

БИЛЕТ 23

1.Классификация. Основные характеристики усилителей. Передаточные функции усилительные каскады.

Усилителем называют устройство, предназначенное для усиления входного электрического сигнала по напряжению, току или мощности за счет преобразования энергии источника питания в энергию выходного сигнала.

Таким образом, для обеспечения усиления сигнала усилитель (U), последовательно с которым соединен источник питания E_n , должен включать в себя нелинейный элемент, управляемый входным электрическим сигналом U_1 . К входной (управляющей) цепи усилителя подключен источник E_c усиливаемого сигнала (при этом Z_c — комплексное значение внутреннего сопротивления источника), а к выходной — нагрузочное устройство с сопротивлением Z_n (рис. 5.1).

Как видно, действие усилителя заключается в обеспечении условий, при которых маломощный сигнал U_1 управляет изменением существенно большего выходного напряжения U_2 , обусловленного наличием в выходной цепи источника питания E_n .

Транзистор в аналоговых усилительных устройствах выполняет роль управляемого сопротивления (Z_{yc} на рис. 5.2).

Управляемые нелинейные элементы современных усилителей выполняются, как правило, с использованием биполярных и полевых транзисторов (см. гл. 2). Поэтому их часто называют транзисторными усилителями.

Связь выходного напряжения с параметрами используемых элементов описывается соответственно выражениями:

$$\begin{aligned} U_2 &= \frac{E_n Z_n}{Z_n + Z_{yc}}; \\ U_2 &= \frac{E_n}{1 + Z_{dal}(1/Z_{yc} + 1/Z_n)}; \\ U_2 &= \frac{E_n}{1 + Z_{yc}(1/Z_{dal} + 1/Z_n)}. \end{aligned}$$

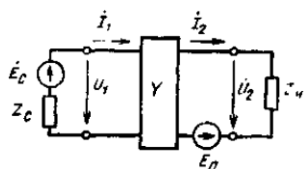


Рис. 5.1. Обобщенная структурная схема усилительного устройства

В зависимости от того, совпадает ли фаза выходного сигнала усилителя с фазой его входного сигнала или она сдвинута на 180° , усилители подразделяют соответственно на неинвертирующие и инвертирующие.

Классификация усилителей. По виду усиливаемого сигнала они делятся на усилители гармонических и импульсных сигналов. По типу усиливаемой величины их делят на усилители напряжения, тока и мощности. По диапазону усиливаемых частот различают усилители постоянного тока и усилители переменного тока. По виду соединительных цепей усилительных каскадов. Так как усилительные устройства строятся, как правило, на основе последовательного включения нескольких типовых каскадов, то различают усилители с гальванической (непосредственной) связью, предусматривающие

передачу между каскадами сигнала как переменного, так и постоянного токов; усилители с RC-связями, в которых между выходом предыдущего и входом последующего каскадов включают резистивно-емкостную цепь, исключающую передачу сигналов постоянной частоты; усилители с индуктивной (трансформаторной) связью, в которых между каскадами включается трансформатор.

По виду нагрузки различают усилители с активной, индуктивной и емкостной нагрузкой.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЯ

Коэффициент усиления — отношение установившихся значений выходного и входного сигналов усилителя. В зависимости от типа усиливаемой величины различают коэффициенты усиления:

по напряжению $K_U = \Delta U_2 / \Delta U_1$;
по току $K_I = \Delta I_2 / \Delta I_1$;
по мощности $K_P = \Delta P_2 / \Delta P_1$,
где U_1, U_2, I_1, I_2 — действующие значения напряжения и тока.
Так как $\Delta P_1 = \Delta U_1 \Delta I_1$ и $\Delta P_2 = \Delta U_2 \Delta I_2$, то коэффициент усиления по мощности $K_P = K_U K_I$.

При каскадном соединении нескольких усилительных устройств произведение их коэффициентов усиления определяет общий коэффициент усиления системы, т. е.

$$K_{общ} = K_1 K_2 \dots K_n. \quad (5.1)$$

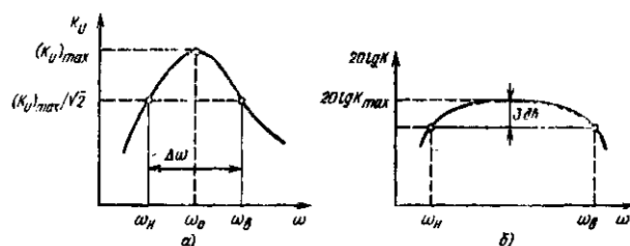


Рис. 5.4. Амплитудно-частотная (а) и логарифмическая амплитудно-частотная (б) характеристики усилительного устройства

Полоса пропускания усилителя — диапазон рабочих частот $\Delta\omega$ в пределах которого коэффициент усиления не снижается ниже значения $1/\sqrt{2} \approx 0,707$ от своего максимального значения K_{max} . Зависимость коэффициента усиления от частоты усиливаемого сигнала называется амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) усилителя. Пример АЧХ показан на рис. 5.4, а. Если восстановить перпендикуляр из точки на оси абсцисс, соответствующей значению $K_{Umax}/\sqrt{2}$, до пересечения с АЧХ, то не представляет труда графическим путем определить полосу пропускания усилителя. Проекция на ось абсцисс первой точки пересечения соответствует нижней (ω_n), а второй — верхней (ω_b) частотам пропускания усилителя. Тогда полоса пропускания

$$\Delta\omega = \omega_b - \omega_n.$$

Если коэффициент усиления измеряется в децибелах, то значениям граничных частот усиления ω_n и ω_b соответствует уменьшение коэффициента усиления на 3 дБ (рис. 5.4, б).

$$R_{вх} = R_1 = (U_1/I_1)_{R_n = \text{const}};$$

$$R_{вых} = R_2 = (U_{вых} - U_{вых0})/I_{вых} = U_{2к}/I_{2к},$$

где $U_{2к}$ — напряжение холостого хода на выходе усилителя ($R_n = \infty$); $I_{2к}$ — ток короткого замыкания ($R_n = 0$).

Выходная мощность усилителя — это та часть мощности, которая может быть выделена в нагрузочном устройстве. В случае активной нагрузки она равна

$$P_{вых} = P_2 = I_2^2 R_n = U_2^2 G_n,$$

где $G_n = 1/R_n$ — проводимость нагрузочного устройства.

Искажение сигналов в усилителе связано, во-первых, с нелинейной зависимостью выходного сигнала от входного, обусловленной нелинейностью статических ВАХ применяемых элементов, и, во-вторых, с частотной зависимостью амплитуды и фазы усиленного сигнала.

Для количественной оценки нелинейных искажений служит коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) K_n , в основу расчета которого положена оценка относительной величины высших гармоник к основной в выходном сигнале, т. е.

$$K_n = \sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}/A_1, \quad (5.5)$$

где $A_2 \dots A_n$ — действующие значения высших гармоник выходного сигнала, начиная со второй; A_1 — действующее значение первой (основной) гармоники выходного сигнала.

Количественно частотные искажения оцениваются коэффициентом частотных искажений M , численно равным отношению коэффициента усиления в области средних частот для амплитудно-частотной характеристики к коэффициенту усиления на заданной частоте

$$M = K_U(\omega_{ср})/K_U(\omega).$$

Передаточная функция.

Это связь напряжения выхода со входом. В общем случае система Диф уравнений. Записывают в операторной

$$W_1(p) = \frac{u_{вых}}{u_{вх1}} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0}.$$

форме:

Если несколько вх напряжений:

$$u_{вых} = W_1(p) u_{вх1} + W_2(p) u_{вх2}.$$

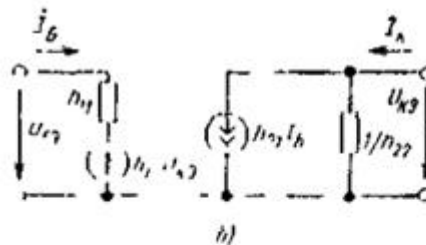
Передаточную функцию можно представить элементарными звеньями:

$$W(p) = \frac{\prod_{i=1}^k N_i(p)}{\prod_{j=1}^l N_j(p)} = \prod_{q=1}^d N_q(p).$$

2. Эквивалентная схема биполярного транзистора в h параметрах.

Схема в h параметрах

На практике для низкочастотных усилителей применяют чаще схему в h параметрах. Формулы для схемы с ОЭ.



$$\left. \begin{aligned} \Delta U_{БЭ} &= h_{11Э} \Delta I_B + h_{12Э} \Delta U_{КЭ}; \\ \Delta I_C &= h_{21Э} \Delta I_B + h_{22Э} \Delta U_{КЭ}. \end{aligned} \right\}$$

$$h_{11Э} = \left(\frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_B} \right)_{U_{КЭ}=0} = R_{вхЭ} = R_{вхБ} (\beta + 1);$$

$$h_{21Э} = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right)_{U_{КЭ}=0} = \beta.$$

$h_{12Э}$ стремится к 0

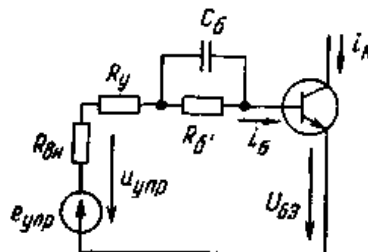
Полученные h-параметры имеют следующий физический смысл: $h_{11Э}$ и $h_{21Э}$ — входное сопротивление и коэффициент передачи тока эмиттера при коротком замыкании на выходе транзистора; $h_{12Э}$ и $h_{22Э}$ — величины, обратные коэффициенту усиления по напряжению (коэффициент обратной связи по напряжению) и выходному сопротивлению (выходная проводимость) при обратном холостом ходе на входе транзистора.

3. Повышение быстродействия ключей на биполярных транзисторах.

Метод форсированного переключения транзистора широко применяют на практике для повышения

Оптимальным с точки зрения уменьшения времен переключения транзистора является управляющий сигнал, приведенный на рис. 10.16. Параметры этого сигнала должны выбираться из следующих условий: $I_{Бнф}$ и $I_{Бэф}$ должны обеспечивать заданные времена включения и выключения транзистора; $I_{Бнас}$ и $I_{Бзап}$ должны гарантировать работу транзистора соответственно в режимах насыщения и отсеки; интервалы t_1 и t_2 должны равняться $t_1 = t_{зад} + t_{ф} + t_{нак}$, $t_2 = t_{рас} + t_{еп} + t_{уст}$.

быстродействия ЭК. Суть данного метода состоит в том, что на интервалах включения и выключения формируют такие значения управляющего сигнала, которые существенно превосходят аналогичные, необходимые с точки зрения обеспечения стационарно включенного и выключенного состояний биполярного транзистора.



Наиболее просто эта идея реализуется в схеме с форсирующим конденсатором в управляющей цепи (рис.). В момент включения управляющего сигнала $e_{упр} = U_{у нас.}$ в соответствии со вторым законом коммутации, входной базовый ток скачкообразно изменяется от 0 до $I_{биф}$ —начального импульса базового тока. По мере заряда конденсатора ток базы постепенно уменьшается до стационарного значения $I_{бнас}$ (рис. 10.17,б). Базовый ток в момент включения $e_{упр}$ определяется выражением

$$I_{биф} \approx (U_{у нас.} + U_{C_6 вкл.} - U_{бэ})/R_{у.}$$

Расчеты показывают, что существенную долю времени выключения биполярного транзистора, особенно при пассивном запираании, составляет время его рассасывания. Поэтому исключение этого интервала приводит к существенному повышению быстродействия СК