

Лабораторная работа № 3

Расчёт параметров обобщённых схем усилительных устройств

Цель работы – изучение обобщённых схем усилителей; изучение методики расчёта параметров обобщённых схем усилителей..

3.1. Краткие теоретические сведения

В современной технике при решении многих инженерных задач возникает необходимость в усилении изменяющихся электрических сигналов (напряжения или тока), источниками которых могут быть, например, различного рода датчики, фотоприёмники и т.п. Для усиления таких сигналов используют электронные усилители.

Электронным усилителем называют устройство, преобразующее электрическую энергию источника питания в энергию выходного сигнала, который по форме аналогичен входному сигналу, но превосходит его по мощности (напряжению и/или току). Другими словами, любой усилитель модулирует энергию внешнего источника питания входным управляющим сигналом. Этот процесс осуществляется при помощи управляемых нелинейных элементов.

Рассмотрим принцип построения и работы усилительного каскада на структурной схеме, представленной на рис. 3.1. Основными элементами здесь являются нелинейный управляемый элемент $УЭ$ и сопротивление R , которые совместно с источником питания U_{Π} образуют выходную цепь каскада.

Под действием входного сигнала $u_{ВХ}$ изменяется сопротивление $УЭ$ и соответственно ток выходной цепи $i_{ВЫХ}$. Изменение $i_{ВЫХ}$ вызывает соответствующие изменения падений напряжений на сопротивлении R и $УЭ$, причём падение напряжения на $УЭ$ является выходным сигналом $u_{ВЫХ}$. Таким образом $u_{ВХ}$ преобразуется в пропорциональное значение $u_{ВЫХ}$ большей величины.

Усилительные свойства каскада зависят от степени влияния $u_{ВХ}$ на ток управляемого элемента и величины R . Чем больше изменение тока и величина R , тем больше будет $u_{ВЫХ}$. Очевидно, что рост амплитуды $U_{m\ ВЫХ}$ требует соответствующего повышения U_{Π} , а ток источника равен $i_{ВЫХ}$. Поэтому повышение мощности выходного сигнала требует увеличения мощности источника.

Необходимо помнить, что ни при каких условиях мощность выходного сигнала не может превысить мощность, потребляемую от источника питания!

К основным параметрам и характеристикам усилителя относятся:

– коэффициент усиления усилителя по напряжению

$$K_U = \Delta u_{ВЫХ} / \Delta u_{ВХ}, \quad (3.1)$$

где $\Delta u_{ВЫХ}$ – изменение выходного напряжения, соответствующее изменению входного напряжения $\Delta u_{ВХ}$;

– сквозной коэффициент усиления усилителя по напряжению

$$K_E = \Delta u_{ВЫХ} / \Delta e_{Г},$$

где $\Delta e_{Г}$ – изменение напряжения источника сигнала, которому соответствует изменение выходного напряжения $\Delta u_{ВЫХ}$;

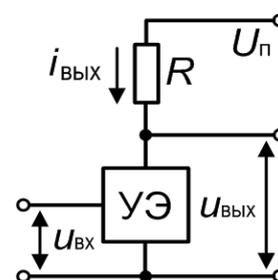


Рис. 3.1 Структурная схема усилительного каскада

– коэффициент усиления усилителя по току

$$K_I = \Delta i_{\text{ВЫХ.}} / \Delta i_{\text{ВХ.}},$$

где $\Delta i_{\text{ВЫХ.}}$ – изменение выходного тока, соответствующее изменению входного тока $\Delta i_{\text{ВХ.}}$;

– коэффициент усиления усилителя по мощности

$$K_P = K_U K_I; \quad (3.2)$$

– коэффициент полезного действия

$$\eta = (P_H / P_{\text{ИСТ.}}) \times 100\%, \quad (3.3)$$

где $P_H = \frac{U_{\text{мН}} I_{\text{мН}}}{2} = \frac{U_{\text{мН}}^2}{2R_H} = \frac{I_{\text{мН}}^2 R_H}{2}$ – мощность, выделяющаяся в нагрузке сопротивлением R_H , $P_{\text{ИСТ.}}$ – мощность, развиваемая источником питания;

– амплитудная (передаточная) характеристика – зависимость амплитудных значений

напряжения $U_{\text{м ВЫХ.}}$ (тока $I_{\text{м ВЫХ.}}$) на выходе усилителя от напряжения $U_{\text{м ВХ.}}$ (тока $I_{\text{м ВХ.}}$) на его входе (рис. 3.2а). Начальный участок характеристики (до $U_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВХ max}}$) является линейным, и ему соответствует постоянный коэффициент усиления. При $U_{\text{ВХ}} > U_{\text{ВХ max}}$ амплитудная характеристика становится нелинейной. Нелинейность амплитудной характеристики обусловлена переходом УЭ в режим насыщения. В этом режиме коэффициент усиления K_U уменьшается, что приводит к уменьшению наклона характеристики. Вследствие нелинейности амплитудной характеристики в выходном сигнале появляются гармонические составляющие, отсутствующие во входном, в результате чего выходной сигнал искажается, т.е. форма выходного сигнала не соответствует форме входного. Такие искажения выходного сигнала называют *нелинейными искажениями*;

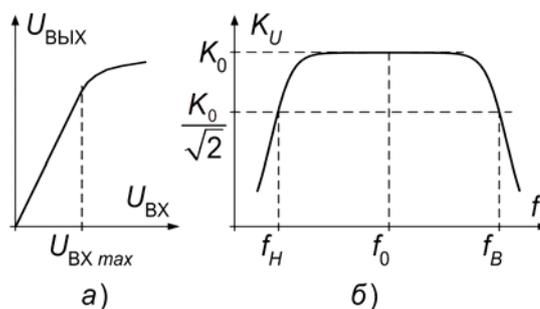


Рис. 3.2 Характеристики усилителя: а – амплитудная; б – амплитудно-частотная

уменьшается, что приводит к уменьшению наклона характеристики. Вследствие нелинейности амплитудной характеристики в выходном сигнале появляются гармонические составляющие, отсутствующие во входном, в результате чего выходной сигнал искажается, т.е. форма выходного сигнала не соответствует форме входного. Такие искажения выходного сигнала называют *нелинейными искажениями*;

– амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – зависимость модуля коэффициента усиления K_U от частоты усиливаемого сигнала (рис. 3.2б). По амплитудно-частотной характеристике определяется

– полоса пропускания усилителя, т.е. диапазон усиливаемых частот

$$\Delta f = f_B - f_H, \quad (3.4)$$

в пределах которого коэффициент усиления $K_U > K_0 / \sqrt{2}$, где K_0 – максимальный коэффициент усиления на частоте

$$f_0 = \sqrt{f_H \cdot f_B}, \quad (3.5)$$

f_H и f_B – соответственно низшая и высшая частоты, на которых $K_U = K_0 / \sqrt{2}$.

Уменьшение K_U на низких частотах обусловлено влиянием разделительных конденсаторов, используемых в усилителях переменного напряжения для связи между каскадами. В области высших частот усилительные свойства ухудшаются в результате проявления паразитных ёмкостей в самом управляемом элементе. Из-за неравномер-

ности АЧХ при усилении несинусоидальных сигналов (например, прямоугольных), имеющих гармонические составляющие с частотами ниже f_H и выше f_B , форма выходного сигнала будет отличаться формы входного. Такие искажения, не связанные с нелинейностью амплитудной характеристики, называют частотными искажениями.

Обобщённые схемы усилителей. Усилитель для проходящего через него сигнала представляет собой активный четырёхполюсник, содержащий зависимый источник – либо источник Э.Д.С. пропорциональный входному напряжению или входному току, либо источник тока пропорциональный входному напряжению или входному току.

На рисунке 3.3 представлены различные типы зависимых источников: источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН) (рис.3.3 а); источник тока, управляемый напряжением (ИТУН) (рис.3.3 б); источник тока, управляемый током (ИТУТ) (рис.3.3 в); источник напряжения, управляемый током (ИНУТ) (рис.3.3 г).

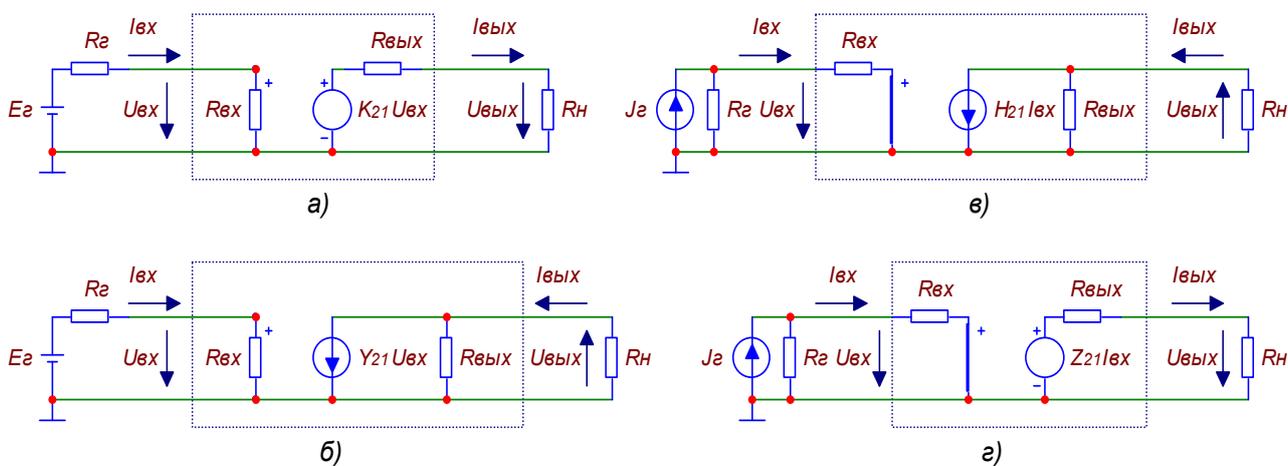


Рис.3.3 Зависимые источники: а – ИНУН; б – ИТУН; в – ИТУТ; г – ИНУТ

Для ИНУН

$$U_{\text{ВЫХ}} = K_{21} E_{\Gamma} \frac{R_{\text{ВХ}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ВХ}}} \frac{R_{\text{Н}}}{R_{\text{ВЫХ}} + R_{\text{Н}}}; \quad (3.6)$$

для ИТУН

$$I_{\text{ВЫХ}} = Y_{21} E_{\Gamma} \frac{R_{\text{ВХ}}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ВХ}}} \frac{R_{\text{ВЫХ}}}{R_{\text{ВЫХ}} + R_{\text{Н}}}; \quad (3.7)$$

для ИТУТ

$$I_{\text{ВЫХ}} = H_{21} J_{\Gamma} \frac{R_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ВХ}}} \frac{R_{\text{ВЫХ}}}{R_{\text{ВЫХ}} + R_{\text{Н}}}; \quad (3.8)$$

для ИНУТ

$$U_{\text{ВЫХ}} = Z_{21} J_{\Gamma} \frac{R_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + R_{\text{ВХ}}} \frac{R_{\text{Н}}}{R_{\text{ВЫХ}} + R_{\text{Н}}}. \quad (3.9)$$

Здесь K_{21} – коэффициент прямой передачи по напряжению; Y_{21} – проводимость прямой передачи; H_{21} – коэффициент прямой передачи по току; Z_{21} – сопротивление прямой передачи.

Сквозной коэффициент передачи по напряжению

$$K_E = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{E_{\Gamma}}. \quad (3.10)$$

Сквозной коэффициент передачи по току

$$K_J = \frac{I_{\text{ВЫХ}}}{J_{\Gamma}}. \quad (3.11)$$

3.2. Порядок выполнения работы

Задание 1: Расчёт параметров обобщённых схем усилителей

- а) согласно заданию собрать в соответствии с рисунком 3.3 схему с зависимым источником и определить неизвестные параметры, используя соответствующие формулы (3.6), (3.7), (3.8) или (3.9);
- б) рассчитать сквозные коэффициенты передачи по напряжению (3.10) и току (3.11); сравнить с экспериментальными значениями.

Указания:

зависимые источники находятся: **Component/Analog Primitives/Dependent Sources**

- **VofV** – ИНУН;
- **lofV** – ИТУН;
- **lofl** – ИТУТ;
- **Vofl** – ИНУТ;

для проверки полученных значений использовать режим **DC Analysis**.

3.3. Контрольные вопросы

1. Что такое электронный усилитель?
2. Объяснить принцип действия транзисторного усилителя. Каково назначение транзистора в усилительном каскаде?
3. Какими параметрами характеризуется усилитель?
4. Как определить полосу пропускания усилителя?
5. В чём причины появления нелинейных искажений выходного напряжения?
6. Чем обусловлена неравномерность амплитудно-частотной характеристики на низких и высоких частотах?
7. Типы зависимых источников и их параметры.
8. Используя схемы на рис.3.3 получить формулы (3.6) – (3.9).
9. Какое влияние оказывает сопротивление нагрузки на параметры усилителя?
10. Какое влияние оказывает сопротивление генератора на параметры усилителя?