

Практика 1

Расчет типовых схем включения ОУ

Рассчитать типовую схему включения это значит:

- выбрать тип ОУ (исходя из данных технического задания);
- рассчитать значения пассивных элементов (резисторов, конденсаторов)
- выбрать эти элементы из справочника (тип, номинал, мощность, рабочее напряжение)

Выбор ОУ осуществляется на основе следующих данных:

1. параметры обрабатываемого сигнала, т.е. амплитуда, частота следования, форма сигнала или его спектр, определяют частотные или “скоростные” свойства ОУ, которые отражаются следующими параметрами:
 - V_U – скорость нарастания выходного напряжения;
 - f_1 – частота единичного усиления;
 - $t_{нар}$ – время нарастания выходного напряжения;
 - $t_{уст}$ – время установления выходного напряжения.
2. Имеющиеся напряжения питания определяют выбор того ОУ, который может работать при заданном питании.
3. Состав совместно работающей элементной базы определяет тип корпуса выбираемого ОУ.
4. Параметры выходного сигнала (U_n , I_n , R_n , P_n) определяют нагрузочную способность ОУ: $U_{вых ОУ}$, $I_{вых ОУ}$ или $R_{n min}$.

Расчет **пассивных элементов** схемы зависит от выбранной схемы включения.

Исходные данные к расчёту:

- $U_{вх max}$ – амплитуду входного напряжения;
- $U_{вых max}$ – амплитуду выходного напряжения;
- K_U – коэффициент усиления по напряжению (если не дано $U_{вых}$)
- R_r – внутреннее сопротивление источника входного сигнала (генератора);
- $R_{вх}$ – требуемое значение входного сопротивления усилителя
(если не задано, то $R_{вх} \gg R_r$)
- R_n – сопротивление нагрузки (или $I_{n max}$ – максимальный ток нагрузки).

I. Расчет инвертирующего масштабного усилителя.

1. Находим коэффициент усиления усилителя

$$K_U = \frac{U_{\text{вых max}}}{U_{\text{вх max}}}$$

2. Определяем сопротивление резистора R_1 .

В данной схеме входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ усилителя равно сопротивлению R_1 .

На величину этого сопротивления есть ряд ограничений. Его нельзя выбирать слишком маленьким (ограничение «снизу») и слишком

большим (ограничение «сверху»). Итак, сопротивление резистора R_1 «снизу» ограничивается:

- из условия согласования с входным источником $R_1 \gg R_r$, т.е. $R_1 \geq 10R_r$

- из условия нагрузки на ОУ
$$R_1 \geq \frac{U_{\text{вх max}}}{I_{\text{вых ОУ}} - \frac{U_{\text{вых max}}}{R_H}}$$

Из последних двух ограничений выбираем то, которое окажется жёстче.

Сопротивление резистора R_1 «сверху» ограничивается значением входного сопротивления операционного усилителя: $R_1 \ll R_{\text{вх ОУ}}$, т.е. $R_1 \leq 0.1R_{\text{вх ОУ}}$.

Исходя из полученных ограничений задаём R_1 (обычно, резисторы обратной связи выбирают из диапазона от 10кОм до 1МОм).

3. Рассчитываем значение резистора R_2
$$R_2 = |K_U| \cdot R_1$$

Выбираем номинал резистора из ряда (например, E24).

4. Рассчитываем (и выбираем из ряда) значение резистора R_3 :
$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

5. Определяем максимальное значение выходного тока ОУ (напряжения и токи – по модулю, без учета знака инверсии!)

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{ос}} + I_H$$

$$I_{\text{ос}} = I_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх max}}}{R_1}; \quad I_H = \frac{U_{\text{вых max}}}{R_H}$$

И проверяем нагрузочную способность ОУ (хотя в формуле для R_2 она учтена), должно выполняться

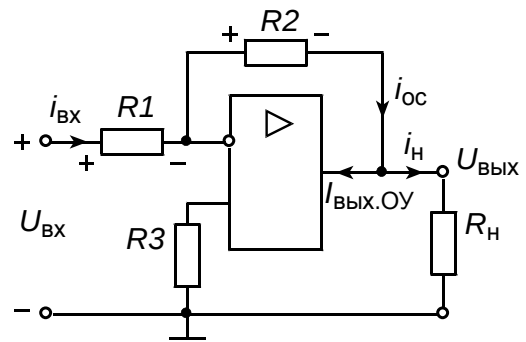
$$I_{\text{вых}} < I_{\text{вых ОУ}}$$

6. Рассчитываем мощности, рассеиваемые на резисторах усилителя.

$$P_R = I^2 \cdot R, \text{ где } I - \text{действующее значение.}$$

Однако, в схемах с ОУ мощность, рассеиваемая на резисторах, составляет доли мВт, поэтому ток при расчетах можно брать максимальный (на худший случай).

7. Выбираем тип резисторов из справочника: общего назначения – погрешность 5%, 10%;
прецизионные – для измерительных схем;
безындуктивные – при работе на высоких частотах;
проволочные – мощные резисторы, свыше 10 Вт.



Задача. Рассчитать инвертирующий масштабный усилитель

$$U_{m \text{ вх}} = 0.5 \text{ В}$$

$$U_{m \text{ вых}} = 10 \text{ В}$$

$$R_r = 100 \text{ Ом}$$

$$R_H = 5 \text{ кОм}$$

$$\text{КР140УД608}$$

$$R_{\text{вх ОУ}} = 1 \text{ МОм}$$

$$U_{\text{вых ОУ}} = \pm 12 \text{ В}$$

$$R_H \geq 1 \text{ кОм}$$

II. Расчет неинвертирующего масштабного усилителя.

1. Находим коэффициент усиления усилителя:

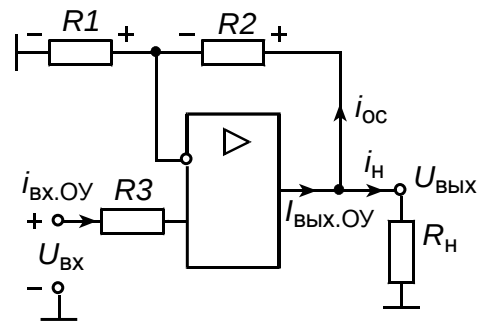
$$K_U = \frac{U_{\text{вых max}}}{U_{\text{вх max}}}$$

2. Задаёмся током в цепи отрицательной обратной связи:

$$I_{\text{вх ОУ}} \ll I_{\text{ос}} \leq (I_{\text{вых ОУ}} - I_{\text{н}})$$

Обычно, ток обратной связи выбирается:

$$I_{\text{ос}} \approx 0.1 \div 1 \text{ мА.}$$



3. Определяем сопротивление резистора R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{\text{вх max}}}{I_{\text{ос}}}$$

4. Рассчитываем значение резистора R_2 :

$$R_2 = (K_U - 1) \cdot R_1$$

Выбираем номинал резистора из ряда.

5. Рассчитываем (и выбираем из ряда) значение резистора R_3 :

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

6. Определяем максимальное значение выходного тока ОУ и проверяем нагрузочную способность ОУ:

$$I_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх max}}}{R_1} + \frac{U_{\text{вых max}}}{R_{\text{н}}} < I_{\text{вых ОУ}}$$

7. Рассчитываем мощности, рассеиваемые на резисторах усилителя.

$$P_R = I^2 R, \text{ где } I - \text{действующее значение (можно максимальное).}$$

8. Выбираем тип резисторов из справочника

Например: С2-23-0.062Вт-10кОм±10% и т.д.

Задача. Рассчитать неинвертирующий масштабный усилитель

$$U_{m \text{ вх}} = 0.5 \text{ В}$$

$$U_{m \text{ вых}} = 5.5 \text{ В}$$

$$R_{\Gamma} = 1 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{н}} = 2 \text{ кОм}$$

$$\text{КР140УД608}$$

$$I_{\text{вх ОУ}} = 100 \text{ нА}$$

$$U_{\text{вых ОУ}} = \pm 12 \text{ В}$$

$$R_{\text{н}} \geq 1 \text{ кОм}$$