Некоторые из первых публичных демонстраций, устроенных Г. А. Бриггсом из Уорфдейла и П. Дж. Уокером из Quad, в которых живая и воспроизведенная музыка напрямую сравнивались друг с другом, показали, что даже в те дни различия могли быть на удивление малы и поощрялись. уверенность в том, что использованные тесты производительности были достаточными для обеспечения удовлетворительных характеристик, поскольку они вполне могли

быть для оборудования, которое тогда использовалось.

For the relatively unsophisticated buyer of equipment, the important factors are physical appearance, the number of facilities it offers, its apparent value for money and its numerical performance specifications, such as power output, bandwidth, and steady - state harmonic and intermodulation distortion factors.

Для относительно неискушенного покупателя оборудования важными факторами являются внешний вид, количество предлагаемых возможностей, его кажущееся соотношение цены и качества и числовые технические характеристики, такие как выходная мощность, полоса пропускания и коэффициенты гармонических и интермодуляционных искажений в установившемся состоянии.

The fact that very highly specified power amplifiers may not sound any better, and perhaps even worse than systems which are less well specified, has cast some doubt on the value of many performance measurements. This doubt is encouraged by the growing use of up-market equipment for the reproduction of music originating mainly from electronic or electronically assisted instruments - which definition must also include the human voice, where this is augmented by a microphone and amplifier - and fed directly on to tape.

Тот факт, что усилители мощности с очень высокими техническими характеристиками могут звучать не лучше, а, возможно, даже хуже, чем системы с менее хорошими характеристиками, ставит под сомнение ценность многих измерений производительности. Этому сомнению способствует растущее использование высококлассного оборудования для воспроизведения музыки, воспроизводимой в основном электронными инструментами или инструментами с электронным управлением — это определение должно также включать человеческий голос, если он усиливается микрофоном и усилителем — и подается непосредственно на ленту.

This music is also likely to have been extensively modified during the recording process, so that the performance is heard for the first time when the disc or tape is replayed. The judgment of the listener will therefore be based less upon whether the reproduced sound is accurate than on whether it is pleasing to the ear.

Whether it is warranted or not, enthusiasts insist that there are differences in the listener appeal of the various available units and that these differences may not be measurable by any of the normally specified performance parameters. Guidance, when needed, must therefore be sought elsewhere.

Эта музыка также, вероятно, была сильно изменена в процессе записи, так что исполнение можно услышать впервые при повторном воспроизведении диска или ленты. Таким образом, суждение слушателя будет основываться не столько на том, насколько точен воспроизводимый звук, сколько на том, приятен ли он для слуха.

Независимо от того, оправдано это или нет, энтузиасты настаивают на том, что существуют различия в привлекательности для слушателя различных доступных устройств и что эти различия могут быть неизмеримы ни одним из обычно определяемых параметров производительности. Поэтому руководство, когда оно необходимо, следует искать в другом месте.

A wide range of periodicals exists to cater for this need and also, perhaps, to reinforce the belief that the respective merits of various brands of equipment can only be assessed by comparative listening trials carried out by (their own) skilled and experienced reviewers.

Clearly, the absence of valid numerical or instrumental standards for defining subjective amplifier performance is a matter of wide concern, and various attempts have been made to set matters straight.

Существует широкий спектр периодических изданий, чтобы удовлетворить эту потребность, а также, возможно, укрепить веру в то, что соответствующие достоинства оборудования различных марок могут быть оценены только путем сравнительных прослушиваний, проводимых (их собственными) квалифицированными и опытными рецензентами.

Ясно, что отсутствие действительных числовых или инструментальных стандартов для

определения субъективных характеристик усилителя является предметом серьезного беспокойства, и были предприняты различные попытки исправить ситуацию.

To involve the ear of the listener in the assessment of performance, Colloms (Colloms, M. , Hi-Fi News and Record Review. October 1977, pp. 13-15) and Baxandall (Baxandall P. J., Wireless World, November 1977, pp. 63-66.) almost simultaneously proposed the substitution of the amplifier under test for a nominal (phase-corrected) straight wire, using a circuit layout of the kind shown in Fig. 11. Perhaps predictably, the conclusions reached by these two authors differed, with Colloms claiming that there were significant differences which could be detected by this method and Baxandall asserting that all competently designed units; operated within their limits, will sound identical.

Чтобы привлечь внимание слушателя к оценке исполнения, Колломс (Colloms, M., Hi-Fi News and Record Review. October 1977, pp. 13-15) и Баксандалл (Baxandall P. J., Wireless World, November 1977). , стр. 63-66.) почти одновременно предложили заменить испытуемый усилитель номинальным (скорректированным по фазе) прямым проводом, используя схему, показанную на рис. 11. Возможно, как и следовало ожидать, выводы, сделанные этими двумя авторами, различались: Колломс утверждал, что существуют значительные различия, которые можно обнаружить с помощью этого метода, а Баксандалл утверждал, что все грамотно спроектированные единицы, работающие в их пределах, будут звучать одинаково.

Note. This method is defended by M.A. Sapozhkov with his doctoral dissertation. in 1956. The disadvantage of the method lies in the formation of the input signal delay using RC circuits. There were no simulators then, and it is very difficult (if not impossible) to get an adjustable ideal delay line in reality.

Примечание. Этот метод защищен докторской диссертацией Сапожковым М.А. в 1956 году. Недостаток метода заключается в формировании задержки входного сигнала с помощью RC-цепей. Тогда еще не было симуляторов, а получить регулируемую идеальную линию задержки в реальности весьма затруднительно (если не невозможно).

An early observation of audio enthusiasts was that, in spite of their generally poorer specifications, valve amplifiers "sounded better" than transistor amplifiers. This was probably because the valve amplifiers had a more gradual overload characteristic than their transistor equivalents, especially since most solid-state amplifiers would use output-transistor protection circuitry, which would impose a rigid limit on the permissible output current into a short circuit or low-impedance load. Valve amplifiers did not impose this output current limitation and for both of these reasons could sound significantly 'louder' than notionally more powerful transistor operated systems.

Раннее наблюдение энтузиастов звука заключалось в том, что, несмотря на их в целом более низкие характеристики, ламповые усилители «звучали лучше», чем транзисторные усилители. Вероятно, это было связано с тем, что ламповые усилители имели более постепенную характеристику перегрузки, чем их транзисторные эквиваленты, особенно потому, что в большинстве полупроводниковых усилителей использовалась схема защиты выходного транзистора, которая налагала бы жесткое ограничение на допустимый выходной ток при коротком замыкании или коротком замыкании. низкоимпедансная нагрузка. Усилители Valve не накладывали этого ограничения на выходной ток и по обоим этим причинам могли звучать значительно «громче», чем условно более мощные системы с транзисторным управлением.

In an attempt to test the validity of these claims for the audible superiority of valve amplifiers, the Acoustical Manufacturing Company (Quad) commissioned a series of double-blind group listening trials, reported by Moirx, in which the panel was selected to include people who had published their beliefs that there were significant differences between amplifier types and that valve amplifiers were superior. In the event, the conclusions of this trial were that there was no statistical significance in the group preferences, individually or collectively, between the Quad 303 and 405 transistor amplifiers, or between either of these and the Quad II operated amplifiers.

В попытке проверить обоснованность этих заявлений о звуковом превосходстве ламповых усилителей Acoustical Manufacturing Company (Quad) заказала серию двойных слепых групповых прослушиваний, о которых сообщил Moirx, в которых группа была отобрана из людей, которые опубликовали свои убеждения, что существуют значительные различия между типами

усилителей и что ламповые усилители лучше. В этом случае выводы этого испытания заключались в том, что не было статистической значимости в групповых предпочтениях, индивидуальных или коллективных, между транзисторными усилителями Quad 303 и 405 или между любым из них и усилителями, управляемыми Quad II.

However, a possibly important factor was that the output signals from the amplifiers were monitored with an oscilloscope to ensure that at no time were the output levels high enough to cause clipping, however briefly.

Однако, возможно, важным фактором было то, что выходные сигналы от усилителей контролировались с помощью осциллографа, чтобы гарантировать, что выходные уровни никогда не будут достаточно высокими, чтобы вызвать клиппирование, даже кратковременное.

As an extension to this valve versus transistor debate, Hiraga (Hiraga, J . , Hi-Fi News and Record Review, March 1977, pp. 41 -45) tried to relate the claimed sound differences between the two amplifier types to test results derived from wide-band spectrum analysis. In general, his findings confirmed that the listener did not necessarily prefer un distorted signals.

В качестве продолжения дебатов о лампах и транзисторах Хирага попытался связать заявленные различия в звуке между двумя типами усилителей с результатами испытаний, полученными в результате анализа широкополосного спектра. В целом его выводы подтвердили, что слушатель не обязательно предпочитает неискаженные сигналы.

A further attempt to provide a test method to give better correlation with the subjective assessment than simple THD or bandwidth measurements was evolved by the BBC and described by Belcher (Belcher, R. A . , Wireless World, May 1978, pp. 36-41), using weighted pseudo-random noise signals followed by a comb-filter rejection network.

Дальнейшая попытка предоставить метод испытаний, дающий лучшую корреляцию с субъективной оценкой, чем простые измерения THD или ширины полосы, была разработана BBC и описана Белчером (Belcher, R.A., Wireless World, May 1978, pp. 36-41).), используя взвешенные псевдослучайные шумовые сигналы, за которыми следует сеть подавления гребенчатого фильтра.

This gave very good correlation with a listening-panel assessment of sound quality impairment through various causes, which showed that the nature and linearity of the transfer characteristic of the system was important. This conclusion was corroborated by Hirata J. J., who evolved a test method based on an asymmetrical pulse waveform input, in an attempt to discover why it was possible to hear and identify the audible defects of an amplifier in the presence of much larger defects introduced by the loudspeaker.

Это дало очень хорошую корреляцию с оценкой прослушивающей группой ухудшения качества звука по различным причинам, что показало, что характер и линейность передаточной характеристики системы важны. Этот вывод был подтвержден Хиратой Дж. Дж., который разработал метод испытаний, основанный на асимметричной входной форме импульса, в попытке выяснить, почему можно услышать и идентифицировать слышимые дефекты усилителя при наличии гораздо более крупных дефектов, вызванных громкоговорителем.

Unfortunately, the gulf between engineers and the subjective-sound fraternity still remains, one side claiming that any differences between well designed amplifiers will be vanishingly small , and the other asserting that dramatic changes in performance can be made by such unlikely actions as replacing the standard mains cable with a more expensive one.

The absurdity of some of these claims provoked Self J2 into a defence of engineering standards against the metaphysical assertions of the 'add-on' fraternity. As I indicated in a subsequent letter J3, **I feel that we may still have things to learn, outside the comfortable realms of the steady state.**

As engineers, we have made mistakes in the past through the lack of stringency in the tests we applied. This experience must make us more cautious in claiming perfection as a result of favourable responses to a limited number of possibly inappropriate test measurements; we may still have overlooked something.

For myself, I believe that some audible differences do remain between apparently impeccably specified amplifiers, particularly where these are based on dissimilar design philosophies and I think some of these audible differences are related to quite clearly visible, and measurable, differences in their step - function response characteristics. There are certainly other things which also have an effect on sound quality which we could measure, if only we knew where to look.

К сожалению, пропасть между инженерами и сообществом субъективных звуков все еще остается: одна сторона утверждает, что любые различия между хорошо спроектированными усилителями будут исчезающе малы, а другая утверждает, что кардинальные изменения в характеристиках могут быть достигнуты такими маловероятными действиями, как замена. g стандартного сетевого кабеля на более дорогой.

Абсурдность некоторых из этих утверждений спровоцировала Self J2 на защиту инженерных стандартов от метафизических утверждений «дополнительного» братства. Как я указал в последующем письме J3, я чувствую, что нам еще есть чему поучиться за пределами комфортных сфер стационарного состояния.

Как инженеры, мы допускали ошибки в прошлом из-за отсутствия строгости в тестах, которые мы применяли. Этот опыт должен сделать нас более осторожными в заявлениях о совершенстве в результате благоприятных ответов на ограниченное количество, возможно, несоответствующих тестовых измерений; возможно, мы все еще что-то упустили из виду.

Что касается меня, я считаю, что некоторые слышимые различия все же остаются между явно безупречными усилителями, особенно если они основаны на разной философии проектирования, и я думаю, что некоторые из этих слышимых различий связаны с довольно четко видимыми и измеримыми различиями в их ступенчатой функции. характеристики отклика. Безусловно, есть и другие факторы, влияющие на качество звука, которые мы могли бы измерить, если бы только знали, где искать.

Note. It is strange that the SWDT test by D. Hafler was not included in the review of amplifier testing methods. (D.A. Hafler, Listening Test for Amplifier Distortion, Hi-Fi News and Review, November 1986, pp.25-29)

Примечание. Странно что в обзор методов тестирования усилителей не вошел тест SWDT Д.Хафлера (D.A. Hafler, Listening Test for Amplifier Distortion, Hi-Fi News and Review, November 1986, pp.25-29)

Несколько высказываний о влиянии динамических ошибок во временной области

<https://www.hifi-advice.com/blog/jeff-rowland-power-amplifiers/jrdg-company-special-model-7-and-model-5/> JRDG Company Special – Model 7
1984-1992, Jeff Rowland

Некоторые особенности модели 7

Отсутствие общей или вложенной отрицательной обратной связи устраняет искажения во временной области.

Постоянный выходной импеданс поддерживается во всем звуковом диапазоне

Отсутствие конденсаторов, катушек индуктивности, предохранителей и схем защиты на пути прохождения сигнала устраняет неблагоприятное воздействие этих устройств.

<https://www.theabsolutesound.com/articles/charlie-hansen-1956-2017/>

Interview with Charles Hansen of Ayre Acoustics

CH: A real problem is that there are almost no measurable parameters that correlate with perceived sound quality, or even more importantly, on how well the musical experience is communicated to us. This is true for both digital and analog technologies. Given that, I would say that time-related performance is the most critical aspect of sound reproduction in general, and digital is no exception. There is far more to this than just using high sampling rates or a certain digital filter. And there is the issue of feedback and how it is used — preferably not at all.

Настоящая проблема заключается в том, что почти нет измеримых параметров,

которые коррелируют с воспринимаемым качеством звука или, что еще более важно, с тем, насколько хорошо нам передается музыкальный опыт. Это справедливо как для цифровых, так и для аналоговых технологий. Учитывая это, я бы сказал, что производительность, связанная со временем, является наиболее важным аспектом воспроизведения звука в целом, и цифровой формат не является исключением. Это гораздо больше, чем просто использование высоких частот дискретизации или определенного цифрового фильтра. И есть вопрос обратной связи и того, как она используется — желательно, чтобы ее вообще не было.

СН: The ear/brain is far more sensitive to time-related information than any other parameter.

Ухо/мозг гораздо более чувствителен к информации, связанной со временем, чем к любому другому параметру.

СН: In analog circuitry, feedback loops take the time-delayed signal from the output and send it back to the input in an attempt to correct an error that has already occurred. This creates a form of time distortion that cannot currently be measured, yet is clearly audible. The math (and test equipment) tells us that the correction happens quickly enough, but our ears tell us something quite different.

В аналоговых схемах контуры обратной связи принимают задержанный по времени сигнал с выхода и отправляют его обратно на вход, пытаясь исправить уже возникшую ошибку. Это создает форму временного искажения, которое в настоящее время невозможно измерить, но которое отчетливо слышно. Математика (и тестовое оборудование) говорит нам, что коррекция происходит достаточно быстро, но наши уши говорят нам совсем другое.

Примечание. Измерить можно если воспользоваться компенсационным методом с использованием правильных тестовых сигналов: бурст синуса 10 кГц или треугольный сигнал частотой 10 кГц.

СН: The products that have used very high levels of feedback (yielding incredible measurements) have not stood the test of time and are no longer made.

Продукты, в которых использовались очень высокие уровни обратной связи (обеспечивающие невероятные измерения), не выдержали испытания временем и больше не производятся.

Вот что пишет И.Достал о динамических ошибках во временной области

Operational Amplifiers by Jiri Dostal_1993, p218

7.6 Summary

1. Operational-circuit dynamic errors in the time domain are mathematically predictable only in simple, idealized cases.

Операционные усилители Иржи Достал_1993, стр. 218

7.6 Резюме

1. Динамические ошибки рабочих схем во временной области математически предсказуемы только в простых, идеализированных случаях.