

Сегодня: 25 Ноября 2015

**Навигация**

- Главная
- Архив новостей
- Лаборатория
- Личные сообщения
- Личный кабинет
- О нас
- Пользователи
- Справочник
- Статьи
- Форум
- Школа
- Энциклопедия

**Быстрая проверка усилителей звуковых частот (УЗЧ) при помощи осциллографа и генератора**

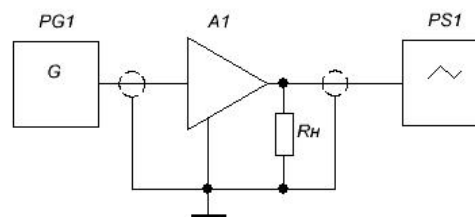
Автор: ИРБИС

**Вместо приветствия**

Прочитав название статьи, вы уже догадались, что данная статья в первую очередь предназначена счастливым обладателям этих замечательных измерительных приборов. Тем же, у кого нет данных приборов, настоятельно рекомендую ими обзавестись: ни больше, не меньше, но осциллограф в радиоэлектронике - глаза, позволяющие увидеть загадочный мир электрических процессов, происходящих в радиоэлектронном устройстве. Генератор же даёт нам возможность подать в схему различные испытательные сигналы. Нам потребуется генератор, перекрывающий диапазон звуковых частот (20 - 20000) Гц и позволяющий получить напряжение синусоидальной и прямоугольной (меандр) формы. Хотя, должен оговориться, из всего диапазона звуковых частот для быстрой проверки УЗЧ нам потребуется всего несколько.

Итак, приступаем:

Для того, чтобы быстро проверить работоспособность УЗЧ и оценить его характеристики, мы должны будем на его вход подать сигнал напряжения определённой формы и величины, а на выходе (работающем на эквивалент нагрузки  $R_H$ ) с помощью осциллографа наблюдать то, что творит с тестовым сигналом наш пока ещё «тёмный ящик» - усилитель. Для наглядности изображу схему измерений:



A1 – тестируемый усилитель  
PG1 – генератор  
PS1 – осциллограф  
 $R_H$  – эквивалент нагрузки

www.irbislab.ru

Рисунок 1 - Схема измерений

В качестве эквивалента нагрузки  $R_H$  нужно использовать мощный нагрузочный резистор, например типов: C5-35B (ПЭВ), C5-36B (ПЭБР), SQP и т.п. или несколько соединённых между собой таких резисторов с общим сопротивлением, равным номинальному сопротивлению нагрузки усилителя, т.е. громкоговорителей или акустических систем и общей мощностью, большей (с запасом) максимальной мощности усилителя. Не забываем о том, что при больших мощностях нагрузочные резисторы довольно сильно нагреваются, а также, при недостаточном сечении, нагреваются провода, которыми эквивалент нагрузки подключается к усилителю.

Значит, о пожарно-пожарной опасности я предупредил, ещё замечу, что ручки регулировки тембра усилителя, если таковые имеются, необходимо установить в среднее положение, а регулятор громкости - в положение, соответствующее максимальному усилению сигнала, т.е. максимальной громкости. Теперь переходим непосредственно к проверке усилителя (разумеется, переходить от испытания к испытанию нужно лишь тогда, когда выявлены и устранены «болячки» и их причины):

**1 Проверка симметричности выходного сигнала и искажений типа «ступенька»**

Данная проверка позволяет оценить исправность выходных каскадов УЗЧ, правильность выбора их начального смещения и тока покоя, качество междукаскадных разделительных конденсаторов. Используем синусоидальный сигнал частотой 1000 Гц величиной, равной номинальному входному напряжению для данного входа усилителя или его каскада:

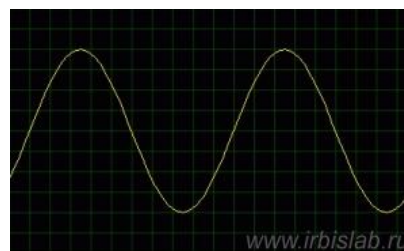


Рисунок 2 - Синусоидальный сигнал

На приведённых ниже осциллограммах показаны искажения типа «ступенька», возникающие в двухтактных ("пушпульных") схемах из-за неправильной установки тока покоя или начального смещения:

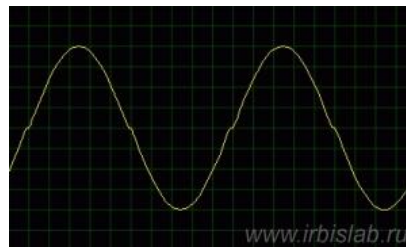


Рисунок 3 - Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) примерно 5-8 %

КНИ менее 5-8 % наблюдать на осциллографе практически невозможно. Для измерения меньших значений КНИ используются измерители нелинейных искажений или генератор с селективным вольтметром.

Примечание: «КНИ» - более привычный, но устаревший термин. Сейчас используются термины «КГ» - коэффициент гармоник и «THD» - коэффициент общих гармонических искажений, по сути, означающие то же самое.

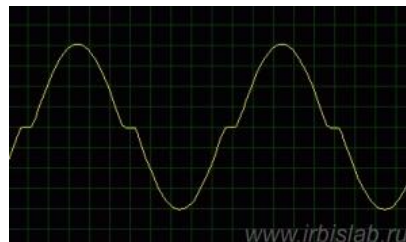


Рисунок 4 - КНИ около 10-15 %

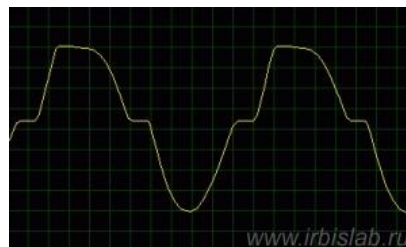


Рисунок 5 - КНИ больше 20 %

Далее уже другая история - неисправен один или несколько элементов выходного каскада усилителя класса В или АВ:

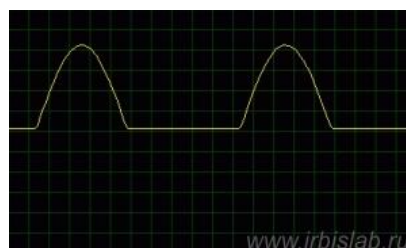


Рисунок 6 - Неисправны цепи «нижнего» плеча, т.е. в области отрицательного питания

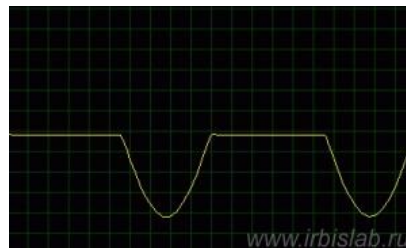


Рисунок 7 - Неисправны цепи «верхнего» плеча, т.е. в области положительного питания

Подобное можно наблюдать и при неправильной установке рабочей точки в усилителях класса А.

Теперь проверяем симметричность выходного сигнала, для чего плавно увеличиваем напряжение на выходе генератора (не забываем о его максимальной величине для данного входа усилителя!) и смотрим, что у нас творится на экране осциллографа:

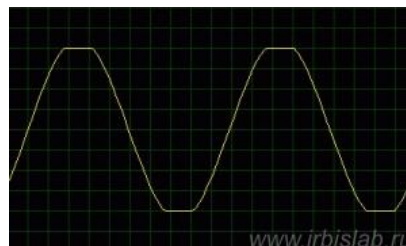


Рисунок 8 - Симметричное ограничение сверху и снизу

На осциллограмме, представленной на рисунке 8 - всё нормально, ограничение сверху и снизу наступило одновременно. На осциллограммах рис. 9 и 10 - у нас соответственно перевесило «положительное» или «отрицательное» плечо усилителя:

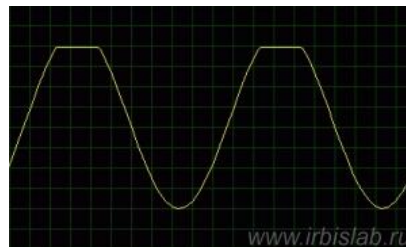


Рисунок 9 - Ограничение сверху

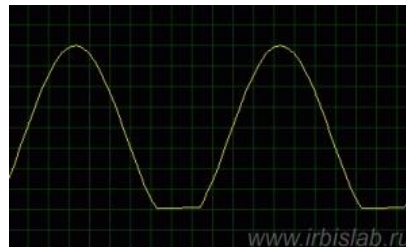


Рисунок 10 - Ограничение снизу

здесь следует убедиться в правильности напряжений питания и качестве междукаскадных разделительных конденсаторов - возможно, они имеют утечку, а в случае электролитических - проверить полярность их включения, вследствие чего в сигнале может присутствовать постоянное напряжение.

Вот, буквально с помощью одного измерения, сколько мы уже выявили «болячек» усилителя. А ведь эти «болячки» помимо того, что искажают звук, могут вывести из строя громкоговорители и остальную часть схемы.

## 2 Проверка АЧХ и устойчивости усилителя к самовозбуждению

Для этой проверки нам потребуется прямоугольный сигнал в виде меандра (т.е. длительность импульса составляет половину длительности периода их следования):

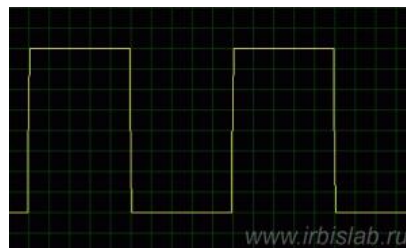


Рисунок 11 - Сигнал прямоугольной формы (меандр)

Почему меандр? Да потому, что данный сигнал содержит практически все частоты (гармоники), кратные его основной частоте, что позволяет проверить УЗЧ сразу в широкой полосе частот:

$$U(t) = \frac{4U_m}{\pi} \left( \sin \alpha t + \frac{\sin 3\alpha t}{3} + \frac{\sin 5\alpha t}{5} + \dots \right),$$

$$\omega = 2\pi f$$

Как мы видим из приведённой выше формулы, в меандре содержатся нечётные гармоники, амплитуда которых уменьшается с ростом их порядкового номера. Итак, приступим: подаём на вход усилителя прямоугольный сигнал в виде меандра с амплитудой, равной примерно 0,2 амплитуды номинального значения напряжения для данного входа усилителя и частотой, равной минимальной частоте полосы пропускания усилителя или 50 Гц (для удобства). Ещё проще: подбираем такую амплитуду сигнала, чтобы получить на выходе УЗЧ сигнал с амплитудой, соответствующей его номинальной мощности. Потом данную процедуру повторим для частоты 1000 или 2000 Гц. Хороший усилитель должен воспроизвести на выходе форму входного сигнала без искажений. Но скорее всего на экране осциллографа мы увидим что-то подобное одной из следующих картинок:

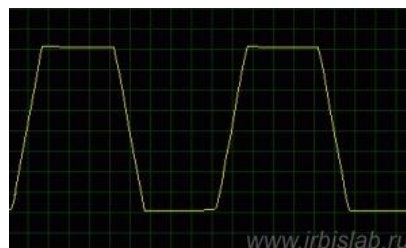


Рисунок 12 - Быстрый спад АЧХ усилителя

Быстрый спад АЧХ УЗЧ (рисунок 12) может быть вызван многими причинами: мал динамический диапазон усилителя или, наоборот, велик входной сигнал, также это может малая скорость нарастания сигнала и т.д.

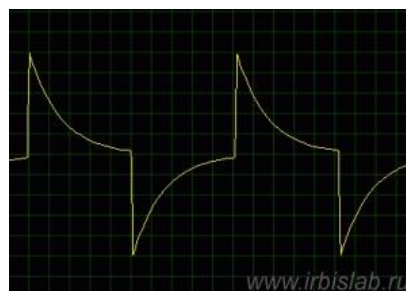


Рисунок 13 - Очень сильный спад АЧХ в области нижних частот (НЧ)

Если мы получили на выходе усилителя примерно такой вид сигнала, то это свидетельствует о недостаточной ёмкости междукаскадных и выходных разделительных конденсаторов. Найти такой конденсатор довольно просто: переключаем щуп осциллографа с выхода данного конденсатора на его вход. Если дело именно в этом конденсаторе, картинка на экране осциллографа приобретёт примерно такой вид, как на рисунке 14 (скосы вершин должны уменьшиться):

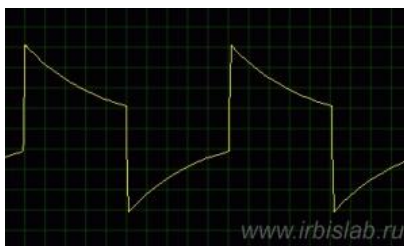


Рисунок 14 - Сильный спад АЧХ в области НЧ

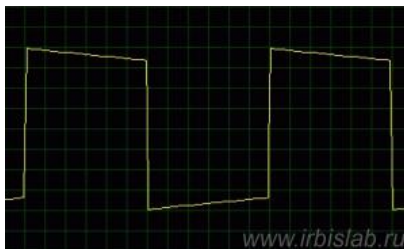


Рисунок 15 - Опережающий фазовый сдвиг

Вид осциллограммы на рисунке 15 указывает на опережающий фазовый сдвиг выходного сигнала. В некоторых случаях это весьма важно. Такой же вид осциллограмма будет иметь и при «завале» усилителем нижних частот (будут более заметны закругления вершин импульсов - см. предыдущие рисунки). Если же у нас «завалены» верхние частоты (ВЧ), осциллограмма будет выглядеть примерно так:

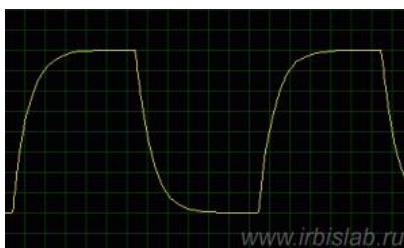


Рисунок 16 - Спад АЧХ в области ВЧ

Вид выходного сигнала, как на следующем рисунке, означает полное отсутствие верхних частот:

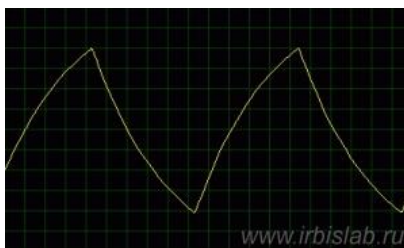


Рисунок 17 - Спад АЧХ в области СЧ и ВЧ

Если же мы имеем только верхние частоты, т.е. нижние и средние (НЧ и СЧ) отсутствуют, то осциллограмма будет выглядеть примерно так:

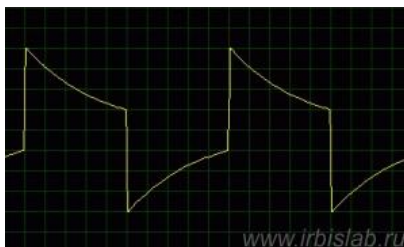


Рисунок 18 - Спад АЧХ в области НЧ и СЧ

Малая величина постоянной времени ( $R \cdot C$ ) междукаскадных разделительных конденсаторов придаст выходному сигналу следующий вид:

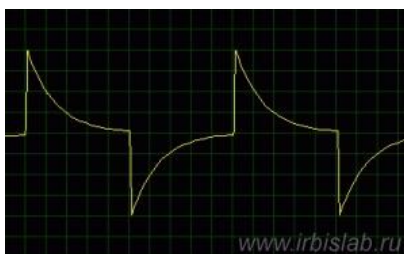


Рисунок 19 - Недостаточная ёмкость разделительных конденсаторов (спад АЧХ в области НЧ)

Ого! Похоже, последние две осциллограммы где-то мы уже видели... Ну, да, мы как раз с них и начали разговор об использовании сигнала прямоугольной формы для проверки УЗЧ...

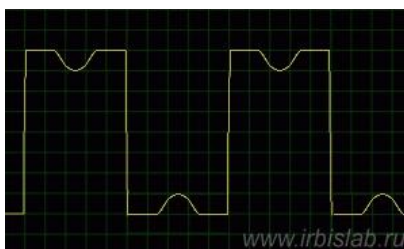


Рисунок 20 - Локальный провал АЧХ

Локальные провалы в АЧХ возникают из-за наличия «фильтров-пробок», т.е. резонирующих цепей на определённые полосы частот на пути прохождения сигнала. Это может быть вызвано различными причинами: от качества радиодеталей до ошибок в схеме и монтаже.

Ну, вот. С «завалами» или спадом АЧХ разобрались, двигаемся дальше. Теперь очередь выяснять несанкционированные подъёмы АЧХ или «возбужды» усилителя:

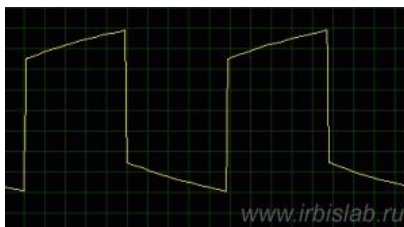


Рисунок 21 - Подъём АЧХ в области НЧ (отстающий фазовый сдвиг)

Аналогичная картина получается и при отставании фазы выходного сигнала (наклоны вершин импульсов без заметных закруглений). На рисунке 22 показана осциллограмма для случая сильного подъёма нижних частот:

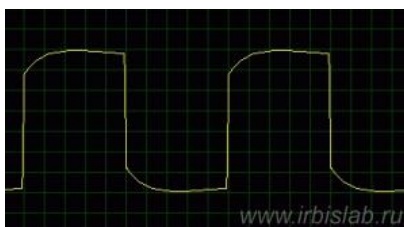


Рисунок 22 - Сильный подъём АЧХ в области НЧ

В случае сильного подъёма верхних частот, мы будем наблюдать примерно такое:

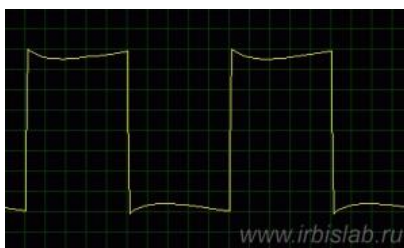


Рисунок 23 - Сильный подъём АЧХ в области ВЧ

Сильные подъёмы АЧХ - штука, граничащая с самовозбуждением усилителя, а потому оставлять их без внимания не следует.

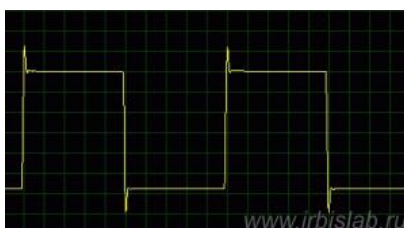


Рисунок 24 - «Звон», т.е. возбуждение на пиках сигнала в ВЧ-области

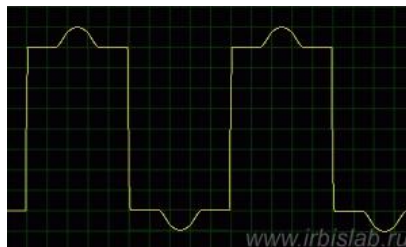


Рисунок 25 - Локальный подъем АЧХ

Осциллограммы на рисунках 24 и 25 показывают, что в цепях усилителя имеются резонирующие цепи, создающие локальные пики в АЧХ. Рассмотрев более внимательно колебания (применив «растяжку» импульса или более высокую скорость развёртки осциллографа), вызванные этими цепями, можно определить их резонансную частоту и принять меры по их устранению, иначе ваш УЗЧ будет возбуждаться, т.е. свистеть, пыхтеть и кукарекать.

#### В добрый путь!

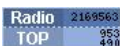
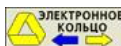
Разумеется, часто имеет наложение друг на друга нескольких влияющих факторов, поэтому рекомендуется проверять усилитель покаскадно, начиная с выходного каскада. Двигаясь от хвоста к голове и устраняя по ходу дела причины, мешающие нам слушать неискажённый звук, в конце работы мы получим полностью работоспособный усилитель.

А теперь, насмотревшись картинок, начинаем думать и устранять причины искажений формы сигнала, а следовательно и звука. Усилитель должен усиливать, а не искажать!

[Обсуждение статьи на форуме](#)

Опубликовано на: 2008-12-23 (25307 Прочтено)

[ [Вернуться назад](#) ]



Сайт оптимизирован для отображения в браузере Mozilla Firefox версии 2 и выше с разрешением 1024\*768 точек и выше.

При неполадках с отображением кнопок, обновите проигрыватель Macromedia Flash.

PHP-Nuke Copyright © 2005 by Francisco Burzi. This is free software, and you may redistribute it under the [GPL](#). PHP-Nuke comes with absolutely no warranty, for details, see the [license](#).

Открытие страницы: 0.54 секунды