



Электронные устройства систем управления

Лабораторная работа №3

«Операционный усилитель в основных схемах включения»

Вариант №4

Выполнили:

Мовчан И.Е.

Тенишев А.Н.

Проверил:

Козачёк О.А.

Санкт-Петербург, 2025

## Оглавление

Цель работы.....	3
Задание 1.....	3
Задание 2.....	5
Задание 3.....	7
Задание 3.....	10
Вывод.....	12

## Цель работы:

Изучение характеристик операционного усилителя (ОУ) в различных режимах работы, исследование ОУ в различных схемах включения.

№ варианта	ОУ	Коэффициент усиления	Неинвертирующий сумматор		Рабочая частота схемы интегратора, дифференциатора, кГц
			$K_1$	$K_2$	
4	AD744	5	2	3,5	2.5

## Задание №1. Исследование дифференциального усилителя

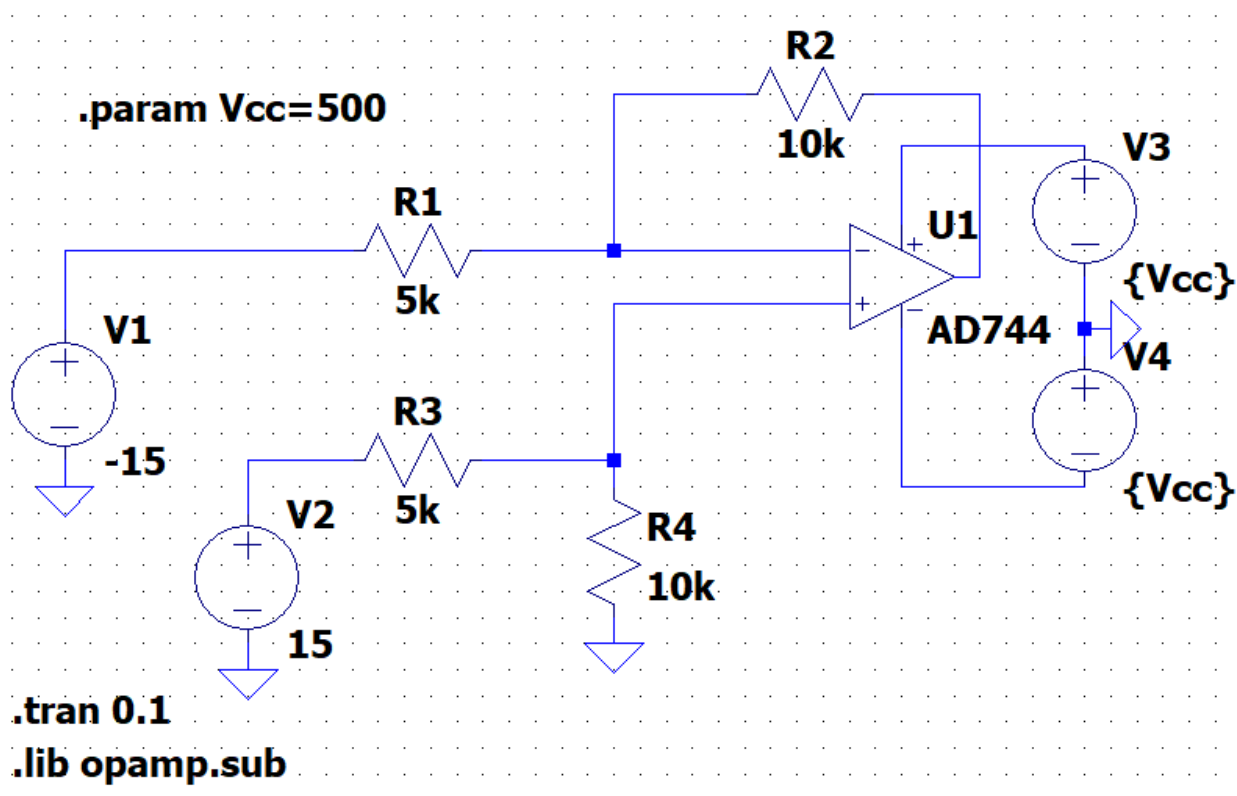


Рис 1.1. Схема дифференциального усилителя.

$$U_{\text{вых}} = \frac{R_2}{R_1} (U_2 - U_1). \text{ Формула для расчета выходного напряжения.}$$

№	$U_1$	$U_2$	$U_{\text{вых}} \text{ (эксп)}$	$U_{\text{вых}} \text{ (расч)}$
1	$U_1 = -15$	$U_2 = 15$	$U_{\text{вых}} = 59.998$	$U_{\text{вых}} = 60$
2	$U_1 = 15$	$U_2 = -15$	$U_{\text{вых}} = -59.998$	$U_{\text{вых}} = 60$
3	$U_1 = -2$	$U_2 = 2$	$U_{\text{вых}} = 7.9998$	$U_{\text{вых}} = 8$
4	$U_1 = 2$	$U_2 = -2$	$U_{\text{вых}} = -7.9998$	$U_{\text{вых}} = -8$
5	$U_1 = 0$	$U_2 = 2$	$U_{\text{вых}} = 3.9999$	$U_{\text{вых}} = 4$
6	$U_1 = 2$	$U_2 = 0$	$U_{\text{вых}} = -3.9999$	$U_{\text{вых}} = -4$
7	$U_1 = -5$	$U_2 = 0$	$U_{\text{вых}} = 9.9997$	$U_{\text{вых}} = 10$
8	$U_1 = 0$	$U_2 = -5$	$U_{\text{вых}} = -9.9997$	$U_{\text{вых}} = -10$

Таблица 1.1. Сравнение экспериментальных и расчетных значений выходного напряжения

В сравнении можно сделать вывод, что значения максимально близки друг к другу

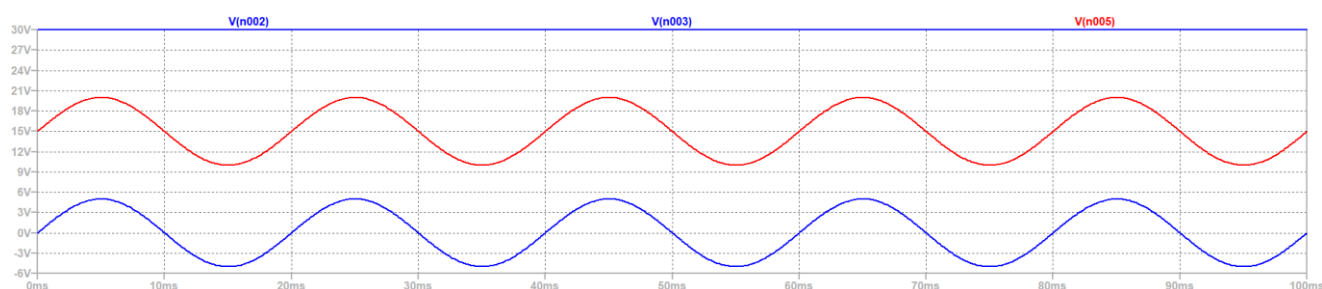


Рис 1.2. График синфазной помехи

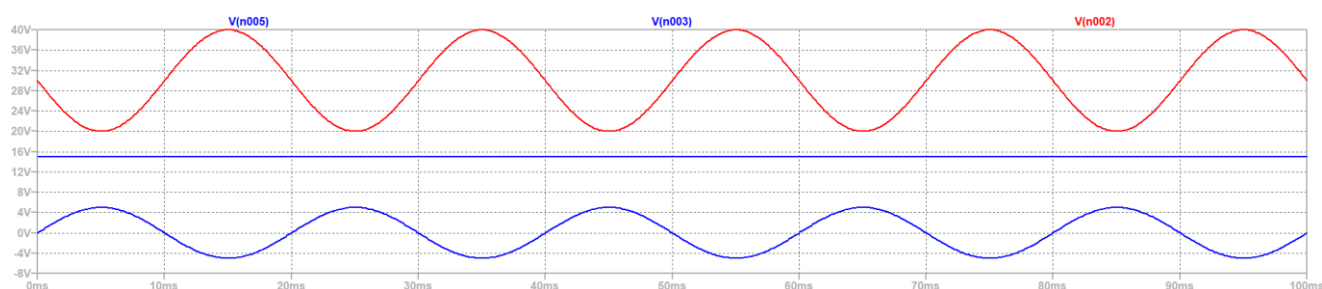


Рис 1.3. График противофазной помехи

На графике синфазной помехи наблюдается одинаковая амплитуда и фаза сигнала на обоих входах дифференциального усилителя, что приводит к их взаимному вычитанию и практически полному подавлению на выходе.

В случае противофазной помехи сигналы на входах изменяются в противофазе, создавая значительную разницу между ними, которая усиливается усилителем.

### Задание №2. Исследование ОУ в режиме суммирования постоянных сигналов

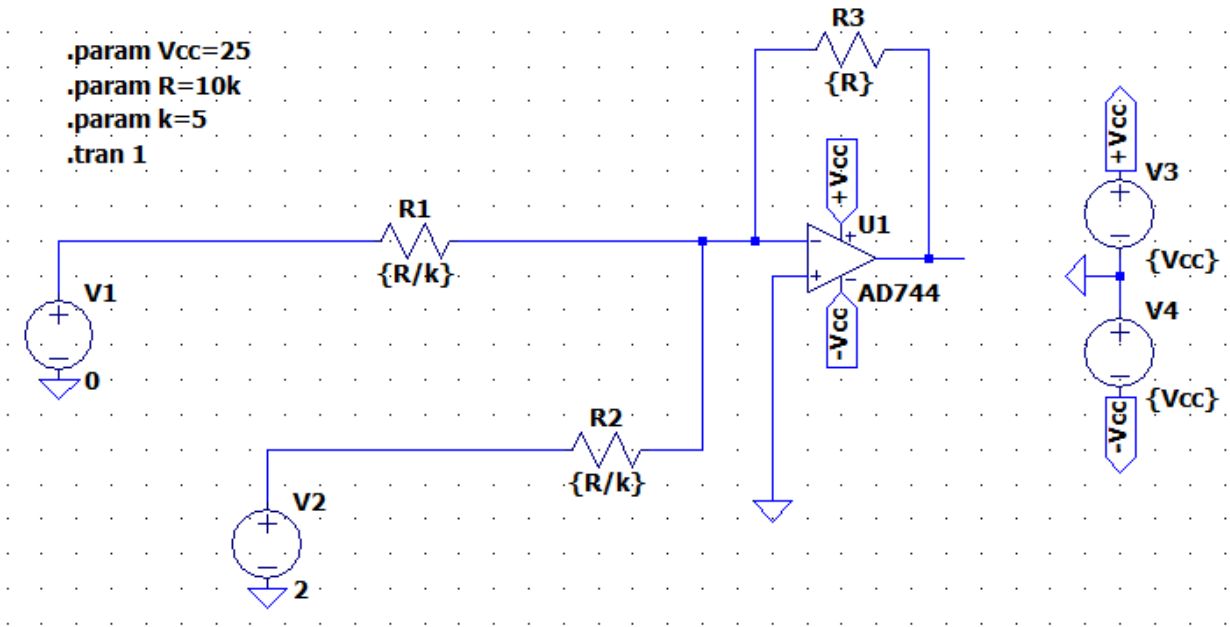


Рис 2.1. Схема инвертирующего сумматора

$U_{\text{ВЫХ}} = -\left(\frac{R_2}{R_1} U_1 + \frac{R_2}{R_3} U_2 + \frac{R_2}{R_4} U_3\right)$ . Формула для расчета выходного напряжения

№	$U_1$	$U_2$	$U_{\text{ВЫХ}}$ (эксп)	$U_{\text{ВЫХ}}$ (расч)
1	$U_1 = 0$	$U_2 = 1$	$U_{\text{ВЫХ}} = -4.9998$	$U_{\text{ВЫХ}} = -5$
2	$U_1 = 0$	$U_2 = -3$	$U_{\text{ВЫХ}} = -15$	$U_{\text{ВЫХ}} = -15$
3	$U_1 = 3$	$U_2 = 3$	$U_{\text{ВЫХ}} = -23.725$	$U_{\text{ВЫХ}} = -24$
4	$U_1 = 3$	$U_2 = 0$	$U_{\text{ВЫХ}} = -15$	$U_{\text{ВЫХ}} = -15$
5	$U_1 = -5$	$U_2 = 5$	$U_{\text{ВЫХ}} = 1.1$	$U_{\text{ВЫХ}} = 0$
6	$U_1 = -5$	$U_2 = 0$	$U_{\text{ВЫХ}} = -23.284$	$U_{\text{ВЫХ}} = -25$

Таблица 2.1. Сравнение экспериментальных и расчетных значений выходного напряжения

Делаем вывод, что экспериментальные и расчетные значения практически одинаковые

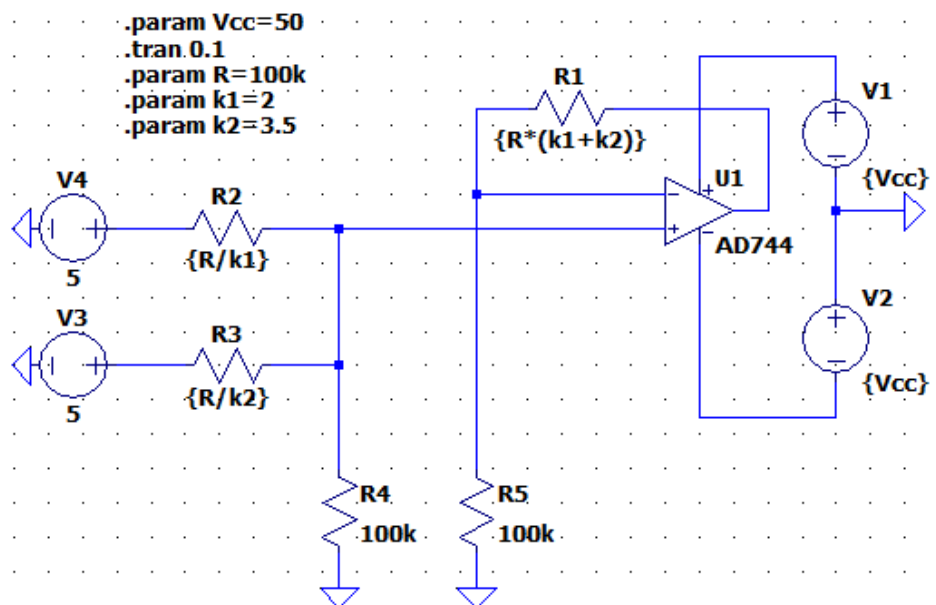


Рис 2.2. Схема неинвертирующего сумматора

№	$U_1$	$U_2$	$U_{\text{ВЫХ}}$ (ЭКСП)	$U_{\text{ВЫХ}}$ (расч)
1	$U_1 = 5$	$U_2 = 5$	$U_{\text{ВЫХ}} = 27.5$	$U_{\text{ВЫХ}} = 27.5$
2	$U_1 = 5$	$U_2 = 0$	$U_{\text{ВЫХ}} = 9.9999$	$U_{\text{ВЫХ}} = 10$
3	$U_1 = 5$	$U_2 = -5$	$U_{\text{ВЫХ}} = -7.4998$	$U_{\text{ВЫХ}} = -7.5$
4	$U_1 = 0$	$U_2 = 5$	$U_{\text{ВЫХ}} = 17.5$	$U_{\text{ВЫХ}} = 17.5$
5	$U_1 = 0$	$U_2 = -5$	$U_{\text{ВЫХ}} = -17.5$	$U_{\text{ВЫХ}} = -17.5$
6	$U_1 = -5$	$U_2 = 5$	$U_{\text{ВЫХ}} = 7.4999$	$U_{\text{ВЫХ}} = 7.5$
7	$U_1 = -5$	$U_2 = 0$	$U_{\text{ВЫХ}} = -9.9998$	$U_{\text{ВЫХ}} = 10$
8	$U_1 = -5$	$U_2 = -5$	$U_{\text{ВЫХ}} = -27.5$	$U_{\text{ВЫХ}} = -27.5$

Таблица 2.2. Сравнение экспериментальных и расчетных значений выходного напряжения

Как и в предыдущих случаях значения точно также равны друг другу.

**Проведем вычисления:**

$$f_0 = 2.5 \text{ кГц}$$

$$f_{\min} = 0.01f_0, f_{\max} = 100f_0$$

$$R_1 = 100 \text{ кОм}$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_0 R_1} = 0.637 \text{ нФ}$$

$$f_{\text{ср}} = 250 \text{ Гц}$$

$$R_2 = 100 \text{ МОм}$$

### Задание №3. Исследование интегратора

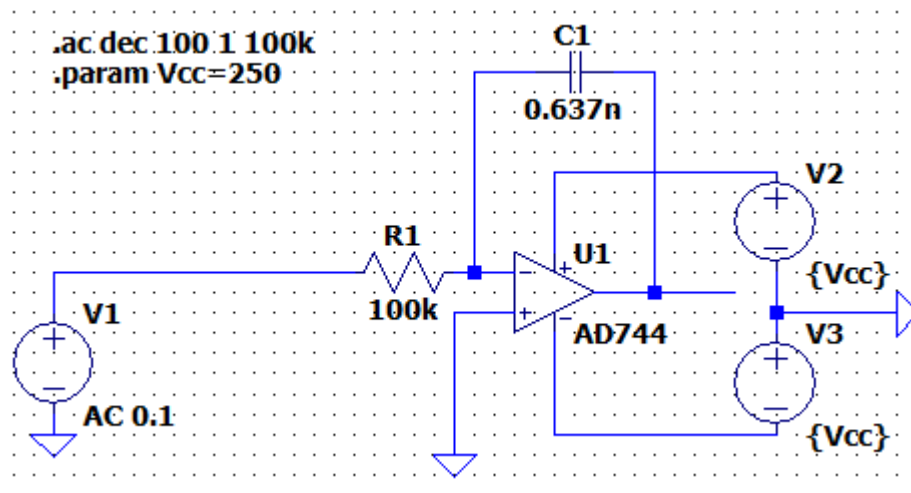


Рис 3.1. Схема идеального интегратора

Изобразим АЧХ идеального интегратора

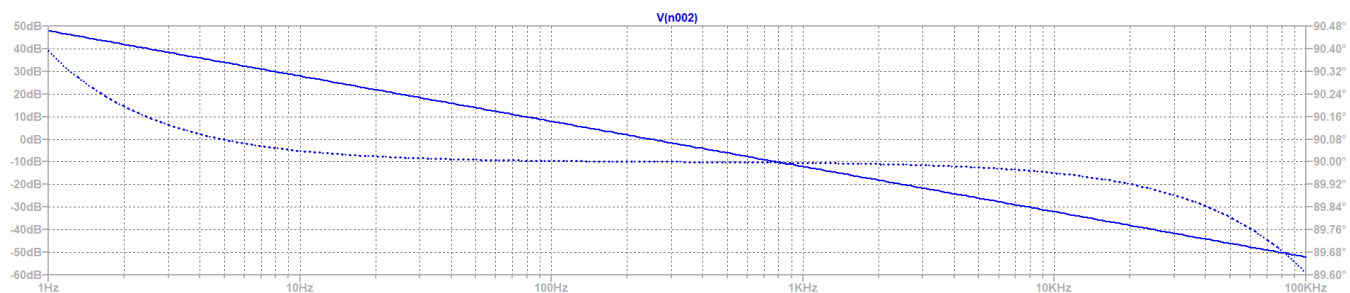


Рис 3.2. График АЧХ идеального интегратора

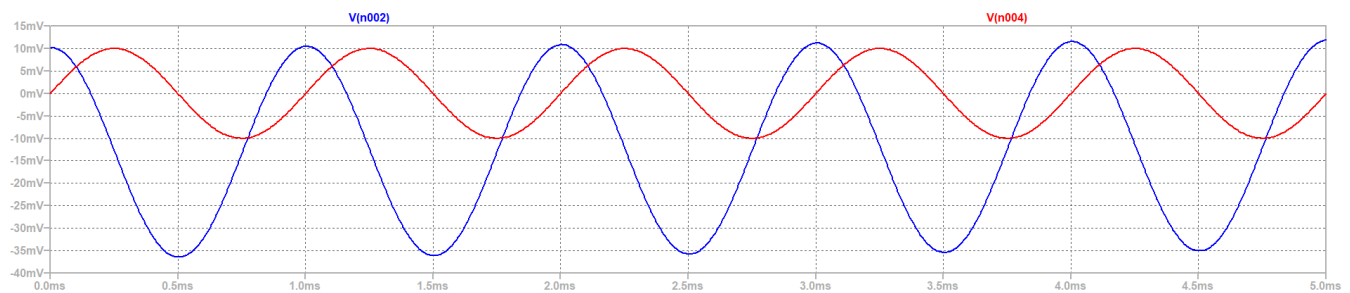


Рис 3.3. График синусоидальный сигнал (выход - косинус) идеального интегратора

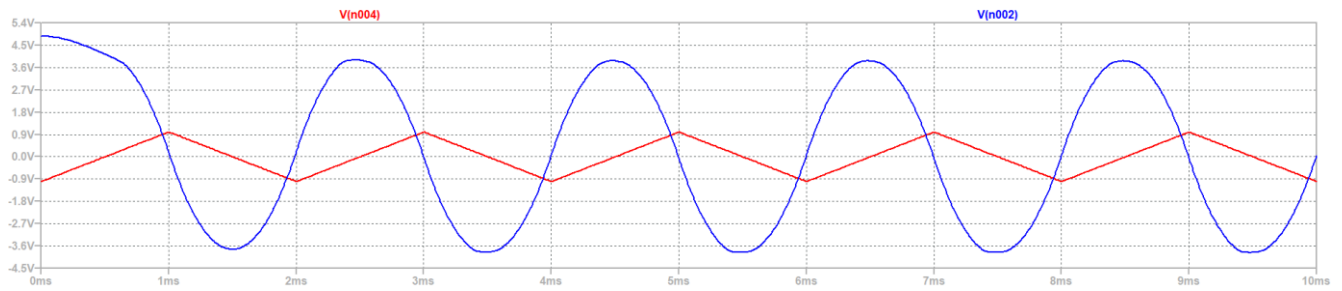


Рис 3.4. График треугольный сигнал идеального интегратора

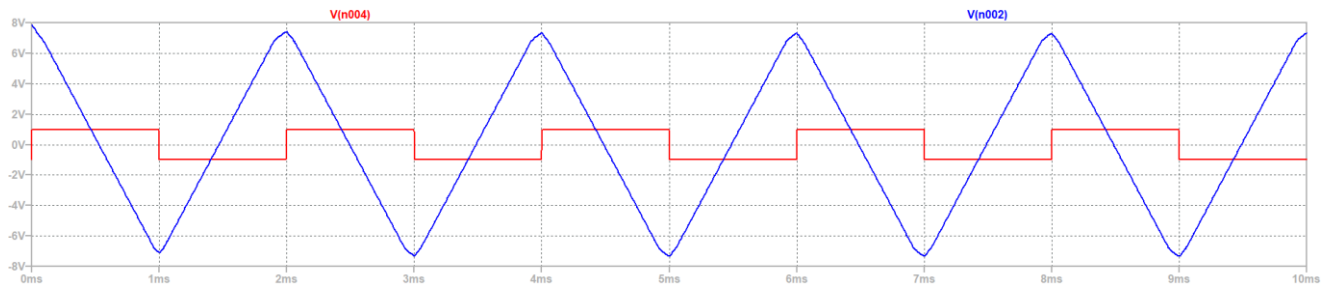


Рис 3.5. График прямоугольный сигнал идеального интегратора

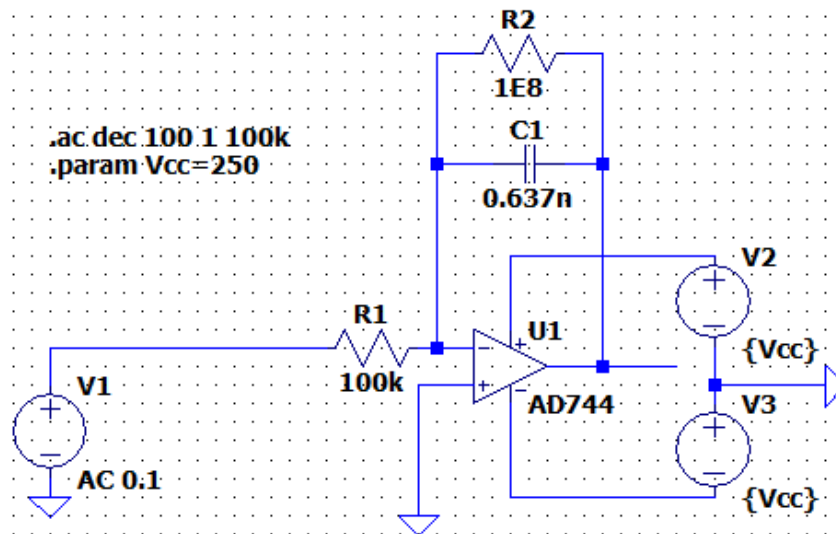


Рис 3.6. Схема реального интегратора

Изобразим АЧХ реального интегратора

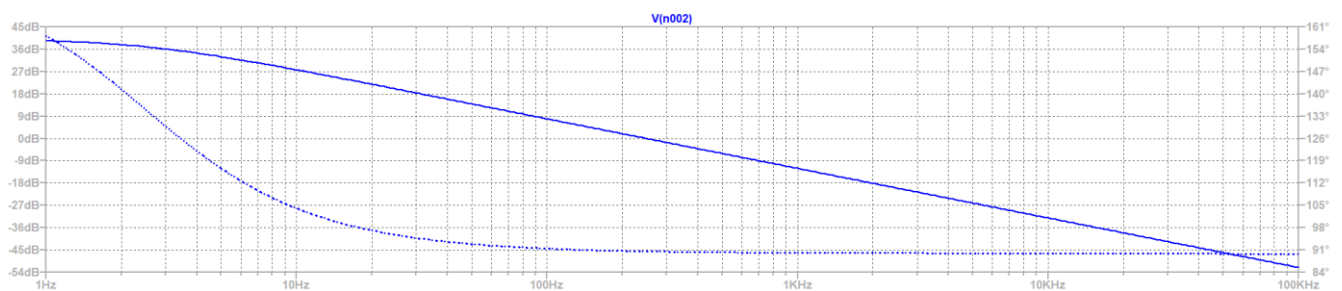


Рис 3.7. График АЧХ реального интегратора



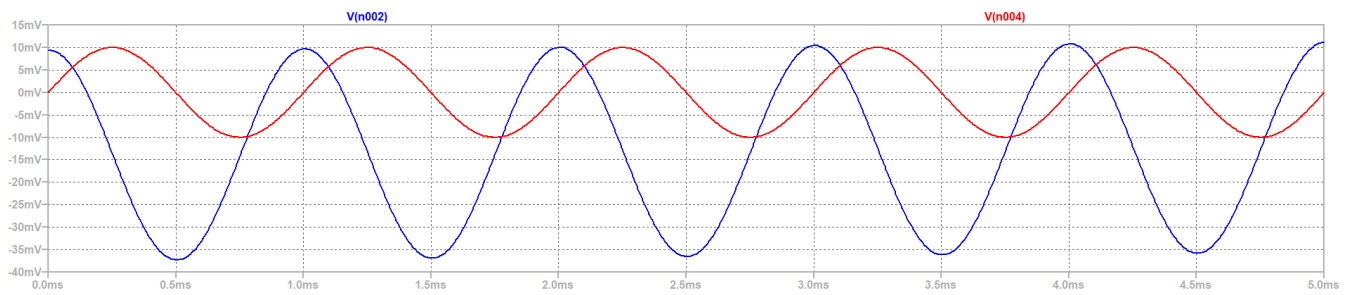


Рис 3.8. График синусоидальный сигнал (выход - косинус) реальный интегратор

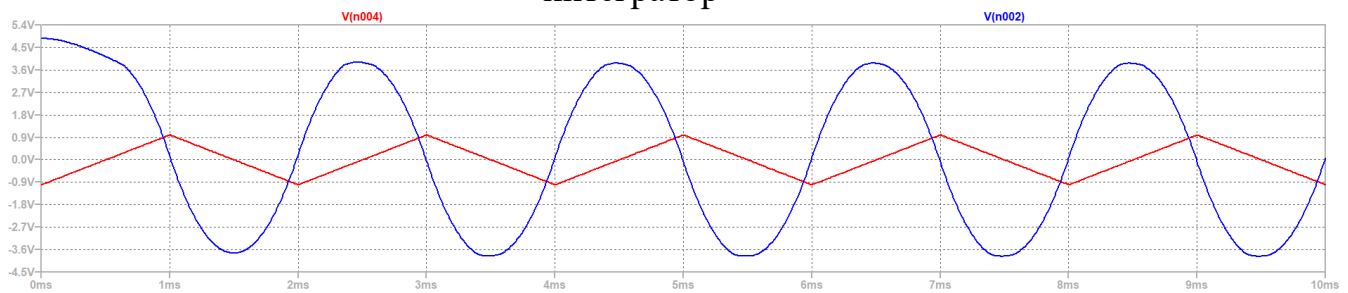


Рис 3.9. График треугольный сигнал реального интегратора

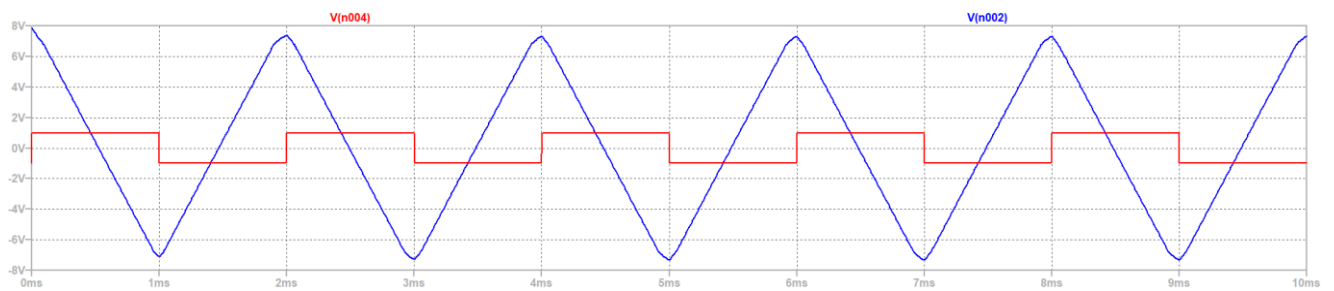


Рис 3.10. График прямоугольный сигнал реального интегратора

**Проведем вычисления:**

$$C_1 = 12.73$$

$$C_2 = 12.73$$

$$R_3 = 500 \text{ Ом}$$

$$R_1 = R_2 = 50 \text{ кОм}$$

$$C_1 = 12.73$$

## Задание №4. Исследование дифференциатора

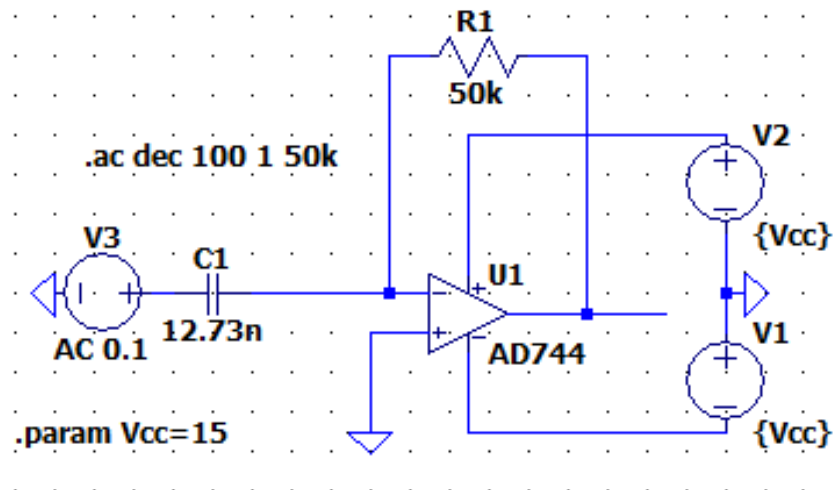


Рис 4.1. Схема реального дифференциатора

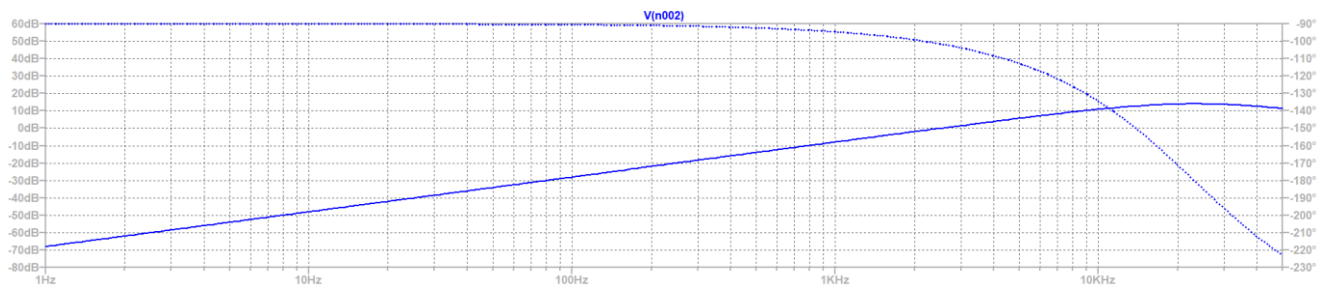


Рис 4.2. График АЧХ реального дифференциатора

$$f_{\text{ср}} = 1.77 \text{ кГц}$$

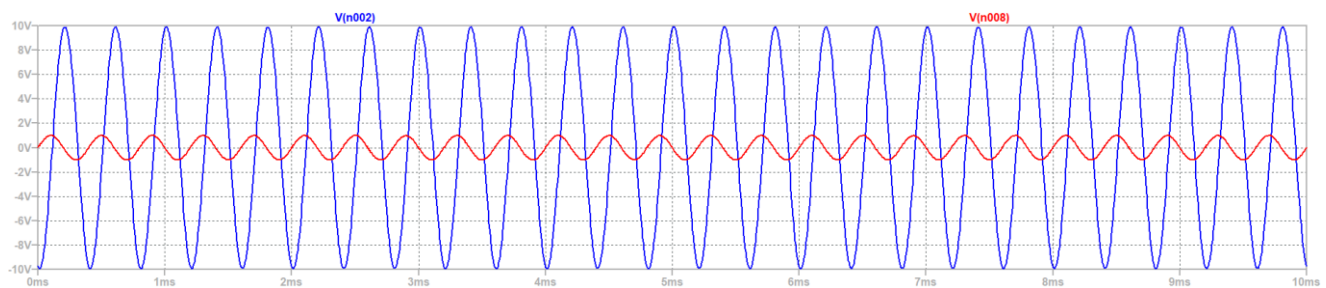


Рис 4.3. График синусоидальное воздействие реальный дифференциатор

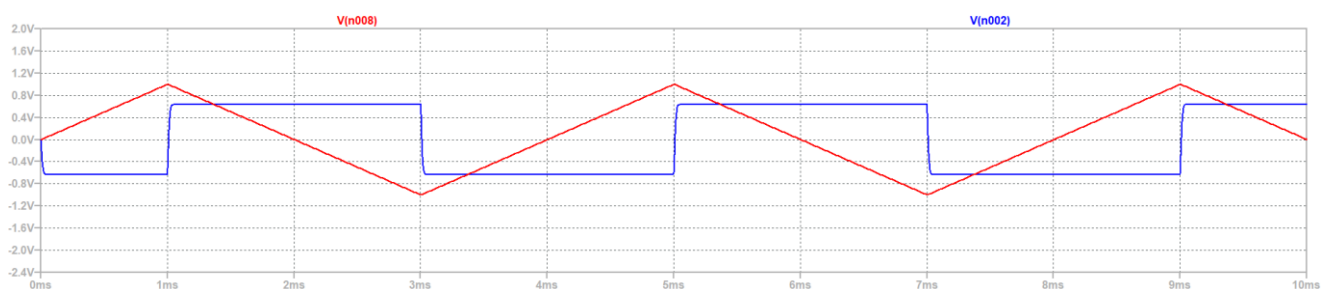


Рис 4.4. График треугольный сигнал реальный дифференциатор

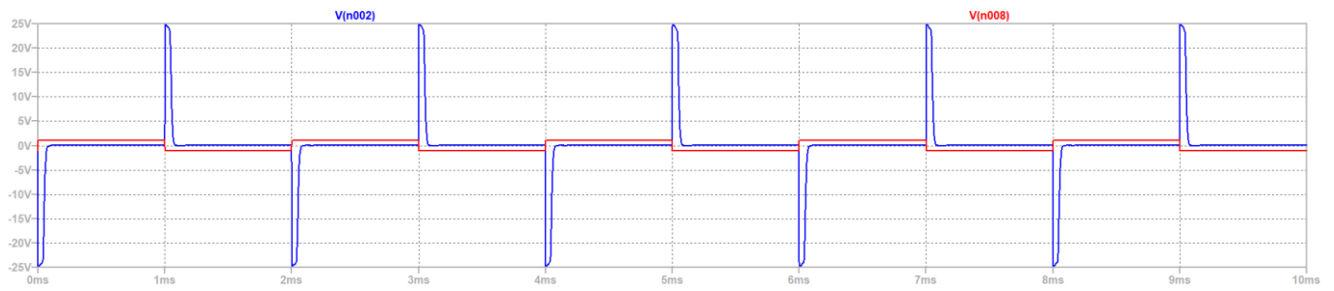


Рис 4.5. График прямоугольный сигнал реальный дифференциатор

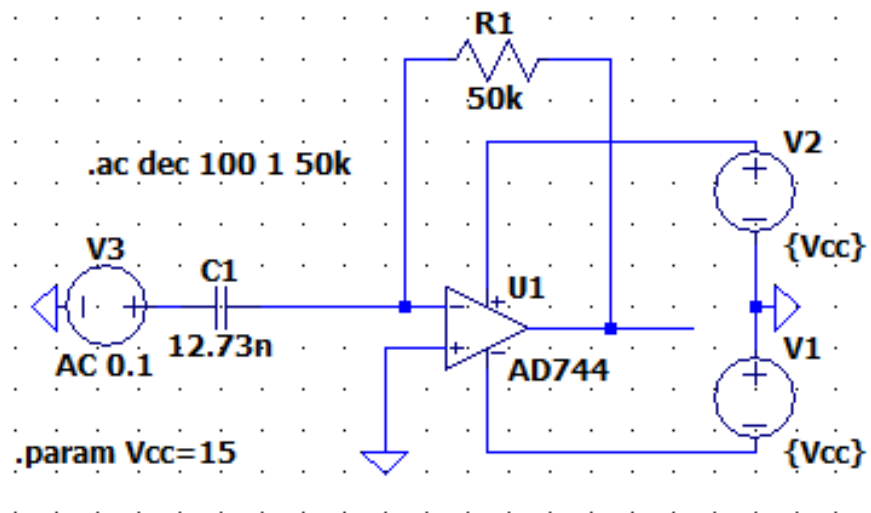


Рис 4.6. Схема идеального дифференциатора

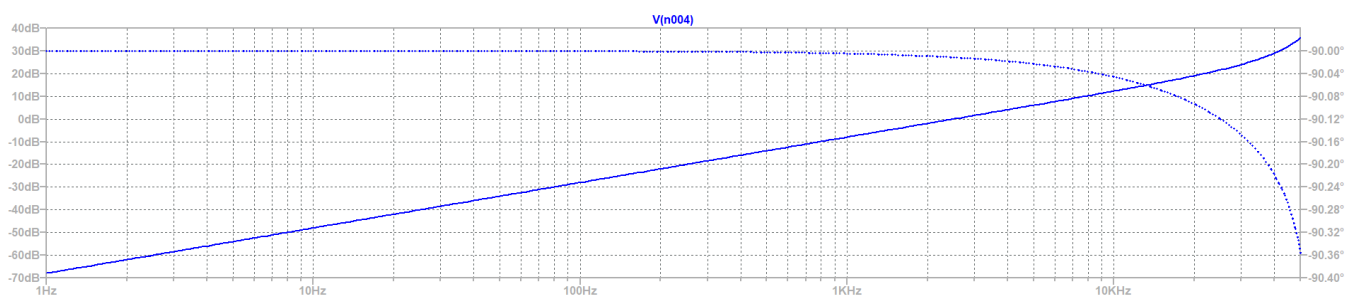


Рис 4.7. График АЧХ идеального дифференциатора

$$f_{cp} = 1.75 \text{ кГц}$$

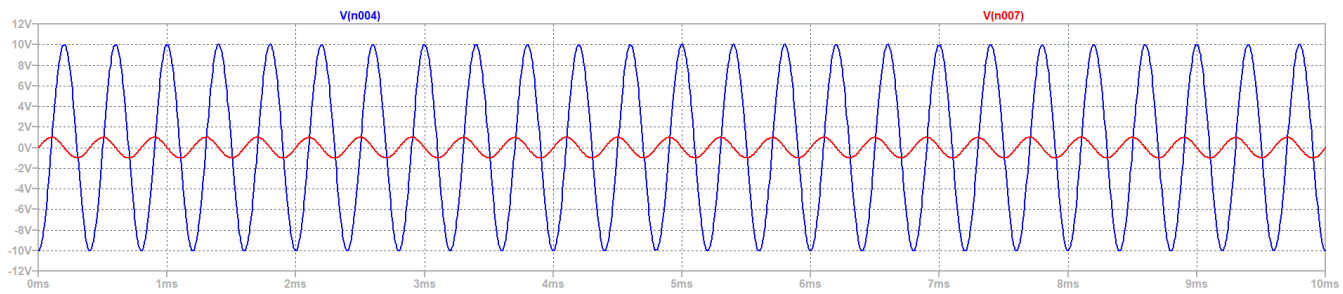


Рис 4.8. График синусоидальное воздействие идеальный дифференциатор

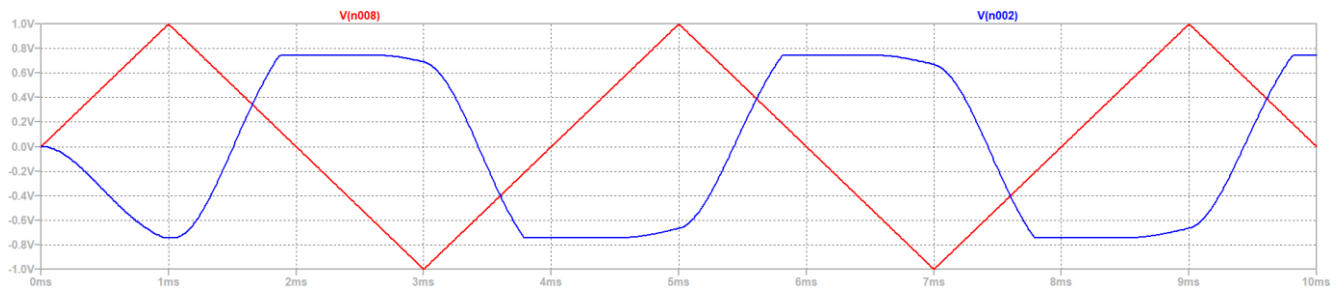


Рис 4.9. треугольный сигнал идеальный дифференциатор

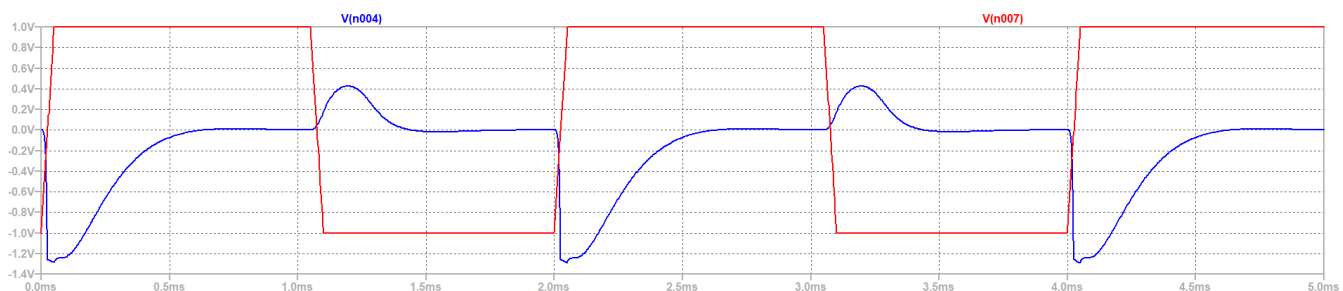


Рис 4.10. прямоугольный сигнал реальный дифференциатор

## Вывод:

В ходе лабораторной работы были изучены характеристики операционного усилителя в различных режимах работы, исследовали операционный усилитель в различных схемах включения.