

612.375(07)
P-851

№ 3740

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Таганрогский государственный радиотехнический университет



**Руководство к лабораторной работе
Исследование усилителя звуковых частот**

**по курсу
Усилительные устройства бытовой
радиоэлектронной аппаратуры**

КАФЕДРА
РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ
И ТЕЛЕВИДЕНИЯ



Таганрог 2005

УДК 621. 375(07)

Кравец А.В. Руководство к лабораторной работе «Исследование усилителя звуковых частот» по курсу «Бытовая радиоэлектронная аппаратура». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 16с.

В данном руководстве изложено краткое описание макета лабораторной работы и краткие теоретические сведения. Приведены домашнее и лабораторное задания, методические указания по выполнению лабораторного задания. Приведен перечень вопросов по теоретическому материалу к работе и библиографический список. Лабораторная работа соответствует программам курса «Усилительные устройства бытовой радиоэлектронной аппаратуры» для студентов специальности «Бытовая радиоэлектронная аппаратура»

Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

Рецензент Лобач В. Т., канд. техн. наук, доцент кафедры РТС ТРТУ.

Цель работы

Изучение основных параметров и характеристик усилителей звуковых сигналов.

1. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Лабораторный макет выполнен в виде двух модулей. Первый модуль, — это усилитель мощности звуковых частот, собранный на микросхеме К174УН14 с коэффициентом усиления по напряжению 39,5 – 40,5 дБ, коэффициент гармоник не более 0,5% при $R_{\text{вых}}=0,05 \dots 2,5$ Вт, $R_{\text{н}}= 4$ Ом (рис. 1).

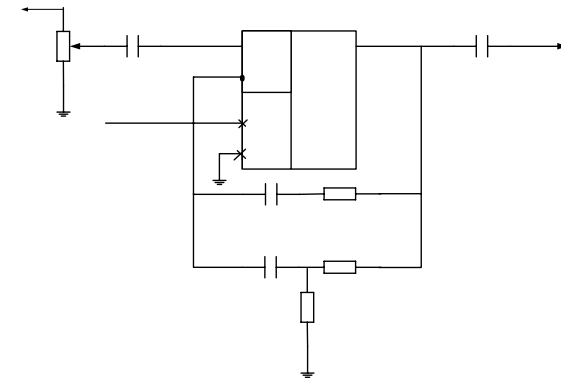


Рис. 1

Второй модуль, — это приставка для измерения входного сопротивления усилителя методом замещения (рис. 2).

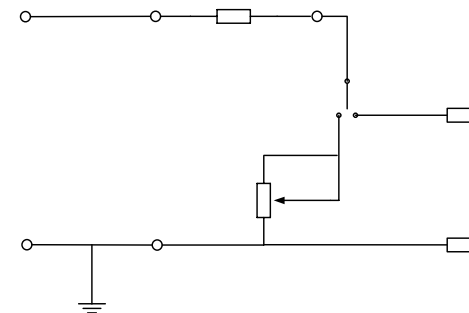


Рис. 2

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСИЛИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ИХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРАХ И ХАРАКТЕРИСТИКАХ

Усилителем электрических сигналов называется устройство, которое позволяет при наличии на его входе сигнала с некоторым уровнем мощности получить на выходной нагрузке тот же сигнал, но с большим уровнем мощности.

По роду усиливаемых сигналов их подразделяют на усилители гармонических сигналов и усилители импульсных сигналов.

По характеру изменения усиливаемого сигнала во времени усилители делят на усилители медленно изменяющихся сигналов, которые часто называют усилителями постоянного тока, и усилители переменного тока, подразделяемые на усилители низкой частоты ($f_v/f_n=10^2—10^6$), высокой частоты ($f_v/f_n=1$, $f_v-f_n \ll f_0$), широкополосные ($f_v > 100$ кГц), избирательные, универсальные, много функциональные и др.

В зависимости от характера нагрузки и назначения различают усилители напряжения, тока, мощности. Такое разделение условно, так как в любом случае, в конечном счете, усиливается мощность.

В зависимости от типа использованных в усилителе активных элементов различают усилители ламповые, полупроводниковые, магнитные, оптоэлектронные, диэлектрические.

В ряде случаев усилители выполняют комбинированными с применением активных компонентов различных типов. Кроме того, их иногда подразделяют на усилители прямого усиления и усилители с преобразованием усиливаемого сигнала.

Коэффициентом преобразования или **коэффициентом передачи** называют отношение выходного сигнала к входному. В частном случае, когда входное и выходное значения сигнала являются однородными, коэффициент преобразования называют **коэффициентом усиления**.

Размерность и общепринятые обозначения коэффициента преобразования зависят от значений и величин входного и выходного сигналов, например $S=I_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ — коэффициент преобразования напряжения в ток; $W=P_{\text{вых}}/I_{\text{вх}}$ — коэффициент преобразования тока в мощность.

В зависимости от характера входной или выходной величин коэффициент усиления подразделяют на коэффициент усиления по напряжению $K_u = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$, коэффициент усиления по току $K_i = \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}}$, коэффициент усиления по мощности $K_p = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}$. В ряде случаев коэффициенты усиления выражают в логарифмических единицах децибелах (дБ):

$$K_u = 20 \lg \left(\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} \right), \quad K_i = 20 \lg \left(\frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} \right), \quad K_p = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} \right).$$

Логарифмические единицы удобны тем, что если известны коэффициенты усиления отдельных каскадов или узлов усилителя, общий коэффициент усиления которого равен произведению этих коэффициентов, то его находят как алгебраическую сумму логарифмических коэффициентов усиления отдельных каскадов.

Коэффициенты усиления по напряжению и току, как правило, комплексные величины, характеризующиеся как модулем, так и фазой. Это связано с тем, что отдельные составляющие спектра сигнала усиливаются по-разному из-за наличия реактивных компонентов и инерционности активных приборов.

Отношение наибольшего допустимого значения входного напряжения к его наименьшему допустимому значению называют динамическим диапазоном:

$$D = \frac{U_{\text{вхmax}}}{U_{\text{вхmin}}}, \quad D = 20 \lg \left(\frac{U_{\text{вхmax}}}{U_{\text{вхmin}}} \right).$$

Введение коэффициента D , характеризующего динамический диапазон,

необходимо потому, что максимально допустимое входное напряжение усилителя ограничено искажениями сигнала, вызванными выходом рабочих точек усилительных каскадов за пределы линейного участка характеристики.

Минимально допустимое напряжение обычно ограничено уровнем собственных шумов усилителя, на фоне которых полезный сигнал не удастся выделить. В ряде случаев напряжением $U_{\text{вхmin}}$ считается сигнал, который дает выходное напряжение, равное действующему значению напряжения шумов усилителя.

В общем случае входное и выходное сопротивления — величины комплексные из-за наличия реактивных элементов во входной и выходной цепях. В рабочем диапазоне частот они обычно приближаются к активным.

Выходная мощность характеризуется номинальной выходной мощностью. Под ней понимают мощность на выходе усилителя при работе на расчетную нагрузку и заданном коэффициенте гармоник или нелинейных искажений.

Коэффициент полезного действия представляет собой отношение выходной мощности, отдаваемой усилителем в нагрузку, к общей мощности, потребляемой от источника питания: $\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_0}$. Он характеризует энергетические показатели усилителя.

Характеристики преобразования показывают, как преобразуется входной сигнал в зависимости от параметров усилителя.

Амплитудно-частотная характеристика усилителя — это зависимость модуля коэффициента усиления от частоты входного сигнала.

Фазочастотная характеристика — зависимость угла сдвига фазы между выходным и входным напряжениями от частоты. В ряде случаев для наглядности строят фазовые характеристики отдельно для области низких и области верхних рабочих частот.

Амплитудно-фазовая характеристика — это построенная в

полярной системе координат зависимость коэффициента усиления и фазового сдвига усилителя от частоты. Она объединяет в себе амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики усилителя и представляет собой годограф комплексного коэффициента $K(j\omega)$.

Амплитудная характеристика — зависимость амплитудного значения напряжения первой гармоники выходного напряжения от амплитуды синусоидального входного напряжения.

Переходная характеристика — зависимость от времени выходного напряжения усилителя, на вход которого подан мгновенный скачок напряжения.

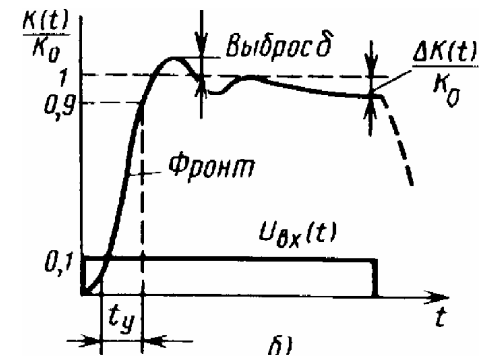


Рис. 3

Эта характеристика дает возможность определить переходные искажения, которые в области малых времен характеризуются фронтом выходного напряжения и оцениваются временем установления t_y и выбросом δ , временем задержки t_ϕ по уровню от 0 до 0,5.

В области больших времен искажается вершина импульса. Эти искажения оценивают относительным значением спада плоской вершины $\lambda = \Delta K(t) / K_0$ к моменту окончания импульса, где $t_{\phi 3}$ — время спада импульса, $\lambda_{\text{отм}}$ — отрицательный выброс.

Переходные искажения вызваны наличием реактивных элементов в цепях усилителя и инерционностью активных компонентов.

Рабочий диапазон частот (полоса пропускания, диапазон пропускаемых частот и т.д.) — полоса частот от низшей рабочей частоты f_n до высшей рабочей частоты f_v , в пределах которой коэффициент усиления или коэффициент преобразования усилителя не выходит за пределы заданных допусков. Это касается как модуля, так и фазы коэффициента усиления, так как последний обычно бывает комплексным из-за влияния реактивных элементов.

Если к усилителю не предъявляются какие-либо специальные требования, то рабочий диапазон частот определяют на уровне 3 дБ. Это диапазон от низшей частоты, на которой коэффициент усиления уменьшается относительно своего значения на средней частоте на 3 дБ (в 1,41 раза), до высшей f_v , на которой коэффициент усиления также уменьшается на 3 дБ.

Частотные искажения обусловлены отклонениями частотных характеристик от идеальных в рабочем диапазоне частот. Мерой частотных искажений является нормированное (относительное) усиление на границах рабочего диапазона частот.

Нормированное усиление на нижней G_n и высшей G_v частотах определяют как отношение коэффициента усиления на границах рабочего диапазона к коэффициенту усиления на средней рабочей частоте:

$$G_n = K_n / K_0, \quad G_n[\text{дБ}] = 20 \lg(K_n / K_0),$$

$$G_v = K_v / K_0, \quad G_v[\text{дБ}] = 20 \lg(K_v / K_0).$$

Часто нормированную величину, обратную нормированному усилению на границах рабочего диапазона, называют коэффициентом частотных искажений

$$M_n = \frac{1}{G_n} = \frac{K_0}{K_n}, \quad M_n = \frac{1}{G_n} = 20 \lg(K_0 / K_n),$$

$$M_v = \frac{1}{G_v} = \frac{K_0}{K_v}, \quad M_v = \frac{1}{G_v} = 20 \lg(K_0 / K_v).$$

Для определенности K_0 определяют на частоте $f_0 = \sqrt{f_n f_e}$, для диапазона звуковых частот K_0 обычно определяют на частоте 1 кГц. В технических условиях на усилительные устройства часто дают неравномерность АЧХ. Под ней обычно понимают выраженное в процентах максимальное отклонение коэффициента усиления в заданной полосе частот (ΔK_{\max}) от того значения, которое задано в технических условиях, где K_m — максимальное или минимальное значение коэффициента усиления в заданной полосе частот.

Частотные искажения при усилении приводят к искажениям формы сигналов, имеющих широкий спектр частот.

Фазовые искажения появляются вследствие отклонения фазочастотной характеристики реального усилителя от идеальной. Они вызваны неодинаковым сдвигом по фазе отдельных гармонических составляющих спектра сигнала сложной формы, что обусловлено наличием в цепях усилителя реактивных компонентов, и инерционными свойствами активных приборов.

Форма кривой сигнала не искажается, если фазовый сдвиг, вносимый усилителем, изменяется прямо пропорционально частоте.

Действительно, если входное напряжение

$$U_1 = \sum_{n=1}^m U_n \sin(n\omega t + \Psi_n),$$

где Ψ_n — сдвиг фазы соответствующей гармоники, а вносимый усилителем на частоте n -й гармоники фазовый сдвиг прямо пропорционален частоте $\varphi_n = n\omega t$

$$U_{\text{вых}} = K \sum_{n=1}^m U_n \sin(n\omega(t + \tau) + \Psi_n).$$

Видно, что выходное напряжение отличается от входного лишь запаздыванием на время задержки τ , которое иногда называют временем фазового пробега, форма же сигнала на выходе идентична форме входного сигнала.

Можно показать также, что *постоянное значение фазового сдвига для различных частот имеет место в том случае, когда коэффициент усиления изменяется по линейному закону.*

Строго говоря, оба эти положения справедливы только для минимально-фазовых цепей, у которых между амплитудой и фазовой частотными характеристиками имеется однозначная связь. Математически это означает, что полиномы числителя и знаменателя передаточной функции не имеют корней с положительной вещественной частью. Усилительные цепи в большинстве случаев можно рассматривать как минимально-фазовые.

Из сказанного выше ясно, что идеальной фазовой характеристикой является прямая, проходящая под любым углом к горизонтальной оси. Поэтому фазовые искажения, вносимые усилителем, оцениваются не абсолютным значением угла сдвига фаз, вносимого усилителем, а разностью ординат фазовой характеристики и касательной к ней, проведенной через начало координат (f).

В области нижних частот касательная к фазовой характеристике совпадает с горизонтальной осью и соответственно мерой фазовых искажений, Φ_n — является абсолютное значение фазового сдвига, вносимого усилителем. В области верхних частот при том же значении сдвига фаз фазовые искажения Φ_v — значительно меньше, чем в области нижних частот. Поэтому даже при значительном фазовом сдвиге в области высоких частот фазовые искажения бывают сравнительно невелики.

Нелинейные искажения обусловлены нелинейностями амплитудной характеристики усилителя. Количественно их оценивают или коэффициентом нелинейных искажений $K_{ни}$, или коэффициентом гармоник K_g .

Коэффициент нелинейных искажений определяется корнем: квад-

ратным из отношения мощностей всех высших гармоник выходного сигнала, появляющихся в результате нелинейных искажений, к полной выходной мощности:

$$K_{HH} = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}} = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}{U_1 + U_2 + \dots + U_n}}$$

Коэффициент гармоник представляет собой корень квадратный из отношения мощностей всех высших гармоник выходного сигнала, появляющихся в результате нелинейных искажений, к мощности первой гармоники:

$$K_G = \sqrt{\frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1}} = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}{I_1^2}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}{U_1}}$$

где P_n — мощность n -й гармонической составляющей выходного сигнала; амплитуды напряжений и тока гармонической составляющей выходного сигнала.

Часто используют коэффициент гармоник отдельно по второй, третьей и т.д.

3. Домашнее задание

- 3.1. Ознакомиться с руководством к выполнению лабораторной работы.
- 3.2. Ознакомиться с основными параметрами усилителя.
- 3.3. Ознакомиться с лабораторным заданием и методикой его выполнения.
- 3.4. Подготовить протокол к лабораторной работе, содержащий необходимые записи, схемы и таблицы.

4. Лабораторное задание

- 4.1. Снять амплитудную характеристику УЗС на частоте 1 кГц.
- 4.2. Снять амплитудно-частотную характеристику усилителя.

- 4.3. Определить входное сопротивление усилителя.
- 4.4. Определить максимальную выходную мощность усилителя.
- 4.5. Измерить коэффициент нелинейных искажений УЗС при входном сигнале 0,5 вольт.

5. Методические указания по выполнению лабораторного задания

5.1. Для получения амплитудной характеристики УЗС настраивают НЧ генератор на частоту 1 кГц. Уровень входного сигнала устанавливают минимальным, затем повышают его до максимального уровня (уровня насыщения) при этом фиксируя значения напряжений на входе и выходе усилителя. По полученным данным составить таблицу и построить график.

5.2. Для получения амплитудно-частотной характеристики УЗС настраивают НЧ — генератор на минимальную частоту, при номинальном уровне входного сигнала соответствующего 400 мВ. Постепенно повышаем частоту, при этом фиксируя значения напряжений на выходе усилителя, измерения проводить до тех пор, пока уровень выходного сигнала не опустится ниже значения 0,2 от уровня K_0 . По полученным данным составить таблицу и построить график.

5.3. Для определения входного сопротивления необходимо подключить специальную приставку. Измерить уровень сигнала на входе усилителя (после делителя напряжения), установить уровень входного сигнала ниже на 10 дБ чем номинальный уровень, соответствующий 500 мВ, затем переключить сигнал на эквивалентное сопротивление и вращением движка резистора добиться аналогичного значения напряжения. После этого измерительная приставка отключается от всех приборов и омметром измеряется эквивалентное сопротивление.

5.4. Подключить генератор НЧ к входу усилителя, а к выходу подключить эквивалент нагрузки 8 Ом, установить максимальный уровень сигнала соответствующий линейному участку амплитудной характеристики.

Измерить напряжение на нагрузке, повторить измерения для нагрузки 4 и 16 Ом. Рассчитать максимальную выходную мощность для трех видов нагрузки.

5.5. С целью измерений нелинейных искажений УЗС к выходным зажимам необходимо подключить измеритель нелинейных искажений. Следуя рекомендациям, изложенным в прил. 1, провести измерения нелинейных искажений для нагрузки 4 Ом, 8 Ом, 16 Ом. Измеренные экспериментальным путем данные представить графически в виде зависимости $K_c \% = f(R_H)$.

6. Содержание отчета

6.1. Краткое теоретическое содержание цели выполняемой работы.

6.2. Схему лабораторного макета.

6.3. Таблицы экспериментальных данных.

6.4. Графическое изображение полученных зависимостей.

6.5. Заключение по работе.

Отчет по лабораторной работе выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Контрольные вопросы

1. Усилитель электрических сигналов.

2. Коэффициент преобразования или коэффициент передачи.

3. Коэффициент усиления.

4. Динамический диапазон.
5. Выходная мощность.
6. Коэффициент полезного действия.
7. Амплитудно-частотная характеристика усилителя.
8. Фазочастотная характеристика.
9. Амплитудно-фазовая характеристика.
10. Амплитудная характеристика.
11. Переходная характеристика.
12. Нормированное усиление.
13. Коэффициент частотных искажений.
14. Нелинейные искажения.
15. Коэффициент нелинейных искажений.
16. Коэффициент гармоник.
17. Как зависит коэффициент нелинейных искажений УЗС от величины выходной мощности?
18. Как зависит коэффициент нелинейных искажений от величины амплитуды входного сигнала?

Библиографический список

1. Мамонкин И. Г. Усилительные устройства. – М.: Связь, 1977. — 357с.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учебное пособие для приборостроит. спец. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 622с.
3. Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекций. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб: Учитель и ученик: КОРОНА принт, 2003. – 416с.

1. Методика измерения нелинейных искажений усилителя мощности с помощью измерителя нелинейных искажений С6-5

1. Органы управления измерителя нелинейных искажений должны быть установлены в следующее положение:

- переключатель рода работ — в положение «Калибр»;
- переключатель пределов — «100% КГ»;
- переключатель «Калибр» — в крайнее левое положение;
- кнопка «Фильтр» 1 кГц — не нажата;
- кнопка «Шкала частот» — нажата;
- по красной шкале выставить частоту 100 Гц;
- переключатель пределов — в положение «10»

2. Переключением входного аттенюатора и переменным резистором, выведенным на переднюю панель под общим названием «Калибр», установить стрелку индикатора прибора на отметку 10 шкалы «100%».

3. Переключатель «Род работы» установить в положение „КГ“.

4. Манипулируя ручками «Частота» и «Баланс», добиться минимального отклонения стрелки прибора, увеличивая при этом чувствительность прибора переключением переключателя пределов.

5. Полученное минимальное показание прибора соответствует коэффициенту нелинейных искажений сигнала, снимаемого с выходных зажимов усилителя мощности.

Кравец Андрей Владимирович
РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ
по курсу
«УСИЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА БЫТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
АППАРАТУРЫ»

Ответственный за выпуск Кравец А.В.

Редактор Селезнева Н.И.

Корректор Селезнева Н.И.

ЛР № 020565 от 23 июня 1997г.

Сдано в набор 25.05.05г. Подписано к печати

Формат 60X84 1/16 . Бумага офсетная. Офсетная печать.

Высокая печать. Усл. п.л. – 1.0 Уч. - изд. л. – 0,9

Заказ № Тир. 100 экз.

«С»

Издательство Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44
Типография Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Энгельса, 1