

Лабораторная работа № 4

СХЕМЫ С ОПЕРАЦИОННЫМИ УСИЛИТЕЛЯМИ

Целью работы является изучение схем с операционным усилителем.

Операционный усилитель К140УД1.

Операционный усилитель К140УД 1 (рис 4.1) является наиболее

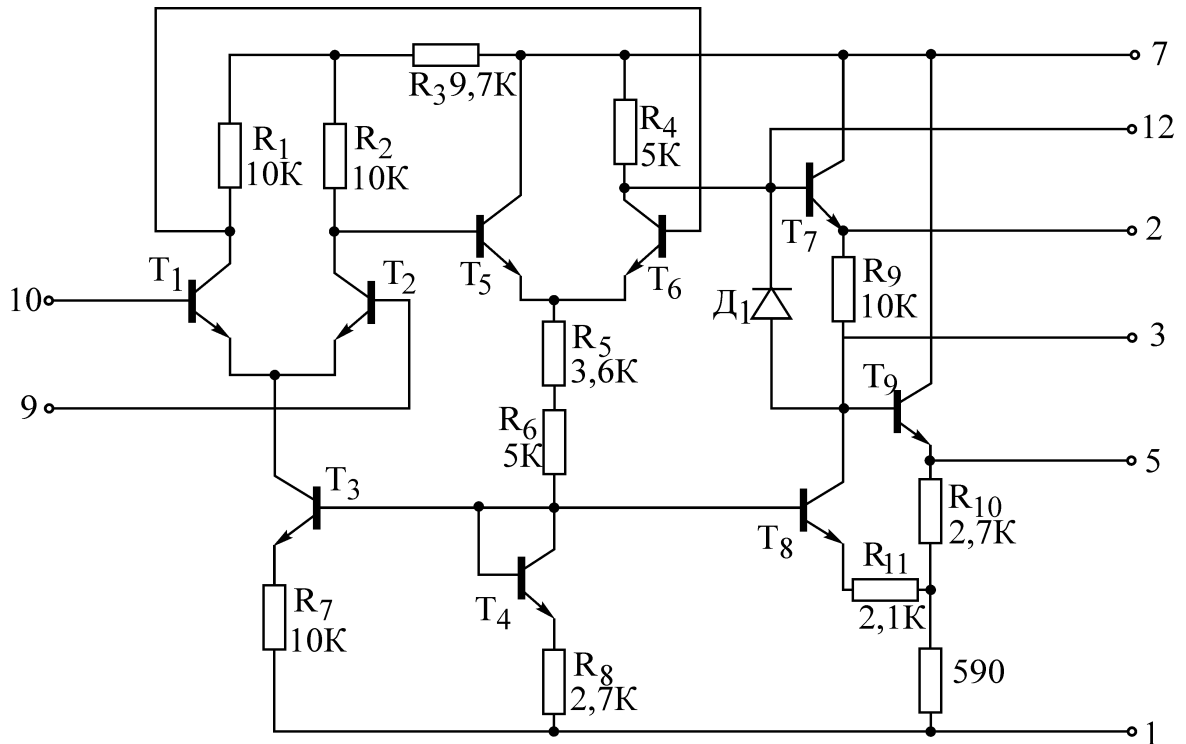


Рис.4.1

простым из всех существующих подобных устройств. Первый каскад состоит из дифференциальной транзисторной пары T_1 , T_2 , которая питается от генератора тока на транзисторе T_3 . Температурная стабилизация тока осуществляется транзистором T_4 . Второй каскад на транзисторах T_5 и T_6 гальванически связан с выходами первого. На выходе стоят два эмиттерных повторителя (T_7 и T_9), а транзистор T_8 осуществляет сдвиг уровня постоянного напряжения на выходе. Операционный усилитель требует внешних корректирующих цепей, устраняющих самовозбуждение на частотах 2-10 МГц.

Операционные усилители этой серии выпускаются двух типов, рассчитанных на различные питающие напряжения: К140УД1А – на 6,3В ($P_{\text{пот}} = 45\text{мВт}$) и К140УД1Б – на 12,6 В ($P_{\text{пот}} = 170\text{ мВт}$).

Подключение корректирующих элементов осуществляется между контактами 1 и 12. Выбор номиналов корректирующих элементов зависит от реализуемого усиления, при этом операционный усилитель обладает

различной полосой пропускания (рис.4.2). Минимальной нагрузкой усилителя является.

$R_{Н\ min}=5\ кОм$ и $C_{Н\ max}=50\ пФ$. Фазовая характеристика каскада с граничной частотой 500 кГц показана на рис.4.3. В зависимости от амплитуды входного сигнала наблюдается изменение полосы частот, что проиллюстрировано на рис.4.4 для двух значений $U_{ВХ}$.

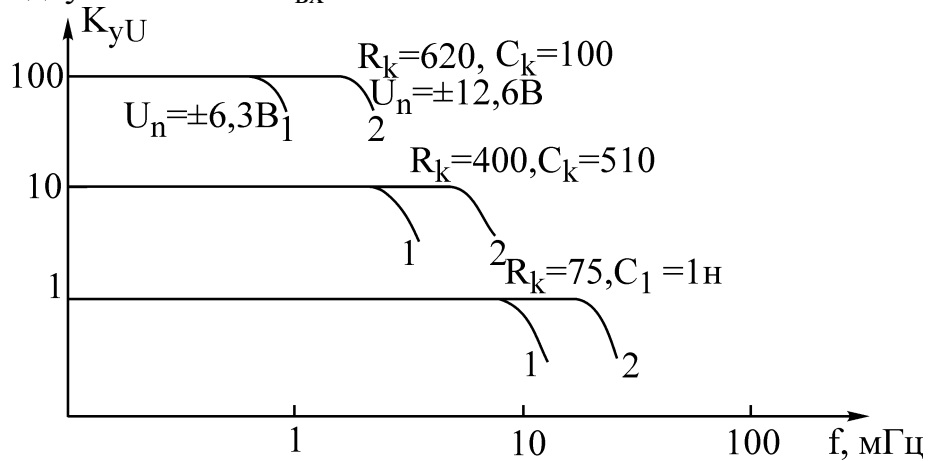


Рис.4.2

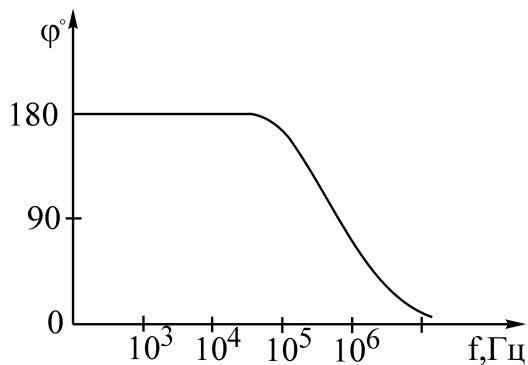


Рис.4.3

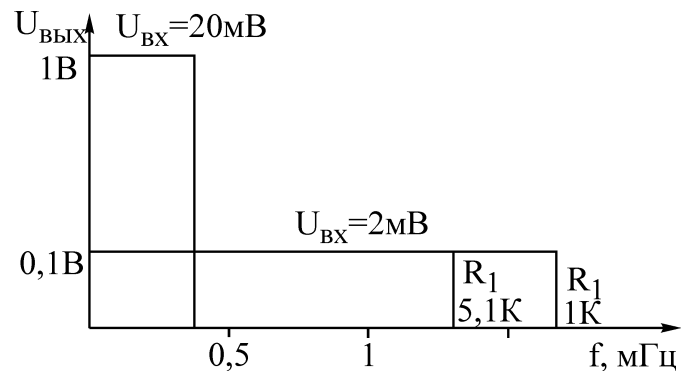


Рис.4.4

Важными параметрами операционного усилителя являются зависимость входного тока от температуры (рис.4.5), а также нагрузочная способность операционного усилителя, которая проиллюстрирована в виде зависимости $U_{ВЫХ} = f(U_{ВХ})$ для четырех значений $R_{Н}$ (рис.4.6).

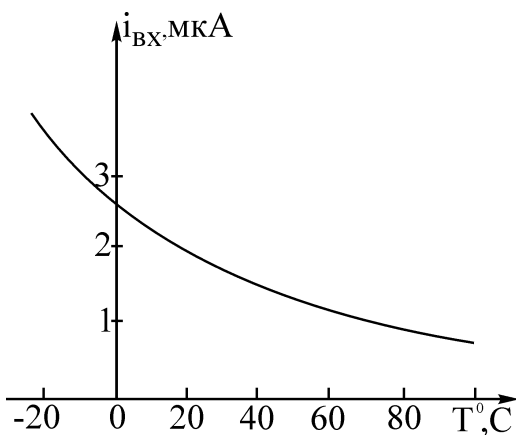


Рис.4.5

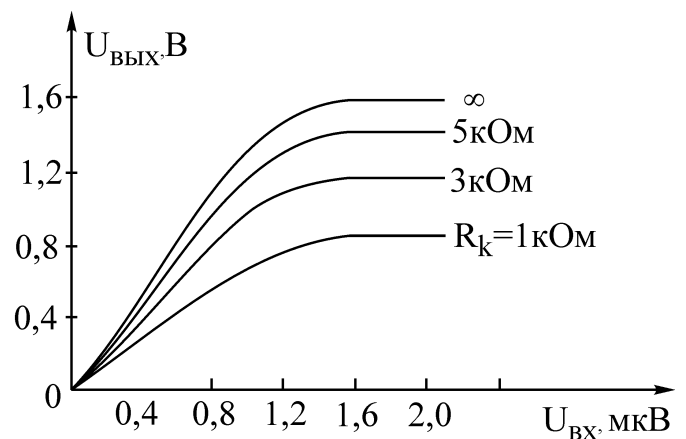


Рис.4.6

При сопротивлении нагрузки более 5 кОм выходные характеристики усилителя меняются незначительно. Рассмотрим наиболее характерные схемы включения К140УД1. Так, операционный усилитель можно применять в схеме инвертирующего усилителя (рис. 4.7).

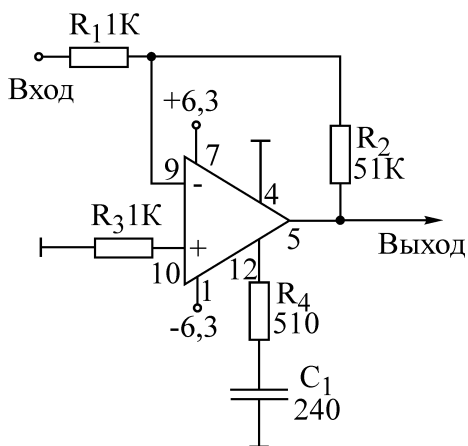


Рис.4.7

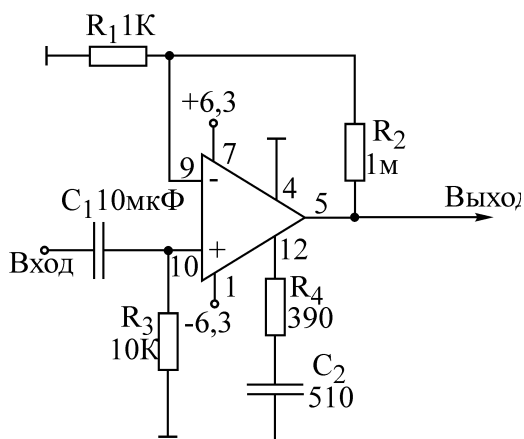


Рис.4.8

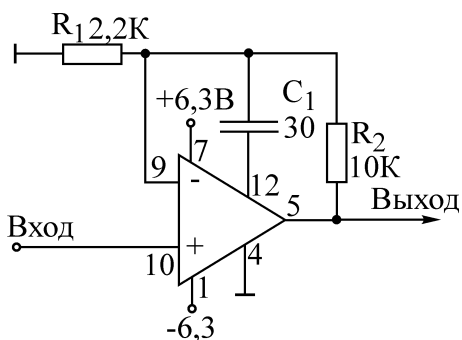


Рис.4.9

Коэффициент усиления усилителя равен $K_{y\ u} = R_2/R_1$ при $R_{вх} = R_1$. Неинвертирующий усилитель (рис.4.8) имеет $K_{y\ u} = 1 + (R_2/R_1)$ при $R_{вх} = R_3$. Разновидность схемы неинвертирующего усилителя показана на рис.4.9. В этой схеме корректирующий конденсатор включен между контактами 9 и 12. Данная коррекция позволяет в три раза расширить полосу частот усилителя. В двух следующих схемах, являющихся усилителями переменного напряжения, некоторые резисторы заменяются на конденсаторы (рис.4.10 и 4.11). На рис.4.10 изображен усилитель с коэффициентом усиления напряжения $K_{y\ u} = 40$ дБ и $f_H = 1/2 \pi R_1 C_1 = 16$ Гц, а на рис.4.11 усилитель имеет $K_{y\ u} = 70$ дБ и $f_H = 1$ кГц.

Схема интегратора показана на рис.4.12. При приложении по входу напряжения $U_{вх}$ можно считать, что ток через резистор R равен $U_{вх}/R$. Этот ток заряжает конденсатор C и создаёт на нем напряжение, одновременно являющееся выходным:

$$U_{вых} = -\frac{1}{RC} \int U_{вх} dt .$$

Схема дифференциатора показана на рис.4.13. Напряжение на входе является напряжением на конденсаторе. Заряжающий конденсатор ток $i = C dU_{вх}/dt$. Этот ток, не заходя в усилитель, полностью проходит через сопротивление R_1 , создавая на нем напряжение, являющееся выходным:

$$U_{вых} = -RC \frac{dU_{вх}}{dt} .$$

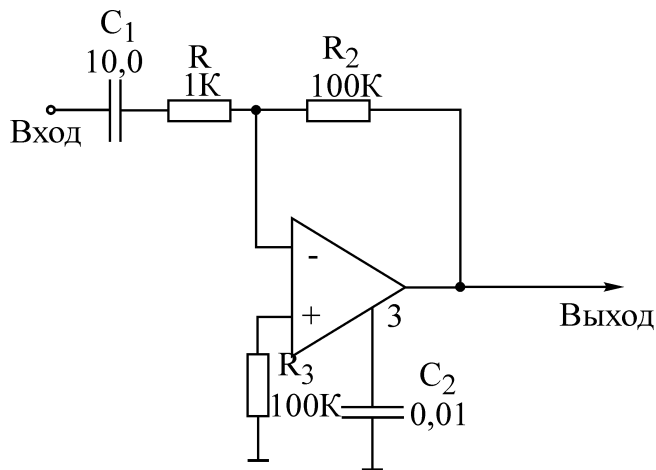


Рис.4.10

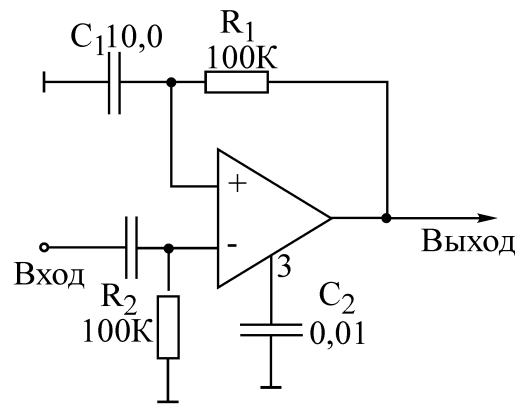


Рис.4.11

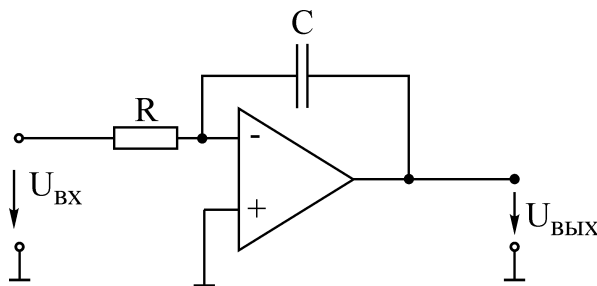


Рис.4.12

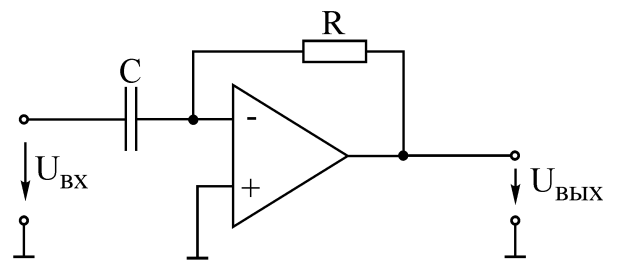


Рис.4.13

Последовательность выполнения работы

1. Нарисовать электрическую схему операционного усилителя К140УД1, пронумеровав узлы и элементы. Описать схему на входном языке PSPICE, описание оформить отдельной моделью SUBCKT OU.

Нарисовать схему включения К140УД1 в качестве инвертирующего усилителя по рис.4.7.

Параметры схемы рассчитать для трёх значений коэффициента усиления, указанных в табл. 4.1 согласно номеру варианта. Описать схему на входном языке PSPICE, используя для операционного усилителя составленную выше модель SUBCKT OU. Предусмотреть директиву для расчёта амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик схемы. Задать диапазон изменения частот.

Предусмотреть воздействие на вход прямоугольных импульсов, период которых задан равным

$$T_{и} = 10 \tau ,$$

где $\tau = RC$ - постоянная времени дифференциатора, параметры которого взять из таблицы.4.1 согласно номеру варианта. В директиве .TRAN время расчета задать 1–2 периода $T_{и}$. Записать директиву вывода входного сигнала (для проверки заданного периода входного сигнала и времени анализа переходных процессов) и выходного сигнала схемы на экран. Сравнение

входного и выходного сигналов позволяет судить об изменении фронтов и перерегулировании моделируемой схемы.

2. Нарисовать и описать на входном языке PSPICE схему включения К140УД1 в качестве неинвертирующего усилителя по рис.4.8 и 4.9.

Предусмотреть расчет АЧХ и ФЧХ обеих схем, сравнить полосы частот.

Подать на вход усилителя прямоугольный импульс с периодом $T_{и}$, определенным в п.1. Рассчитать и сравнить выходной сигнал обеих схем.

3. Нарисовать и описать на входном языке PSPICE схему включения К140УД1 в качестве интегратора (см.рис.4.12). Параметры взять из табл. 4.1 согласно номеру варианта.

Предусмотреть расчёт и вывод на экран АЧХ, ФЧХ и переходного процесса при подаче на вход прямоугольного импульса с периодом $T_{и}$, определённым в п.1.

4. Нарисовать и описать на входном языке PSPICE схему включения К140УД1 в качестве дифференциатора (рис.4.13). Параметры взять из табл.4.1 согласно номеру варианта.

Предусмотреть расчет и вывод на экран АЧХ, ФЧХ и переходного процесса при подаче на вход прямоугольного импульса с периодом $T_{и}$, определённым в п.1.

Таблица 4.1

№ вар	K_{yU}	ИНТЕГРАТОР		ДИФФЕРЕНЦИАТОР	
		C	R	C	R
1	1, 10, 100	0,4	0,1	0,5	0,1
2	1,1, 15, 110	0,8	0,2	0,6	0,3
3	1,2 20, 85	0,3	0,3	0,4	0,2
4	1,3, 13, 90	0,9	0,4	0,7	0,4
5	1,4, 24, 95	0,2	0,5	0,3	0,8
6	1,6, 26, 100	1,0	0,6	0,8	0,6
7	1,7, 17, 95	0,1	0,7	0,2	0,7
8	1,8, 28, 90	0,6	0,8	0,9	0,5
9	1,9, 10, 85	0,5	0,9	1,0	0,9
10	2, 20, 90	0,7	0,8	1,0	1,1
11	2,1, 30, 95	0,4	0,7	0,2	1,5
12	2,2, 25, 100	0,8	0,6	0,9	0,1
13	1, 10, 100	0,5	0,1	0,5	0,1
14	1,1, 15, 110	0,8	0,6	0,6	0,3
15	1,2 20, 85	0,3	0,3	0,7	0,2
16	1,3, 13, 90	0,9	0,7	0,7	0,4
17	1,4, 24, 95	0,2	0,5	0,3	0,8
18	1,6, 26, 100	1,0	0,5	0,8	0,7
19	1,7, 17, 95	0,1	0,6	0,3	0,7

20	1,8, 28, 90	0,6	0,9	0,9	0,5
21	1,9, 10, 85	0,6	0,9	1,1	0,9
22	2, 20, 90	0,7	0,8	1,0	1,1
23	2,1, 30, 95	0,4	0,7	0,3	1,5
24	2,2, 25, 100	0,6	0,6	0,8	0,1
25	1, 10, 100	0,6	0,2	0,5	0,1
26	2, 20, 90	0,7	0,8	1,0	1,2
27	2,1, 30, 95	0,5	0,7	0,2	1,5
28	2,2, 25, 100	0,8	0,7	0,8	0,1
29	1, 10, 100	0,5	0,2	0,3	0,1
30	1,1, 15, 110	0,9	0,6	0,6	0,5

Примечание Емкости даны в микрофарадах, а резисторы в мегаомах.

5. Во время проведения лабораторных работ произвести моделирование на компьютере всех описанных в пп.1–4 электрических схем с помощью пакета PSPICE . Результаты представить в виде отчета.