

Московский Физико-Технический Институт
(национальный исследовательский университет)

Лабораторная работа №77

Баканова К.В., Б01-003
март 2022 г.

Цель работы:

Изучение операционных усилителей и схем на их основе.

В работе используются:

Операционный усилитель, резисторы, генератор напряжения, осциллограф.

1 Ход работы

1.1 Измерение коэффициента усиления ОУ

1. Соберем схему изображенную на рис.1. Возьмем резисторы сопротивлением $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ кОм}$ и $R_4 = 1 \text{ кОм}$.

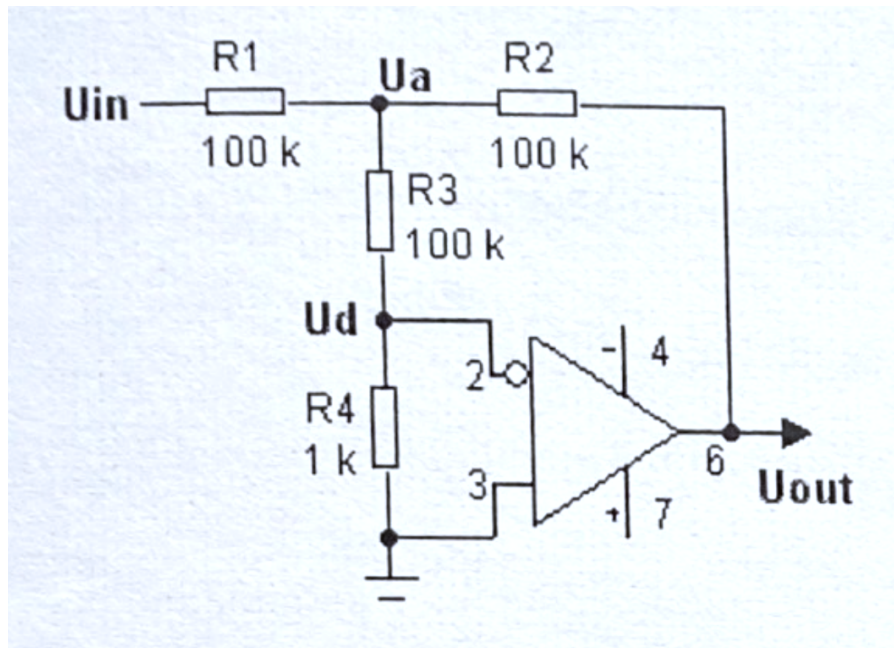


Рис. 1: Схема измерения коэффициента усиления

2. Подадим на вход колебание с амплитудой $U = 2 \text{ В}$ и частотой $f = 10 \text{ Гц}$. Измерим величину напряжений U_a и U_{out} :

$$U_{out} = 1,4 \text{ В}$$

$$U_a = 2 \text{ мВ}$$

3. Рассчитаем коэффициент усиления операционного усилителя по формуле:

$$A_0 = \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \cdot \frac{U_{out}}{U_a} \simeq 7 \cdot 10^4$$

1.2 Амплитудно-частотная характеристика ОУ

1. Для схемы на рис. 1 снимем зависимость коэффициента усиления от частоты:

A	24000	12200	6300	2550	1265	636	257	129	65	27
f, кГц	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50

2. Построим снятую зависимость в двойном логарифмическом масштабе, откладывая частоту в герцах а коэффициент усиления в децибелах ($A_{дБ} = 20 \lg A$).

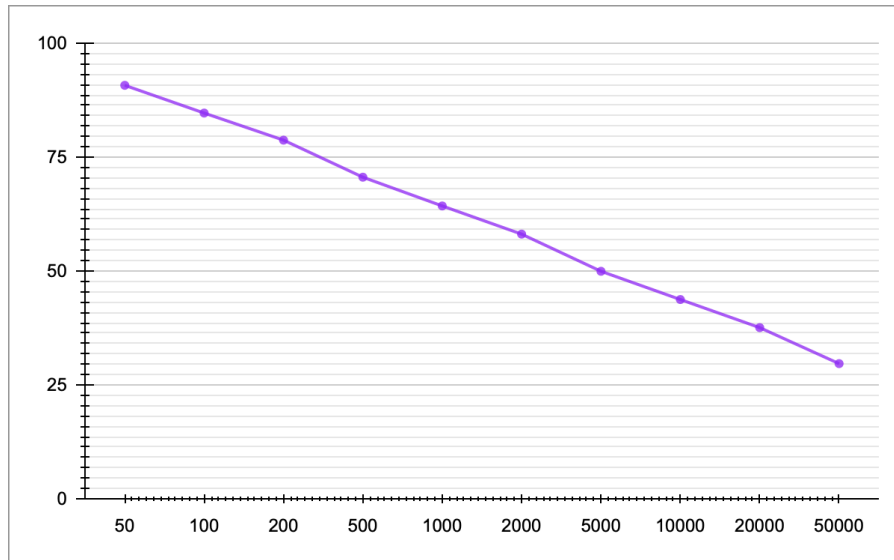


Рис. 2: АЧХ операционного усилителя

3. Экстраполировав график до пересечения с A_0 и 1 определим граничную частоту:

$$f = 0 \Rightarrow A_0 = 93,48$$

$$A = 1 \Rightarrow f_r = 162530 \text{ Гц}$$

Из этого получаем, что $f_{p0} = 25,5 \text{ Гц}$

1.3 Неинвертирующий усилитель

1. Соберем схему неинвертирующего усилителя (рис. 3). $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_2 = 100 \text{ кОм}$.

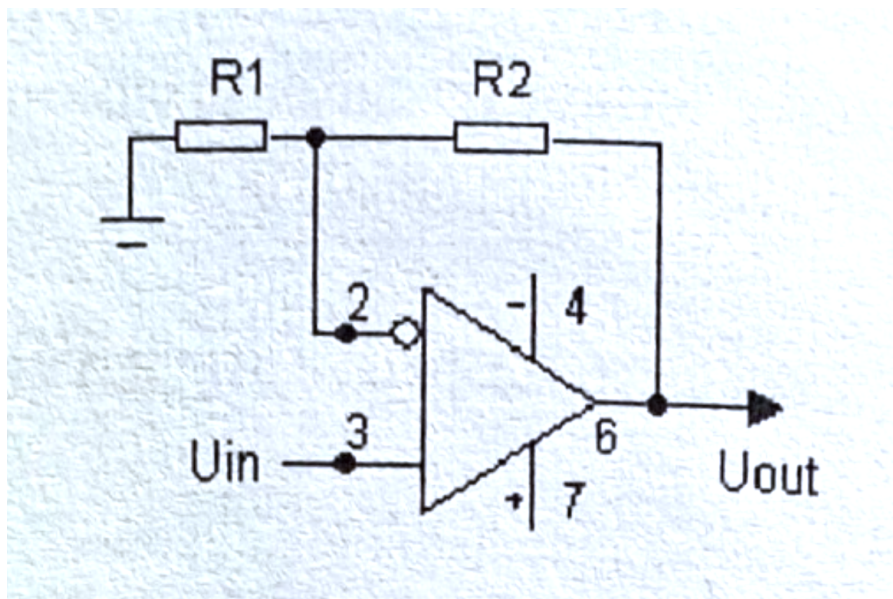


Рис. 3: Схема неинвертирующего усилителя

2. Измерим постоянное напряжение на выходе U_{out} :

$$U_{out} = 1,26 \text{ В}$$

3. Снимем зависимость коэффициента усиления от частоты $K(f)$.

$K(f)$	84	87	86	86	86	86	85	80	67	45	21
$f, \text{ Гц}$	10	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000

По полученным данным построим график:

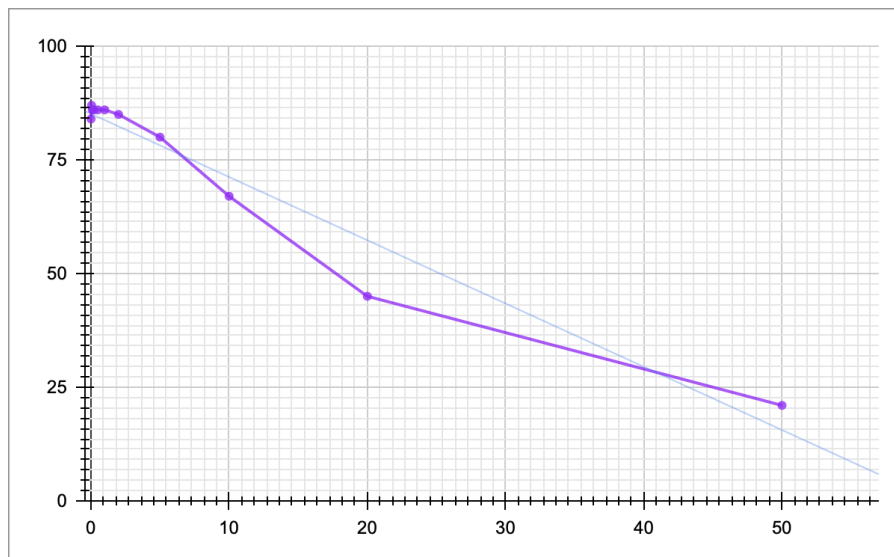
Линейной приближения дало зависимость - $K = 90,16 - 0,0022f$.

4. Определим граничную частоту F_p по уровню 0,7 - $K = 60,2$. Получается, что $F_p = 13,6 \text{ кГц}$.
5. Определим максимальную амплитуду неискаженного выходного напряжения на низкой частоте ($f = 1 \text{ кГц}$):

$$U_{max-l} = 6,4 \text{ В}$$

6. Включим ОУ по схеме повторителя. Коэффициент передачи и усиления равен единице. Определим максимальную амплитуду неискаженного сигнала на частоте $f = 1 \text{ МГц}$:

$$U_{max} = 0,6 \text{ В}$$

Рис. 4: Зависимость $K(f)$ у неинвертирующего усилителя

1.4 Инвертирующий усилитель

1. Соберем схему инвертирующего усилителя используя те же резисторы, что в разделе 3, определим коэффициент усиления K_0 и граничную частоту F_p .

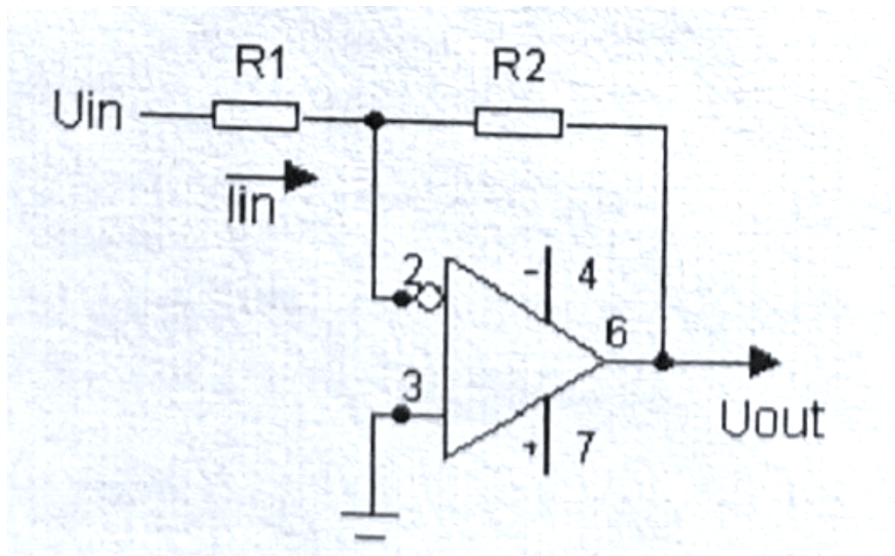


Рис. 5: Схема инвертирующего усилителя

2. Убедимся, что коэффициент усиления $K_0 = -R_2/R_1 \Rightarrow K_0 = -90$. Найдём частоту F_p по уровню 0,7:

$$F_p = 13,6 \text{ кГц},$$

она имеет то же значение, что и для неинвертирующего усилителя.

1.5 Разностный усилитель

1. Соберем схему, выбрав $R_3 = R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_4 = R_2 = 10 \text{ кОм}$.

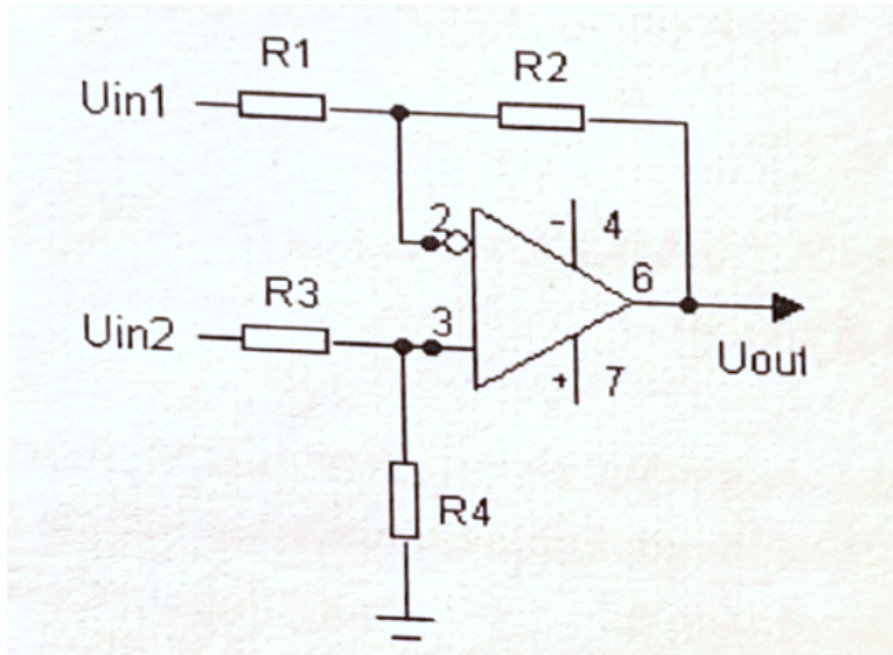


Рис. 6: Схема разностного усилителя

2. Измерим коэффициент усиления сначала по входу 1, а затем по входу 2. При втором измерении вход U_{in1} соединим с землей.

$$U_{in1} = 29,2 \text{ мВ},$$

$$U_{in2} = 46,64 \text{ мВ},$$

3. Объединим входы U_{in1} и U_{in2} , убедимся, что коэффициент усиления синфазного сигнала близок к нулю.
4. Продемонстрируем, что для идеального ОУ выходное напряжение

$$U_{out} = (U_{in2} - U_{in1}) * (R_2/R_1) = 174,4 \text{ мВ}$$