

Билет 4

1. Конденсатор и в цепи переменного тока

Емкость – это устройство, имеющее два выхода и обладающее свойством $Q=CU$ [Ф]. Если есть конденсатор в 1Ф, и на нем в течении 1с поддерживается напряжение в 1В, то течет ток в 1А.

Параллельное соединение компонентов: $C_{\Sigma}=Q=Q_1+Q_2+\dots=C_1+CU_2+\dots$, $C=C_1+C_2+\dots$, **последовательное**:

$$c = \frac{1}{1/c_1 + 1/c_2 + \dots} = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \text{ Соединение RC. } C \frac{dU}{dt} = -\frac{U}{R} - \text{у-е имеет}$$

решение $U=Ae^{-t/RC}$. RC – постоянная времени цепи R[Ом], C[Ф],

RC[с]. Для конденсатора емкостью 1мФ, подключенному к сопротивлению в 1кОм за время 1мс, если конденсатор был заряжен на 1В, через резистор будет протекать ток в 1А.

Подключение RC к батарее. При $t=0$, $I=CdU/dt=(U_{\text{вх}}-U_{\text{вых}})/R$, $U_{\text{вых}}=U_{\text{вх}}+Ae^{-t/RC}$. Н.у. $U=0$, $t=0$, $A=-U_{\text{вх}}$, $U_{\text{вых}}=U_{\text{вх}}/(1-e^{-t/RC})$. Правило

5RC: за время, равное пяти постоянным времени, конденсатор заряжается или разряжается на 99%. Для анализа цепей переменного тока можно использовать х-ки 2х типов: - рассматривать изменения U и I во времени; -изменение амплитуды при изменении частоты сигнала. Часто емкость используется для задержки входного сигнала.

2. Операционные усилители

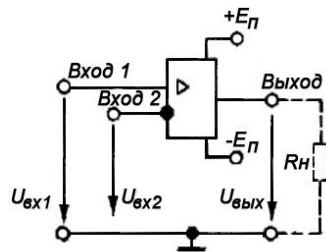
Операционный усилитель (ОУ) — унифицированный многокаскадный усилитель постоянного тока, удовлетворяющий следующим требованиям к электрическим параметрам(на практике ни одно из перечисленных требований не может быть удовлетворено полностью):

- коэффициент усиления по напряжению K_U стремится к

бесконечности ($K_U \rightarrow \infty$);

- входное сопротивление стремится к бесконечности ($R_{\text{вх}} \rightarrow \infty$);

- выходное сопротивление стремится к нулю ($R_{\text{вых}} \rightarrow 0$);



- если входное напряжение равно нулю, то выходное напряжение

также равно нулю ($U_{\text{вх}} = 0 \rightarrow U_{\text{вых}} = 0$);

- бесконечная полоса усиливаемых частот ($f_B \rightarrow \infty$).

Достоверность допущений об идеальности свойств в каждом конкретном случае подтверждается сопоставлением реальных параметров ОУ и требований к разрабатываемым электронным средствам (ЭС). Так, если требуется разработать усилитель с коэф.усил. 10, то стандартный ОУ с коэф.усил. 25000 можно рассматривать как идеальный.

Операционный усилитель — это аналоговая интегральная схема, снабженная, как минимум, пятью выводами. Два вывода ОУ используются в качестве входных, один вывод является выходным, два оставшихся вывода используются для подключения источника питания ОУ. С учетом фазовых соотношений входного и выходного сигналов один из входных выводов (вход 1) называется неинвертирующим, а другой (вход 2)—инвертирующим. Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ связано с входными напряжениями $U_{\text{вх1}}$ и $U_{\text{вх2}}$ соотношением

$$U_{\text{вых}} = K_{U0} (U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}})$$

где K_{U0} — собственный коэффициент усиления ОУ по напряжению.

Из приведенного выражения следует, что ОУ воспринимает только разность входных напряжений, называемую дифференциальным входным сигналом, и нечувствителен к любой составляющей входного напряжения, действующей одновременно на оба его входа (сифазный входной сигнал).

Как было отмечено ранее, K_{U0} в ОУ должен стремиться к бесконечности, однако на практике он ограничивается значением 105...106 или 100... 120 дБ.

В качестве источника питания ОУ используют двухполярный источник напряжения ($+E_{\text{п}}$, $-E_{\text{п}}$). Средний вывод этого источника, как правило, является общей шиной для входных и выходных сигналов и в большинстве случаев не подключается к ОУ. В реальных ОУ напряжение питания лежит в диапазоне $\pm 3\text{В} \dots \pm 18\text{В}$. Использование источника питания со средней точкой предполагает возможность изменения не только уровня, но и полярности как входного, так и выходного напряжений ОУ. Реальные ОУ обычно снабжаются большим числом выводов, которые используются для подключения внешних цепей частотной коррекции, формирующих требуемый вид ЛАЧХ усилителя. Реализация перечисленных выше требований к электрическим параметрам ОУ невозможна на основе схемы однокаскадного усилителя. Поэтому реальные ОУ строятся на основе двух- или трехкаскадных усилителей постоянного тока. Функциональная схема включает в себя входной, согласующий и выходной каскады усиления.

Основные параметры операционных усилителей.

$$K_{U0} = \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{\Delta U_{\text{вх}}}$$

Коэффициент усиления по напряжению

характеризует способность ОУ усиливать подаваемый на его входы дифференциальный сигнал. Типовое значение до 105...106 или 100...120 дБ.

Входное напряжение смещения – это напряжение, обусловленное неидентичностью напряжений эмиттерных переходов транзисторов входного дифференциального усилителя. Наличие этого напряжения приводит к нарушению условия

$$U_{\text{вх}} = 0 \rightarrow U_{\text{вых}} = 0$$

Численно определяется как напряжение, которое необходимо приложить ко входу усилителя, чтобы его выходное напряжение было равно нулю. Иногда это напряжение называют напряжением сдвига нуля (УСМ). Типовое значение этого напряжения единицы – десятки милливольт.

Входной ток $I_{\text{вх}}$ (входной ток смещения) – ток, протекающий во входных выводах ОУ и необходимый для обеспечения требуемого режима работы его транзисторов по постоянному току. Типовое значение этого тока единицы микроампер — сотни наноампер.

Разность входных токов $\Delta I_{\text{вх}}$ (ток сдвига). Природа этого тока кроется, в основном, в неодинаковости коэффициентов передачи тока $h_{21Э}$ транзисторов входного каскада ОУ. Численно он равен

$$\Delta I = |I_{\hat{A}01} - I_{\hat{A}02}|$$

модулю разности входных токов усилителя

Типовое значение параметра – от единиц микроампер до единиц и десятых долей наноампера.

Входное сопротивление $R_{\text{вх}}$. Различают дифференциальное $R_{\text{вхдиф}}$ и сифазное $R_{\text{вхсин}}$.

$R_{\text{вхдиф}}$ определяется как сопротивление между входами усилителя, а $R_{\text{вхсин}}$ – как сопротивление между объединенными входными выводами и нулевой шиной.

Повышают входное сопротивление дифференц. усилителя снижением базовых токов покоя транзисторов VT1 и VT2 (см. рис. 7.3) до малых значений (единицы наноампер), но это ухудшает работу дифференц. усилителя из-за уменьшения его динамического диапазона(выраженного в децибелах отношения максимального сигнала к минимальному). Для предотвращения этого в качестве VT1 и VT2 применяют супербета транзисторы, отличающиеся большими коэффициентами усиления по току (единицы тысяч) за счет использования в них предельно тонкой базы. Однако применение таких транзисторов усложняет задачу стабилизации дифференциального усилителя. Поэтому в ряде случаев повышение входного сопротивления ОУ достигается использованием в его входном канале полевых транзисторов. Типовое значение входного сопротивления — сотни килоом.

Выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$ – это сопротивление усилителя, рассматриваемого как эквивалентный генератор. Типовое значение выходного сопротивления – сотни ом.

Коэффициент подавления сифазного сигнала $K_{\text{п.сф}}$ определяет степень подавления (ослабления) сифазной составляющей входного сигнала. Его типовое значение – 50...70 дБ.

Максимальная скорость изменения выходного напряжения (V) характеризует частотные свойства усилителя при его работе в

импульсных схемах; измеряется при подаче на вход ОУ напряжения ступенчатой формы. Типовое значение скорости изменения выходного напряжения – единицы вольт/микросекунд.

Частота единичного усиления f_{max} – это частота, на которой модуль коэффициента усиления ОУ равен единице. Обычно эта частота не превышает нескольких мегагерц.

Кроме перечисленных обычно задаются и предельно допустимые значения основных эксплуатационных параметров:

- максимально допустимое напряжение питания;
- максимально допустимый выходной ток;
- диапазон рабочих температур;
- максимально допустимая рассеиваемая мощность;
- максимально допустимое входное синфазное напряжение;
- макс. допуст. входное дифференц. напряжение и др.

Перечисленные параметры сильно зависят от условий эксплуатации. Эти зависимости обычно задаются графически.

В соответствие со сделанными замечаниями ниже приводятся схемы и статические характеристики передачи транзисторных ключей, выполненных по последовательной и параллельной СК (α – угол наклона прямой)

При вкл. транзисторном ключе

для **последовательной** СК

$$\alpha_{вкл.} = \arctan(1/(1+(R_{нас}+R_{вн})/R_n))$$

для **параллельной** СК

$$\alpha_{вкл.} = \arctan(1/(1+ R_{вн} (1/R_{нас}+1/R_n)))$$

При выкл. транзисторном ключе

для последовательной СК

$$\alpha_{выкл.} = \arctan(1/(1+(R_{выкл}+R_{вн})/R_n))$$

для параллельной СК

$$\alpha_{выкл.} = \arctan(1/(1+ R_{вн} (1/R_{выкл}+1/R_n)))$$

Работа биполярного транзистора в ключевом режиме. **(ОСОБЕННОСТИ)**

При построении транзисторных ключей наибольшее распространение получила схема включения с общим эмиттером. Для работы в ключевом режиме рабочая точка транзисторного каскада должна находиться либо левее точки H_e (режим насыщения), либо правее точки O_t (режим отсечки).

Превышение базового тока насыщенного транзистора над его граничным значением принято характеризовать коэффициентом насыщения

$$\eta_{нас} = I_{Б нас}/I_{Б гр.}$$

Коллекторный ток биполярного транзистора принципиально не может быть меньше значения $I_{ко}$. Различают две разновидности выключенного состояния биполярного транзистора: режим глубокой отсечки, режим пассивного запираания.

$$0 < U_{БЭ} < U_{БЭ пор.} \quad (10.24)$$

Очевидно, что при пассивном запираании мощность, рассеиваемая в биполярном транзисторе больше, чем в режиме глубокой отсечки.