

## David Hafler introduces a listening test for amplifier distortions

*Дэвид Хафлер представляет тест на слуховое восприятие искажений усилителей.*

### David Hafler

The American designer David Hafler, a recipient of HFN/RR's Lifetime Achievement Award in December 1984, is I regarded by many as the Henry Ford of hi-fi. His work at Dynaco in the 1950s and 1960s made superlative-sounding products available at realistic prices, and he championed the concept of kit-building - augmented by the most lucid instructions imaginable — to further reduce prices.

*Американский дизайнер Дэвид Хафлер, получивший в декабре 1984 года премию HFN/RR за достижения всей жизни, многими считается Генри Фордом от мира Hi-Fi. Его работа в Динако в 1950-х и 1960-х годах позволила сделать продукцию с превосходным звучанием доступной по реалистичным ценам, и он отстаивал концепцию сборки из комплектов — дополненную максимально понятными инструкциями — для дальнейшего снижения цен.*

This attitude has been carried over to the products now available under the Hafler name, and he continues to offer high-value-for-money products in the face of escalating price thresholds. British consumers, in particular, have perpetuated his name by labelling his ambience retrieval configuration the “Hafler circuit”.

*Такой подход он перенёс и на продукцию, теперь доступную под маркой Hafler, и продолжает предлагать товары с высоким соотношением цены и качества, несмотря на растущие ценовые пороги. Британские потребители, в частности, увековечили его имя, назвав его систему восстановления атмосферы «схемой Hafler».*

We met with him in London to discuss his new “Straight Wire Differential Test” method and “Excelinear” amplifier fine-tuning circuit; he saved our interviewer's batteries by presenting us with this article, which explains the process. In addition to this, he even provided us with sheets discussing the questions most, likely to be asked about Excelinear, to Y which we have added a few questions of our own.

*Мы встретились с ним в Лондоне, чтобы обсудить его новый метод «Дифференциального теста с прямым проводом» и схему точной настройки усилителя «Excelinear»; он сэкономил заряд батарей нашего интервьюера, предоставив нам эту статью, в которой объясняется этот процесс. Кроме того, он даже предоставил нам листы с наиболее вероятными вопросами об Excelinear, к которым мы добавили несколько своих собственных вопросов.*

Throughout the history of sound reproduction there has always been uncertainty as to what degree of distortion and what types of distortion were audible. At one time it was thought that 5% total harmonic distortion was the threshold of audibility. Later, 2% was considered to be the goal to be reached to make distortion inaudible.

*На протяжении всей истории звуковоспроизводства всегда существовала неопределенность относительно того, какая степень искажений и какие типы искажений являются слышимыми. В свое время считалось, что порогом слышимости является 5% суммарных гармонических искажений. Позже было установлено, что 2% — это целевой показатель, которого необходимо достичь, чтобы сделать искажения неслышимыми.*

Now, high quality amplifiers routinely specify distortion of less than 0.1% over the 20Hz to 20kHz band. Despite this low distortion, many critical listeners claim to hear differences in performance which, if correctly identified, show that conventional distortion measurements are inadequate for indicating whether an amplifier's distortion is audible. This has led researchers to seek other forms of distortion than THD and IM, and some emphasis has been placed on transient distortions. However, this has still not given us the possibility of making a measurement and assigning a numerical value above which distortion may be audible, and below which it is inaudible.

*В настоящее время высококачественные усилители обычно указывают на уровень искажений менее 0,1% в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц. Несмотря на этот низкий уровень искажений, многие критически настроенные слушатели утверждают, что слышат различия в звучании, которые, если их правильно определить, показывают, что традиционные измерения искажений недостаточны для определения того, слышны ли искажения усилителя. Это*

побудило исследователей искать другие формы искажений, помимо THD и IMD, и некоторое внимание было уделено переходным искажениям. Однако это до сих пор не дало нам возможности провести измерение и присвоить числовое значение, выше которого искажения могут быть слышимыми, а ниже — неслышимыми.

What is clearly needed is a method of determining whether distortion is audible in a given piece of equipment. This determination should be made using music as a source, and not limiting the investigation to steady state signals such as sine waves or square waves.

*Совершенно необходимо разработать метод определения наличия слышимых искажений в конкретном оборудовании. Это определение следует проводить, используя в качестве источника музыку, а не ограничиваясь исследованием стационарных сигналов, таких как синусоидальные или прямоугольные волны.*

If one could compare the reproduced sound with the original, one could judge for oneself whether the degree of distortion is detectable. This, however, is a test of the entire audio chain, including microphones and loudspeakers. One could not separately determine whether the amplifier had audible distortion or not. To listen for an amplifier's distortion, one must have a reference for comparison. The most accurate and convenient reference is the traditional straight wire. A straight wire has infinitesimal distortion and must by its nature be more accurate than any active device such as an amplifier. It immediately opens up the possibility of A-B comparison between it and the amplifier being tested. This can be done by putting two amplifiers in series, with the gain of the second one reduced to unity (to match the gain of the straight wire); then the test amplifier can be bypassed by switching the straight wire across it.

*Если сравнить воспроизведенный звук с оригиналом, можно самостоятельно судить, можно ли обнаружить степень искажения. Однако это проверка всей аудиоцепи, включая микрофоны и громкоговорители. Отдельно определить, есть ли у усилителя слышимые искажения или нет, невозможно. Для прослушивания искажений усилителя необходим эталон для сравнения. Наиболее точным и удобным эталоном является традиционный прямой провод. Прямой провод обладает ничтожно малыми искажениями и по своей природе должен быть точнее любого активного устройства, такого как усилитель. Это сразу же открывает возможность сравнения «А-В» между ним и тестируемым усилителем. Это можно сделать, соединив два усилителя последовательно, уменьшив коэффициент усиления второго до единицы (чтобы он соответствовал коэффициенту усиления прямого провода); затем тестовый усилитель можно обойти, подключив прямой провод параллельно ему.*

One half of a stereo amplifier can be used as the driving source for either the other half or for the straight wire. Two subtle points must be observed in this experiment. First, there should be a loudspeaker load on the driving amplifier in the 'A' position. If that speaker load is not used, the test is less stringent as the effect of the speaker on amplifier performance is not taken into consideration. As we shall see later, a change in loudspeaker load can change the performance of an amplifier. Fig. 1 shows the driving amplifier with its own speaker load in the 'A' position and with the test amplifier's load in the 'B' position.

*Одна половина стереоусилителя может использоваться в качестве источника питания либо для другой половины, либо для прямого провода. В этом эксперименте необходимо соблюдать два важных момента. Во-первых, на усилитель в положении «А» должна быть нагрузка от громкоговорителя. Если нагрузка от громкоговорителя не используется, тест становится менее строгим, поскольку влияние громкоговорителя на характеристики усилителя не учитывается. Как мы увидим позже, изменение нагрузки от громкоговорителя может изменить характеристики усилителя. На рис. 1 показан усилитель с собственной нагрузкой от громкоговорителя в положении «А» и с нагрузкой от тестового усилителя в положении «В».*

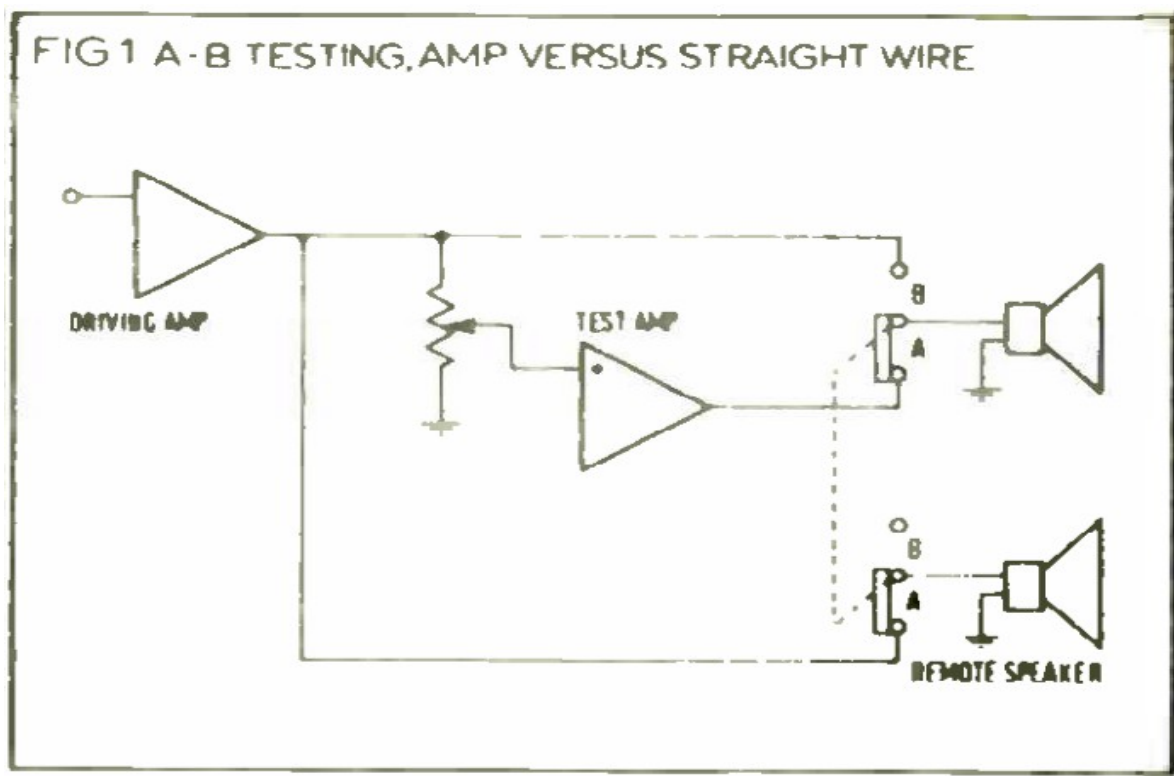


Fig. 1 (overleaf) illustrates the simple setup for making this A-B test.

Naturally both loudspeakers should be identical. A second requirement in this test is that the speaker load for the driving amplifier must be isolated by putting it in a separate room. Otherwise, sound from that speaker will mask the sound of the amplifier vs. wire comparison.

*Естественно, оба громкоговорителя должны быть идентичны. Второе требование в этом тесте — изолировать нагрузку динамика для усилителя, разместив его в отдельной комнате. В противном случае звук из этого динамика будет заглушать звук усилителя и звук, полученный при сравнении проводного подключения.*

A-B testing is a valid and scientific method of comparison. However, it requires judgement, and it has been criticized as being confusing, fatiguing and artificial. There is no question that what one person hears on an A-B test is not necessarily what another hears. There is considerable dissension as to the merits of A-B testing. Since it is not universally accepted, there is, fortunately, a more sensitive listening test for distortion.

*A/B-тестирование — это достоверный и научный метод сравнения. Однако он требует определенной оценки и подвергается критике за свою запутанность, утомительность и искусственность. Нет сомнений в том, что то, что слышит один человек при A/B-тестировании, не обязательно услышит другой. Существуют значительные разногласия относительно достоинств A/B-тестирования. Поскольку оно не является общепринятым, к счастью, существует более чувствительный тест на искажения звука.*

The preferred way to listen for distortion is what I call the straight wire differential test (SWDT). This arrangement is illustrated in fig. 2. Here again, one half of the stereo amplifier can be used to provide a low impedance driving source. The gain of the second half is set to unity to match the straight wire. In practically all power amplifiers, the input and output are in the same phase, so a transducer such as a loudspeaker can be connected from input to output in a differential mode. It is obvious that if input and output are identical, there will be no signal in the loudspeaker. Any sound audible after careful adjustment of the level will be distortion.

*Предпочтительный способ проверки наличия искажений — это так называемый дифференциальный тест с прямым проводом (SWDT). Эта схема показана на рис. 2. Здесь также одна половина стереоусилителя может использоваться для подачи низкоимпедансного источника сигнала. Коэффициент усиления второй половины устанавливается равным единице для согласования с прямым проводом. Практически во всех усилителях мощности вход и выход находятся в одной фазе, поэтому преобразователь, например, громкоговоритель, может быть подключен от входа к выходу в дифференциальном режиме. Очевидно, что если вход и выход идентичны, то в громкоговорителе не будет сигнала. Любой звук, слышимый после тщательной*

регулировки уровня, будет искажением.

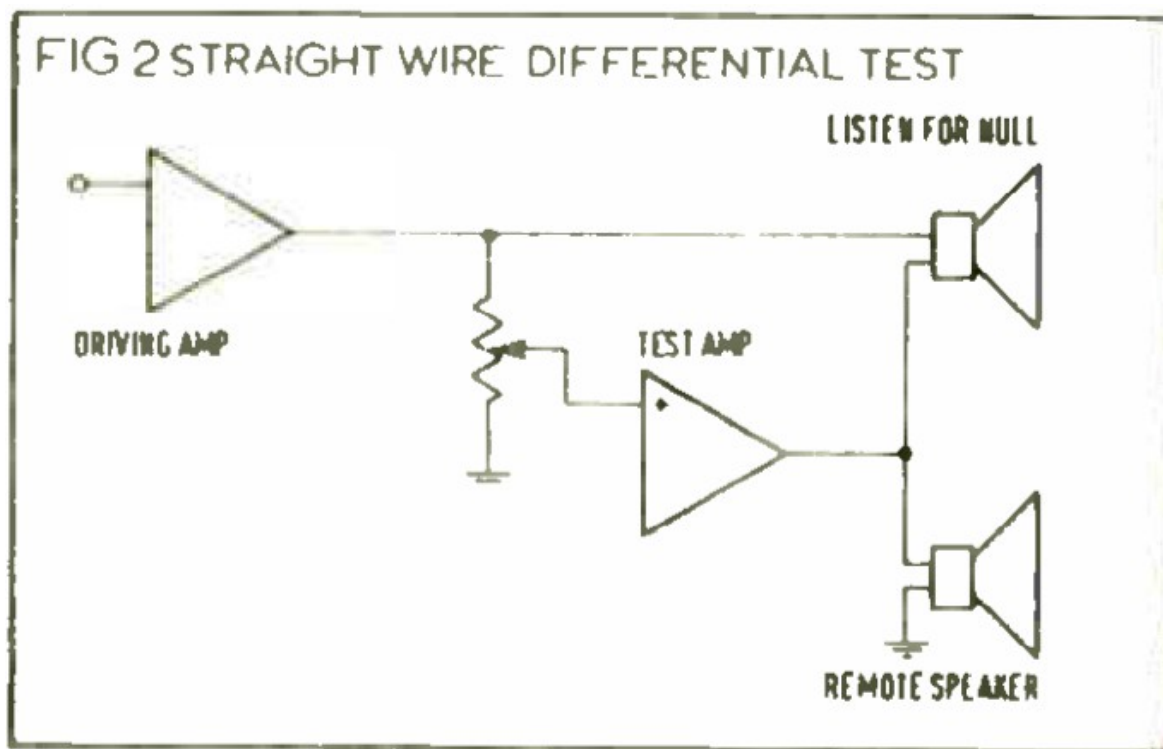


Fig. 2 SWDT - test

What is done here is to remove the original signal by subtracting the output from the input; this unmasks the distortion generated in the second (test) amplifier. This remainder includes non-linearities such as THD and IMD. It includes all types of transient distortions, and it includes amplitude and phase aberrations. It includes not only all known distortions, but also any which may be identified in the future. What it does not do is separate the types, so no weighting can be given to more obnoxious forms of distortion.

Здесь происходит удаление исходного сигнала путем вычитания его из выходного; это выявляет искажения, генерируемые во втором (тестовом) усилителе. Этот остаток включает в себя нелинейности, такие как THD и IMD. Он включает все типы переходных искажений, а также амплитудные и фазовые aberrации. Он включает не только все известные искажения, но и любые, которые могут быть выявлены в будущем. Однако он не разделяет типы искажений, поэтому нельзя присвоить вес более неприятным формам искажений.

**Примечание.** На самом деле тест выделяет векторные погрешности, подробно описаны в книге И.Достала «Операционные усилители». Для выделения продуктов искажений необходимо пользоваться усовершенствованным методом, а именно компенсационным тестом.

When this test is performed on most amplifiers, one can hear grunge, harshness, edginess, grain, and other irritating sounds. One can also hear some relatively clean sound which comes mainly from amplitude and phase errors. These are inaccuracies, but not necessarily of an annoying type. However, the best designs should minimize them as well as the irritating factors.

При проведении этого теста на большинстве усилителей можно услышать неприятные, резкие, грубые, зернистые и другие раздражающие звуки. Также можно услышать относительно чистый звук, который в основном возникает из-за ошибок амплитуды и фазы. Это неточности, но не обязательно раздражающие. Однако лучшие конструкции должны минимизировать как их, так и раздражающие факторы.

The SWDT is elegantly simple, requiring no instruments. Its merits are obvious, but it is extremely difficult to apply because of its great sensitivity. A few minutes of phase shift, or some millibels of amplitude variation will show up as significant sound. This test shows most amplifiers to be audibly inaccurate. When a similar approach to amplifier testing was discussed in the past [1], the experimenters found relatively high levels of sound due to phase and amplitude variations. They did not consider these to be important, and they compensated the straight wire to minimize such variations. They made the assumption that phase variations were inaudible. This is disputable and controversial. We prefer to correct the amplifier to eliminate these aberrations rather than to eliminate them from the signal

source.

*SWDT отличается элегантной простотой и не требует никаких приборов. Его преимущества очевидны, но его применение крайне затруднительно из-за высокой чувствительности. Несколько минут фазового сдвига или несколько миллибел амплитудных колебаний проявятся как значительный звук. Этот тест показывает, что большинство усилителей имеют слышимую неточность. Когда в прошлом обсуждался аналогичный подход к тестированию усилителей [1], экспериментаторы обнаружили относительно высокие уровни звука из-за фазовых и амплитудных колебаний. Они не сочли их важными и компенсировали прямолинейный провод, чтобы минимизировать такие колебания. Они предположили, что фазовые колебания неслышимы. Это спорно и противоречиво. Мы предпочитаем корректировать усилитель, чтобы устранить эти искажения, а не устранять их из источника сигнала. (точнее, не вносить их в источник сигнала)*

The SWDT gives the amplifier designer a tool for improving the sonic performance of his designs. He can test and adjust the amplifier to excel on this test. The first amplifier to be designed with the aid of this technique was the Hafler XL-280. The approach was very conservative, while still innovative, aiming at a wideband, low distortion design before the application of overall negative feedback and before trying to 'tweak' the final elements for minimum phase shift simultaneous with minimum distortion and adequate stability margin. Components were selected, bias currents were tested, phase compensation was added — all to get minimum sound output with the SWDT. The amplifier is symmetrical throughout, from a pair of J-FETs in the input to power MOSFETs in the output. The low level class A stages use a separate power supply to isolate them more effectively from the Class AB output devices.

*SWDT предоставляет разработчику усилителей инструмент для улучшения звуковых характеристик его разработок. Он может тестировать и настраивать усилитель для достижения превосходных результатов в этом тесте. Первым усилителем, разработанным с помощью этой техники, стал Hafler XL-280. Подход был очень консервативным, но при этом инновационным, направленным на создание широкополосной конструкции с низким уровнем искажений до применения общей отрицательной обратной связи и до попытки «настроить» конечные элементы для минимизации фазового сдвига одновременно с минимальными искажениями и достаточным запасом стабильности. Компоненты были выбраны, токи смещения протестированы, добавлена фазовая компенсация — все для достижения минимального уровня выходного сигнала с помощью SWDT. Усилитель симметричен по всей схеме, от пары JFET на входе до силовых MOSFET на выходе. Низкоуровневые каскады класса А используют отдельный источник питания для более эффективной изоляции от выходных транзисторов класса АВ.*

The XL-280 uses a moderate amount of negative feedback in an overall loop, plus local feedback such as in the source follower output stage. There are some who unjustly accuse negative feedback of being detrimental. However it is safe to say that NFB properly applied is always beneficial. However, proper application involves applying it to a very linear amplifier and assuring an adequate stability margin. Used in that way, NFB will reduce distortion, widen bandpass, and most important, it will stabilize operating characteristics so that performance will not drift in use; and production units will have negligible variation from one to another.

*В XL-280 используется умеренное количество отрицательной обратной связи в общей цепи, а также локальная обратная связь, например, в выходном каскаде истокового повторителя. Некоторые несправедливо обвиняют отрицательную обратную связь в её вредности. Однако можно с уверенностью сказать, что правильно применяемая отрицательная обратная связь всегда полезна. Правильное применение подразумевает её использование в очень линейном усилителе и обеспечение достаточного запаса стабильности. При таком использовании отрицательная обратная связь уменьшит искажения, расширит полосу пропускания и, что наиболее важно, стабилизирует рабочие характеристики, так что производительность не будет меняться в процессе эксплуатации; а серийные образцы будут иметь незначительные различия между собой.*

Phase compensation is used in the XL-280 to achieve minimum phase shift in the audio band in order to get maximum sensitivity from the SWDT. Achieving the goal of very low phase shift at high frequencies precludes the use of the customary output coil found in most amplifiers. To carry the control of phase to the ultimate, a phase 'tweaker' is positioned so that it is accessible from outside the amplifier.

*В усилителе XL-280 используется фазовая компенсация для достижения минимального фазового сдвига в звуковом диапазоне и, следовательно, максимальной чувствительности*

*краткоходового преобразователя. Достижение цели очень малого фазового сдвига на высоких частотах исключает использование обычной выходной катушки, которая присутствует в большинстве усилителей. Для обеспечения максимальной точности регулировки фазы фазовый регулятор расположен таким образом, чтобы к нему был доступ снаружи усилителя.*

In testing the amplifier under many conditions, it was observed that the optimum point of operation, as determined by the SDWT, shifted with a change of loudspeaker. This was due to variations in loudspeaker impedance and the fact that the amplifier internal impedance increased at high frequencies. A change in loudspeaker impedance made a small change in amplitude response. These small variations may be the cause of some of the sonic differences which are heard by 'golden ear' testers. Fortunately, these small deviations can be readily compensated with the phase shift adjustment built into the amplifier. The result is that by using the SWDT, it is practical to compensate the individual system for the specific type of loudspeaker in use.

*При тестировании усилителя в различных условиях было замечено, что оптимальная рабочая точка, определяемая с помощью SDWT, смещается при изменении типа громкоговорителя. Это объясняется изменениями импеданса громкоговорителя и тем фактом, что внутренний импеданс усилителя увеличивается на высоких частотах. Изменение импеданса громкоговорителя приводит к небольшому изменению амплитудно-частотной характеристики. Эти небольшие изменения могут быть причиной некоторых звуковых различий, которые слышат люди с «золотыми ушами». К счастью, эти небольшие отклонения легко компенсируются с помощью встроенной в усилитель регулировки фазового сдвига. В результате, используя SWDT, становится возможным компенсировать индивидуальные особенности системы для конкретного типа используемого громкоговорителя.*

***Примечание.** Выходной импеданс усилителя зависит от петлевого усиления и если оно стабильно в звуковой полосе, то и выходное сопротивление также стабильно. Для этого частота первого полюса должна быть выше звукового диапазона.*

For most listeners, the minute difference due to the final 'tweaking' is unimportant; and a check with the A-B test confirms this. Most people can be satisfied with an adjustment based on any conventional speaker load, rather than the specific speaker they are using. However, for the perfectionists and the most critical 'golden ears', the XL-280 amplifier can be adjusted to its ultimate capability with specific loudspeakers using the Straight Wire Differential Test as the measuring tool.

*Для большинства слушателей незначительная разница, возникающая из-за окончательной «настройки», не имеет значения; это подтверждается и проверкой с помощью А-В теста. Большинство людей могут быть удовлетворены настройкой, основанной на любой стандартной нагрузке акустических систем, а не на конкретных используемых колонках. Однако для перфекционистов и самых требовательных «золотых ушей» усилитель XL-280 можно настроить на максимальную мощность с конкретными акустическими системами, используя в качестве измерительного инструмента тест дифференциального усиления с прямым проводом.*

When applying the SWDT test with the XL-280, we have found that when playing music above normal listening levels, or when seated at less than the usual distance from the loudspeakers, there may be slight whispers of residual sound which are clearly identifiable as phase and amplitude distortions. These are sufficiently minor to be completely masked by normal musical content, and this can be verified with the A-B test procedure which confirms the SWDT results. After trimming for the individual speakers being used, test results show up to 70dB of nulling in the midband, and about 60dB over most of the rest of the audio spectrum. This means that the total distortions do not exceed 0.1% over the audio band and are essentially inaudible.

*При проведении теста SWDT с XL-280 мы обнаружили, что при воспроизведении музыки на уровнях громкости выше обычного или при нахождении на меньшем, чем обычно, расстоянии от громкоговорителей могут возникать едва уловимые остаточные звуки, которые четко идентифицируются как фазовые и амплитудные искажения. Эти искажения достаточно незначительны, чтобы полностью маскироваться обычным музыкальным контентом, и это можно проверить с помощью процедуры А-В тестирования, которая подтверждает результаты SWDT. После настройки под отдельные используемые динамики результаты теста показывают подавление до 70 дБ в среднечастотном диапазоне и около 60 дБ на большей части остального звукового спектра. Это означает, что суммарные искажения не превышают 0,1% в звуковом диапазоне и практически неслышны.*

***Примечание.** Для подавления векторных погрешностей ниже -60 дБ на верхней частоте*

*звукового диапазона время задержки прохождения сигнала со входа до нагрузки должно быть не более 8 нс.*

When the SWDT gives a substantial null on musical material at normal listening levels, the sound of the amplifier cannot be improved in accuracy. Any other amplifier which does not produce as deep a null on the SWDT, or which sounds different from one which does, is less accurate, regardless of whether its sound is pleasing or euphonious. Once this level of amplifier performance is reached, further improvements in sonic quality must be obtained from other elements of the hi-fi chain that the power amplifier, although of course, designers will still face the continuing challenges of reliability, efficiency and economy in amplifier designs.

*Если SWDT дает существенное подавление сигнала при воспроизведении музыкального материала на обычных уровнях громкости, то улучшить точность звучания усилителя невозможно. Любой другой усилитель, который не создает столь глубокого провала на SWDT или который звучит иначе, чем тот, который его создает, будет менее точным, независимо от того, приятен ли его звук или благозвучен. После достижения такого уровня производительности усилителя дальнейшее улучшение качества звука должно быть достигнуто за счет других элементов Hi-Fi-цепи, помимо усилителя мощности, хотя, конечно, разработчики по-прежнему будут сталкиваться с проблемами надежности, эффективности и экономичности при проектировании усилителей.*

***Примечание.** Действительно, модель усилителя XL-280 имеет достаточно стабильное ГВЗ в звуковом диапазоне перестраиваемое от 10...20 нс до нескольких нс со знаком минус. При этом стабильность модели сохраняется на любой реактивной нагрузке. Однако в области частот около 350 кГц ГВЗ имеет значительный подъем что отрицательно сказывается на усилении сигналов в атаке где происходит вращение фронтов. Этот недостаток отмечали и некоторые рецензенты проводившие тест SWDT на реальном музыкальном материале.*

## HAFLER Q&A

### *Ответы а вопросы*

Q: How do you account for amplifiers with near-perfect specification but inferior sonic performance?

*В: Как вы объясняете ситуацию, когда усилители имеют практически идеальные характеристики, но худшие звуковые качества?*

A: I think that accuracy must be the goal that is sought; this must be the ultimate. If these amplifiers sound dreadful, then they're not being measured by all possible techniques. This method includes all distortions that are possible. Any difference between input and output of an amplifier represents a distortion. It has something which is not being measured by conventional measurements, but still shows up as being inaccurate on this test. Inaccuracy doesn't mean necessarily that it's objectionable sound. You could put your sound through a filter and maybe improve it, but you wouldn't want to sell such a filter as a power amplifier.

*О: Я думаю, что точность должна быть главной целью; это должно быть пределом совершенства. Если эти усилители звучат ужасно, значит, их характеристики измеряются не всеми возможными методами. Этот метод учитывает все возможные искажения. Любая разница между входным и выходным сигналом усилителя представляет собой искажение. В нем есть нечто, что не измеряется обычными методами, но все же проявляется как неточность в этом тесте. Неточность не обязательно означает, что звук будет ужасным. Вы можете пропустить свой звук через фильтр и, возможно, улучшить его, но вы же не захотите продавать такой фильтр как усилитель мощности.*

Q: What about distortion in the driving amplifier?

*В: А как насчет искажений в драйверном усилителе?*

A: It does not affect the procedure. It merely delivers a distorted signal to the test amp; and if the test amp is accurate, it will pass this distorted signal without further distortion. The test is not affected.

*О: Это не влияет на процедуру. Это просто подает искаженный сигнал на тестовый усилитель; и если тестовый усилитель точен, он пропустит этот искаженный сигнал без дальнейших искажений. Тест не затрагивается.*

***Примечание.** На самом деле влияет. Если драйверный усилитель имеет ограниченную полосу частот (например, не выше 50...60 кГц), то он существенно облегчит задачу тестируемому усилителю.*

Q: If this technique is so good, how come nobody thought of it before?

*В: Если эта техника настолько хороша, почему никто не додумался до нее раньше?*

A: It is not a new idea. However, amplifiers in the past looked very bad on this test which shows up all the flaws. The XL-280 may be the first amplifier to offer a good null with the SWDT.

*О: Это не новая идея. Однако усилители в прошлом показывали очень плохие результаты в этом тесте, что выявляет все недостатки. XL-280, возможно, первый усилитель, обеспечивающий хорошее подавление сигнала при использовании SWDT.*

Q: Why does a change of loudspeaker load make a change in amplifier performance?

*В: Почему изменение нагрузки громкоговорителя влияет на характеристики усилителя?*

A: The output impedance of an amplifier tends to rise with higher frequencies. Therefore, at higher frequencies, a change in load will produce a small change in amplitude, and this change will not be constant with frequency. The changes in amplitude are associated with changes in phase. In the XL-280 we provide for compensation of these phase and amplitude shifts so that their effects are below audibility.

*О: Выходное сопротивление усилителя имеет тенденцию возрастать с увеличением частоты.*

*Следовательно, на более высоких частотах изменение нагрузки приведет к небольшому изменению амплитуды, и это изменение не будет постоянным с частотой. Изменения амплитуды связаны с изменениями фазы. В XL-280 мы предусмотрели компенсацию этих фазовых и амплитудных сдвигов, так что их влияние будет неслышимым.*

Q: But if your amplifier shows up best on this test, it must sound best against any competing units. Is that so?

*В: Но если ваш усилитель показывает лучшие результаты в этом тесте, значит, он звучит лучше всех конкурирующих устройств. Это так?*

A: The amplifier which produces a null in the SWDT cannot be improved in sound quality. Any amplifier which sounds different from it, must be wrong. This applies regardless of price. We expect that the amplifiers which will show up worst on this test will be the tube amplifiers with output transformers.

Thus, another myth will go down the drain.

*О: Усилитель, который создает провал в сигнале SWDT, невозможно улучшить по качеству звука. Любой усилитель, который звучит иначе, обязательно неисправен. Это справедливо независимо от цены. Мы ожидаем, что худшие результаты в этом тесте покажут ламповые усилители с выходными трансформаторами. Таким образом, еще один миф будет развеян.*

Q: Is there anything you feel that this test doesn't reveal, anything that sneaks by?

*В: Есть ли что-нибудь, что, по вашему мнению, этот тест не выявляет, что-нибудь, что ускользает от вашего внимания?*

A: Prejudice, perhaps. A \$600 amp can never be considered as good as a \$6000 unit regardless of how they sound.

*О: Возможно, это предвзятость. Усилитель за 600 долларов никогда не будет считаться таким же хорошим, как усилитель за 6000 долларов, независимо от того, как он звучит.*

Q: Basically, you're calling everyone's bluff here, putting every subjectivist on the spot.

*В: По сути, вы разоблачаете блеф всех, ставя каждого сторонника субъективизма в неловкое положение.*

A: I'm giving them a chance to substantiate their viewpoints. We're taking into account distortions which can't even be measured.

*О: Я даю им возможность обосновать свою точку зрения. Мы учитываем искажения, которые даже невозможно измерить.*

**Примечание.** Действительно, этот тест выявляет искажения которые не выявляются ни THD ни IMD.

Q: But what will you say to the subjectivists who prefer amplifiers which do not do as well as the Hafler on the Excelinear test?

*В: Но что вы скажете субъективистам, которые предпочитают усилители, не показавшие таких же хороших результатов, как Hafler, в тесте Excelinear?*

A: I'd have to say 'You prefer inaccuracy'. We are not going to sell inaccuracy; we're going to sell accuracy. The Excelinear technique strips away the music and leaves the residue. If you like that residue, that's your privilege. I think that everyone will agree that power amps are supposed to deliver the signal with the minimum of distortion; it's hard to justify anything else.

*О: Я бы сказал: «Вы предпочитаете неточность». Мы не собираемся продавать неточность; мы собираемся продавать точность. Техника Excelinear удаляет музыку и оставляет лишь осадок.*

*Если вам нравится этот осадок, это ваше право. Думаю, все согласятся, что усилители мощности должны передавать сигнал с минимальными искажениями; трудно оправдать что-либо другое.*

#### Literature

1. Testing Amplifiers With A Bridge, Andrew H Collins, Audio. March 1972.

## Stereophile 1987\_04-05

We have yet to find a substitute for distortion analyzers and squarewaves, and I doubt we will.

Jeff Nelson

*Нам еще предстоит найти замену анализаторам искажений и прямоугольных волн, и я сомневаюсь, что мы их найдем.*

*Джефф Нельсон*

Boulder Amplifiers

Boulder, CO.

There's always the human ear but we all know what a notoriously unreliable device that is. —LA

*Всегда есть человеческое ухо, но все мы знаем, что это заведомо ненадежное устройство. —LA*

David Hafler responds

*Дэвид Хафлер отвечает*

Editor:

David Hafler responds

*Дэвид Хафлер отвечает*

Editor:

*Редактор:*

E: Mr. Nelson's objection to the SWDT (straight wire differential test) is based on the fact that all amplifiers have time delay, and that the concomitant phase shift causes a residual signal when the output of the amplifier is subtracted from its input.

*Р: Возражение г-на Нельсона против SWDT (дифференциального теста прямым проводом) основано на том факте, что все усилители имеют временную задержку и что сопутствующий фазовый сдвиг вызывает остаточный сигнал, когда выход усилителя вычитается из его входа.*

A: Yes, I agree. It is not only conventional non-linear distortions that show up on the SWDT; but all aberrations, including those not necessarily objectionable.

*О: Да, я согласен. На SWDT проявляются не только обычные нелинейные искажения; но все отклонения, включая те, которые не обязательно вызывают возражения.*

E: Whether phase shift is audible or not is a controversial subject. Phase shift is one of the few parameters which varies widely from amplifier to amplifier, and I will not arbitrarily assume its inaudibility.

*Р: Слышен ли фазовый сдвиг или нет - спорный вопрос. Фазовый сдвиг - один из немногих параметров, который широко варьируется от усилителя к усилителю, и я не буду произвольно предполагать его неслышимость.*

A: I prefer to take the viewpoint that all errors be reduced to a minimum rather than theorizing that some are not audible and can be neglected. Therefore we have tried to reduce all distortions in our XL-280 amplifier and have compensated for phase errors so as to have very low phase shift in the audio band.

*О: Я предпочитаю придерживаться точки зрения, что все ошибки должны быть сведены к минимуму, а не теоретизировать, что некоторые из них не слышны и ими можно пренебречь. Поэтому мы постарались уменьшить все искажения в нашем усилителе XL-280 и скомпенсировали фазовые ошибки, чтобы получить очень низкий фазовый сдвиг в звуковом диапазоне.*

E: Mr. Nelson objects to this compensation as he states that this leads to resonant circuits which, he claims, "smear" transients.

*Р: Г-н Нельсон возражает против этой компенсации, поскольку он заявляет, что это приводит к резонансным цепям, которые, как он утверждает, «размазывают» переходные процессы.*

A: His hypothesis does not prove out in practice. Our well-damped minor resonance, which falls above 400kHz in our production XL-280s, introduces no detectable flaw in the audio range. The swim would show a "smear" as part of the audible residual signal if this problem existed, and we cannot hear such distortion with music or other transient signals.

*О: Его гипотеза не подтверждается на практике. Хорошо затухающий малый резонанс, который падает выше 400 кГц в наших серийных XL-280, не вносит заметных изъянов в звуковой диапазон. Если эта проблема существует, тест покажет «мазок» как часть остаточного звукового сигнала, и мы не сможем услышать такое искажение с музыкой или другими временными сигналами.*

E: Mr. Nelson suggests that the differential test would be workable if a linear network, which exactly matched the amplifier, would be used for the straight wire.

*Р: Г-н Нельсон предполагает, что дифференциальный тест будет работать, если линейная сеть, которая точно соответствует усилителю, будет использоваться для прямого провода.*

A: If that were the case, the amplifier and compensated wire would match; there would be no residual due to such factors as phase or amplitude response errors. Mr. Nelson's suggestion "bends" the straight wire, and assumes that phase and amplitude errors are inaudible. This is too great an assumption. To take an extreme example: an amplifier with very limited frequency response, -3dB at 100Hz and 10kHz, could be tested against the not-so-straight "wire" which includes passive components giving the same frequency response as the amplifier. The amplitude error would be subtracted out, and the "bent" amplifier would exhibit no amplitude error in this comparison with the "bent" wire.

*О: Если бы это было так, усилитель и компенсированный провод совпадали; не будет остатков из-за таких факторов, как ошибки фазовой или амплитудной характеристики. Предложение г-на Нельсона «изгибает» прямой провод и предполагает, что фазовые и амплитудные ошибки не слышны. Это слишком сильное предположение. Возьмем крайний пример: усилитель с очень ограниченной частотной характеристикой, -3 дБ при 100 Гц и 10 кГц, может быть протестирован на не очень прямом «проводе», который включает пассивные компоненты, дающие ту же частотную характеристику, что и усилитель. Ошибка амплитуды (и фазы) будет вычтена, и «изогнутый» усилитель не будет показывать ошибку амплитуды (и фазы) при этом сравнении с «изогнутым» проводом.*

*Примечание. Здесь Хафлер поясняет ошибку теста Баксандалла и Акулиничева. Нельзя подгонять АЧХ входного сигнала под АЧХ тестируемого усилителя!!!*

E: The SWDT puts a premium on bandwidth.

*Р: SWDT делает ставку на пропускную способность.*

A: This is necessary to obtain low phase shift in the audio range. This wide range, plus phase compensation, permits a null which remains deep over a wide range. Since the sensitivity of the ear decreases at low and high frequencies, the residual which increases at the frequency extremes because of phase shift has very low audibility. This test is primarily a listening test, so an inaudible null indicates there is no audible distortion.

*О: Это необходимо для получения низкого фазового сдвига в звуковом диапазоне. Этот широкий диапазон плюс фазовая компенсация позволяет обнуление, которое остается глубоким в широком диапазоне. Поскольку чувствительность уха снижается на низких и высоких частотах, остаточный сигнал, который увеличивается на крайних частотах из-за фазового сдвига, имеет очень низкую слышимость. Этот тест в первую очередь предназначен для прослушивания, поэтому неслышимый ноль указывает на отсутствие слышимых искажений.*

E: Mr. Nelson bases his objections to the SWDT on the short description given by J. Gordon Holt when he wrote of his experiments with the technique.

*Р: Г-н Нельсон основывает свои возражения против SWDT на кратком описании, данном Дж. Гордоном Холтом, когда он писал о своих экспериментах с этой техникой.*

A: I suggest that Mr. Nelson refer to my article in Audio, February 1987, which covers the rationale of the SWDT and mentions some of its limitations. I would like to point out particularly that my discussion of evaluating amplifier distortion by listening tests includes comparison on an A/B basis between the amplifier and a straight wire. I have observed that for an amplifier to be indistinguishable from a straight wire on the A/B comparison, using music or noise as a source, it must perform well on the SWDT. This means that, in addition to low distortion, the amplifier must have wide bandpass and relatively low phase shift. Of course, we will never see the perfect amplifier with infinite null on the SWDT. However, when our null exceeds 60dB over a wide spectrum, I contend that the aberrations are essentially inaudible; an amplifier with different sonic qualities is less accurate. Mr. Nelson's argument does not refute my contention: a null level deep enough to be inaudible means an accurate amplifier, and any which sounds different is not as accurate.

We are all seeking accurate sound. Computerized models of "perfect" amplifiers (or imperfect ones for that matter) are fine for the theoretician—but the sound is what is important for the user of audio equipment. Comparison with a straight wire—either A/B or differentially—uses the perfect reference standard, and the tests can readily be done with one's ears. If accuracy is our goal, then the SWDT is a simple way to evaluate it.

David Hafler

Pennsauken, NJ

*О: Я предлагаю г-ну Нельсону сослаться на мою статью в Audio за февраль 1987 г., в которой раскрывается смысл SWDT и упоминаются некоторые его ограничения. Я хотел бы особо отметить, что мое обсуждение оценки искажений усилителя с помощью тестов прослушивания включает сравнение на основе А / В между усилителем и прямым проводом. Я заметил, что для того, чтобы усилитель был неотличим от прямого провода при сравнении А / В, используя музыку или шум в качестве источника, он должен хорошо работать на SWDT. Это означает, что, помимо низких искажений, усилитель должен иметь широкую полосу пропускания и относительно низкий фазовый сдвиг. Конечно, идеального усилителя с бесконечным нулем на SWDT мы никогда не увидим. Однако, когда наш нуль превышает 60 дБ в широком спектре, я утверждаю, что aberrации практически не слышны; усилитель с другими звуковыми качествами менее точен. Аргумент г-на Нельсона не опровергает моего утверждения: нулевой уровень, достаточно глубокий, чтобы его нельзя было слышать, означает точный усилитель, а любой, который звучит иначе, не так точен.*

*Мы все стремимся к точному звуку. Компьютеризированные модели «идеальных» усилителей (или несовершенных в этом отношении) хороши для теоретика, но звук важен для пользователя аудиооборудования. При сравнении с прямым проводом - А / В или дифференциальным - используется идеальный эталон, и тесты можно легко провести на слух. Если наша цель - точность, то SWDT - простой способ ее оценить.*

Дэвид Хафлер

Пеннсаукен, штат Нью-Джерси

*Примечание. Комментарии выделенные синим цветом сделаны А.Петровым*