

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА

## ЗВІТ

Моделювання операційних підсилювачів з негативним зворотнім зв'язком

Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021

УДК 053.08 (002.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладачі: М.В. Цисін.

I-72 Звіт. Моделювання операційних підсилювачів з негативним зворотнім зв'язком./ укл. М.В. Цисін. –К. :КНУ ім. Т.Шевченка, 2021. – 9 с. (Укр. мов.)

Наведено звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі LTspice™.

УДК 053.08 (002.21)

ББК 73Ц

©Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка, 2021

# Звіт

Звіт. Моделювання операційних підсилювачів з негативним зворотнім зв'язком: 9 с.

**Мета роботи** – ознайомитися з властивостями операційних підсилювачів, опанувати способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП

**Об'єкт дослідження** – операційні підсилювачі, диференціальне підсилення постійного струму

**Предмет дослідження** – теоретичні основи, принципи роботи, фізичний зміст і застосування операційних підсилювачів

**Методи дослідження:**

1) **Метод співставлення**, одночасне спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів

# Зміст

Теоретичні відомості .....	5
Виконання роботи.....	6
Інвертувальний підсилювач: .....	6
Неінвертувальний підсилювач:.....	7
Інтегратор на базі інвертувального підсилювача: .....	8
Висновки .....	9
Джерела .....	9

# Теоретичні відомості

**Операційний підсилювач (англ. operational amplifier)** – це диференціальний підсилювач постійного струму, який в ідеалі має нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою і нульову вихідну напругу за відсутності сигналу на вході, великий вхідний опір і малий вихідний, а також необмежену смугу частот підсилюваних сигналів. Раніше такі високоякісні підсилювачі використовувалися виключно в аналогових обчислювальних пристроях для виконання математичних операцій, наприклад, складання та інтегрування. Звідси і походить їх назва – операційні підсилювачі (ОП).

Створення **зворотного зв'язку** полягає в тому, що частина вихідного сигналу підсилювача повертається через ланку зворотного зв'язку (ЗЗ) на його вхід. Якщо сигнал зворотного зв'язку подається на вхід у протифазі до вхідного сигналу (різниця фаз  $\Phi = 180^\circ$ ), то зворотний зв'язок називають негативним (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу ( $\Phi = 0^\circ$ ), то такий зворотний зв'язок називають позитивним (ПЗЗ).

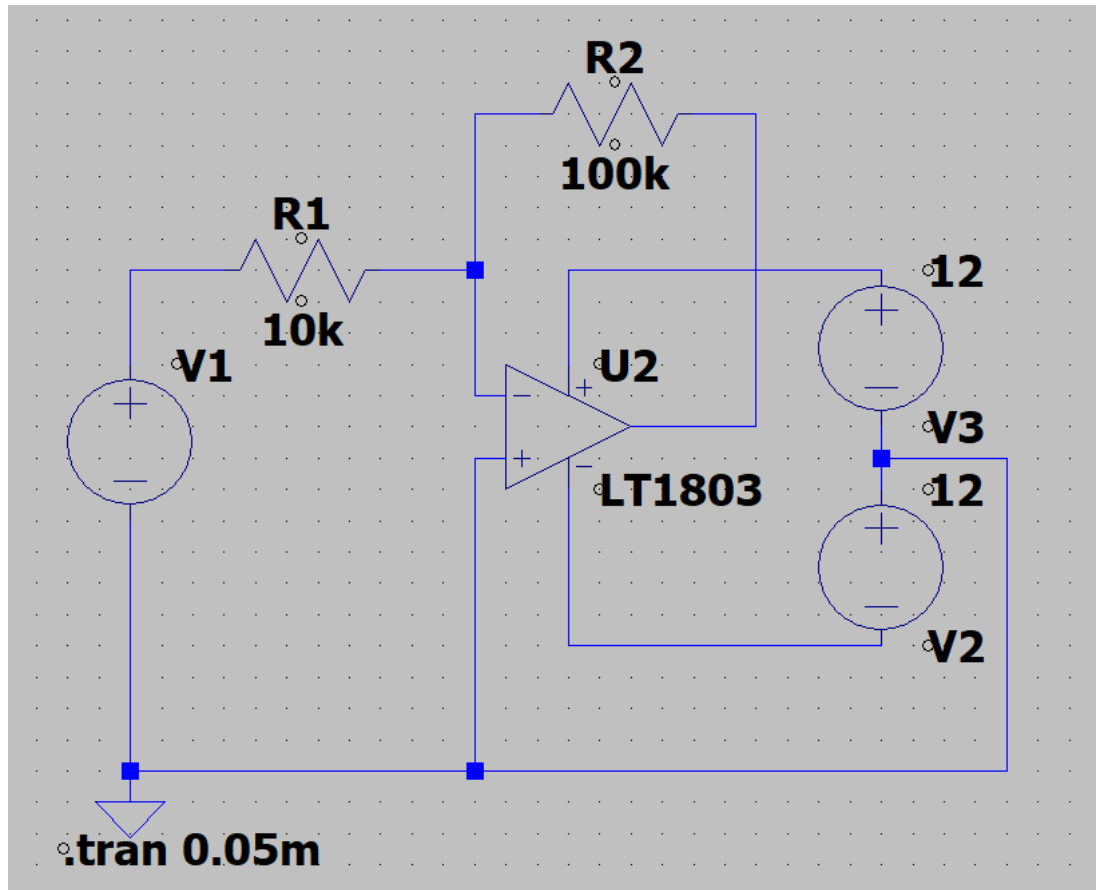
Операційним підсилювачем називають багатокаскадний диференціальний підсилювач постійного струму, який має в діапазоні частот до кількох десятків кілогерц коефіцієнт підсилення більший за  $10^4$  і за своїми властивостями наближається до уявного «ідеального» підсилювача. Під «ідеальним» розуміють такий підсилювач, який має:

- 1) нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ( $K \rightarrow \infty$ )
- 2) нескінченний вхідний імпеданс ( $Z_{bx} \rightarrow \infty$ )
- 3) нульовий вихідний імпеданс ( $Z_{bux} = 0$ )
- 4) рівну нулеві напругу на виході ( $U_{bux} = 0$ ) при рівності напруг на вході ( $U_{bux1} = U_{bux2}$ )
- 5) нескінченний діапазон робочих частот

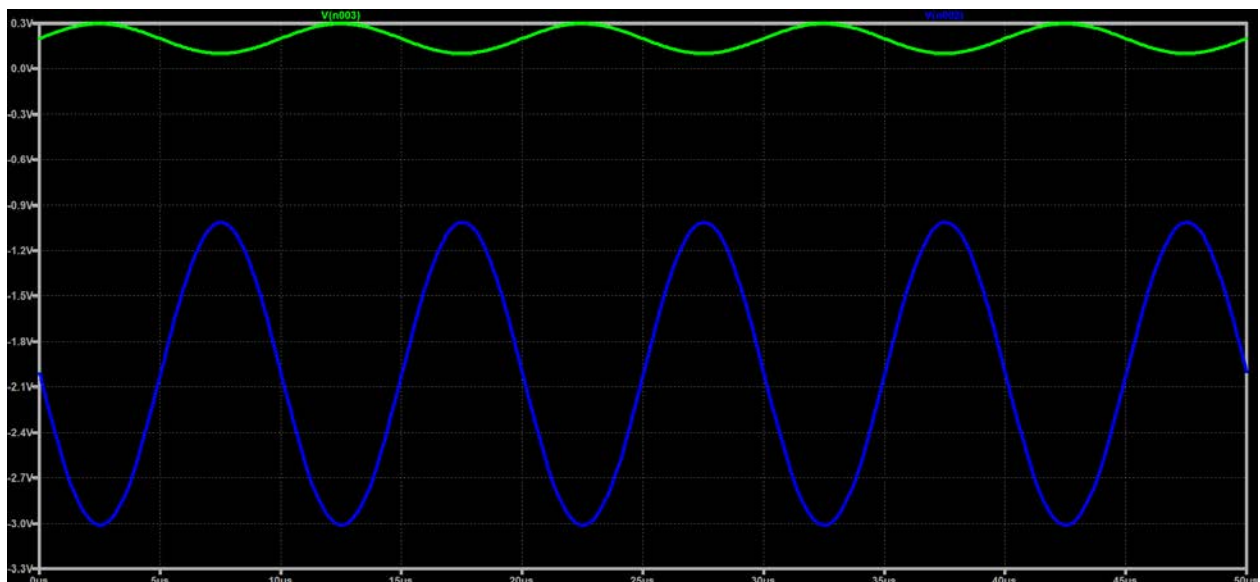
# Виконання роботи

## Інвертуючий підсилювач:

Наша схема:

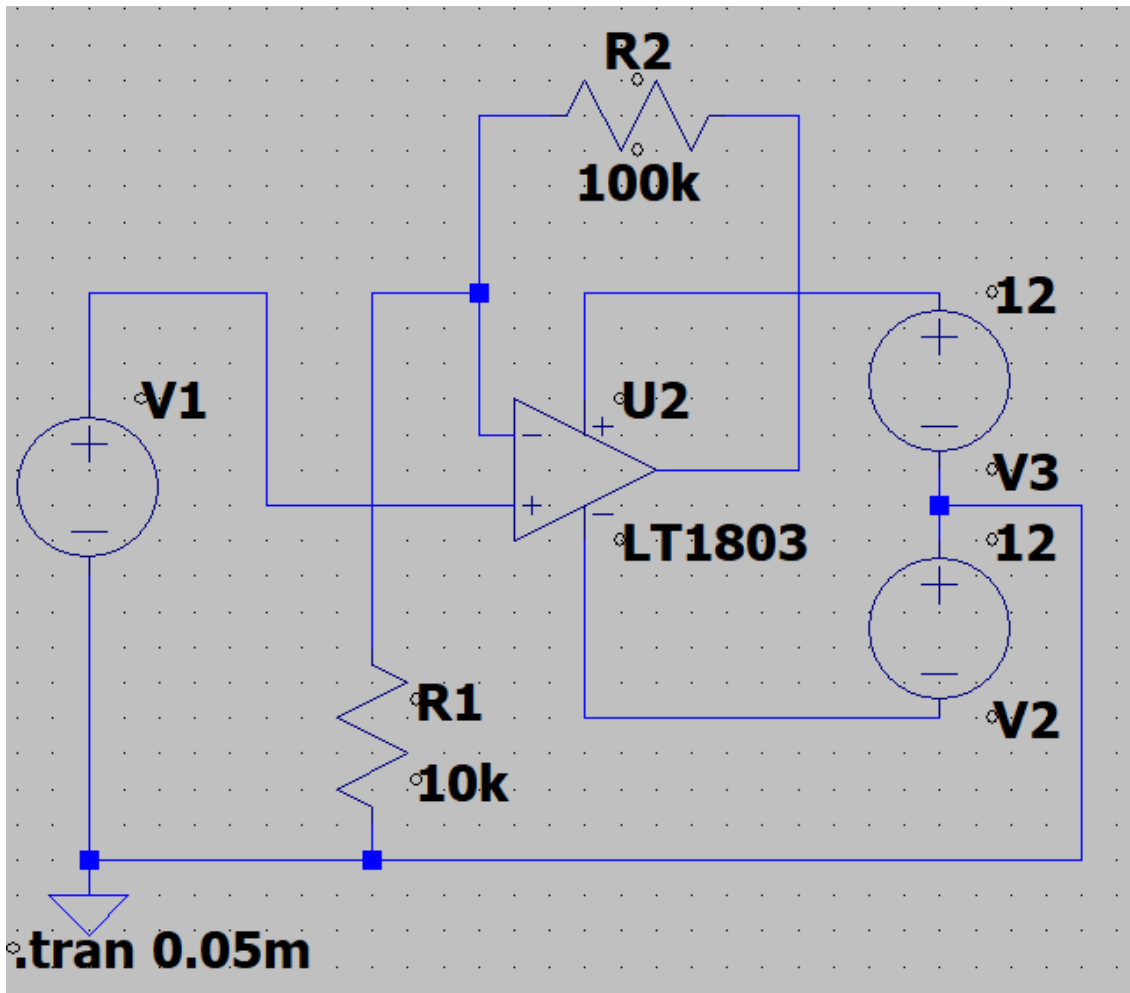


Вхідний та вихідний сигнали:

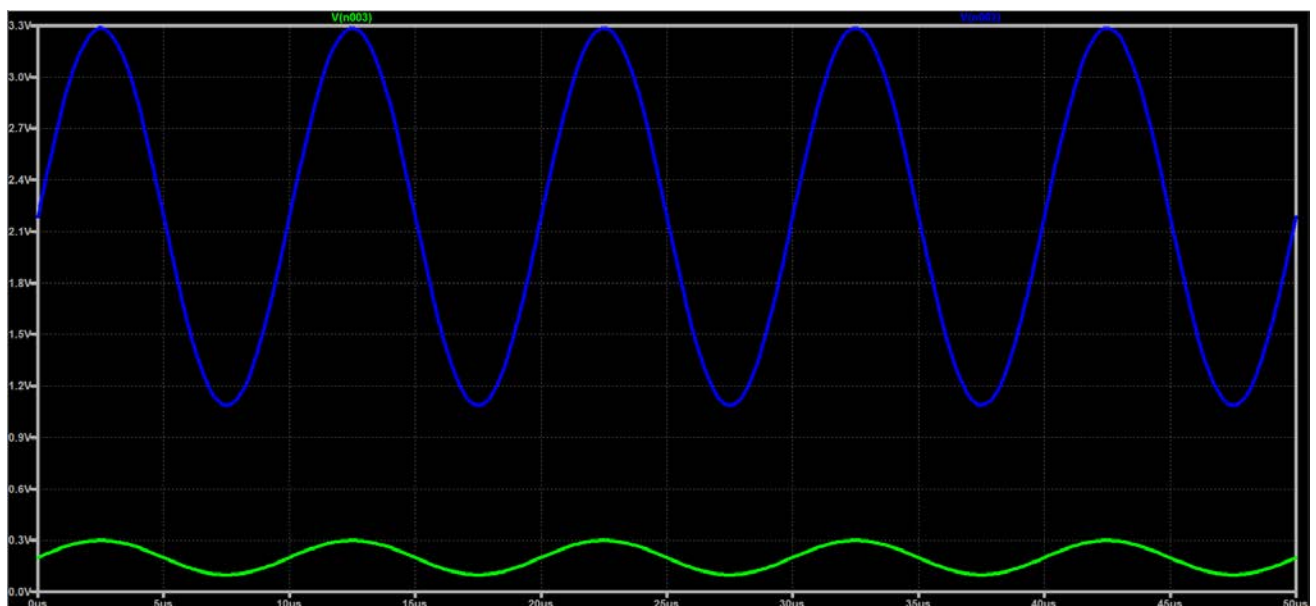


## Неінвертуючий підсилювач:

Наша схема:

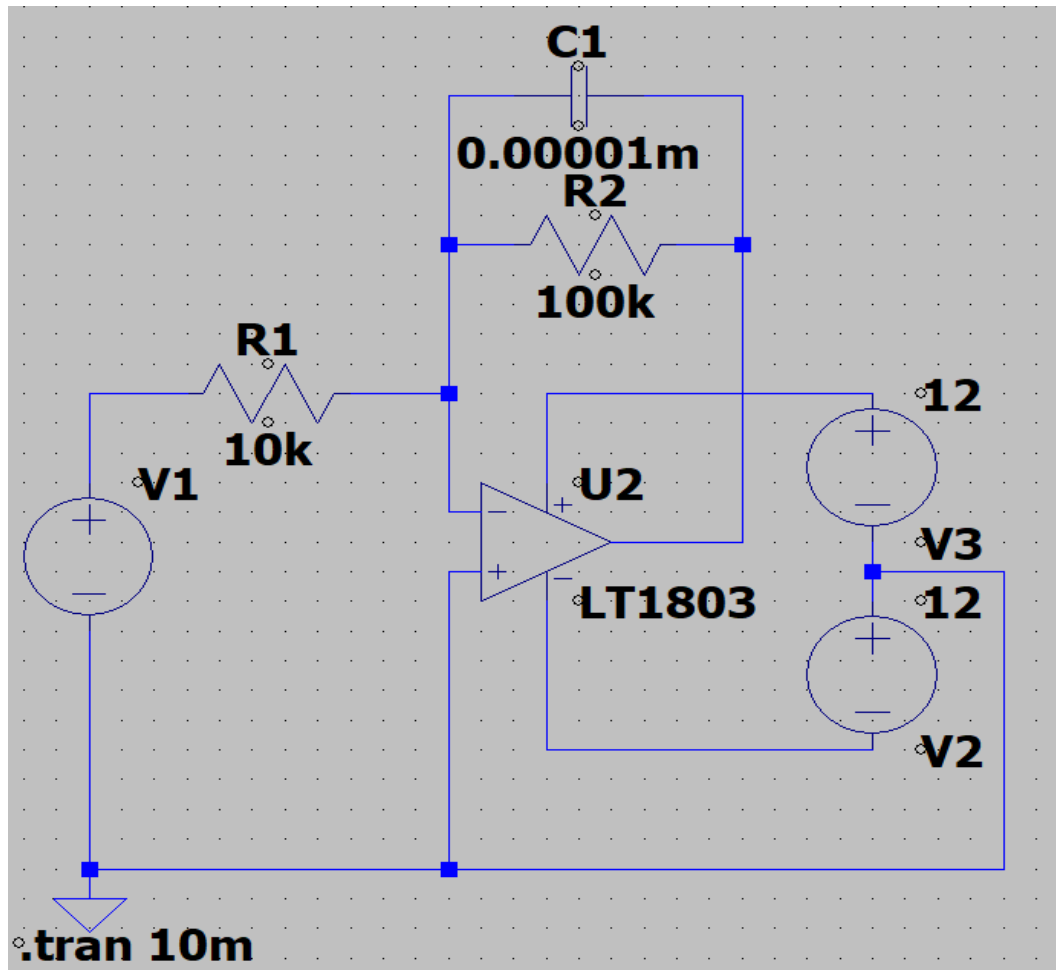


Вхідний та вихідний сигнали:

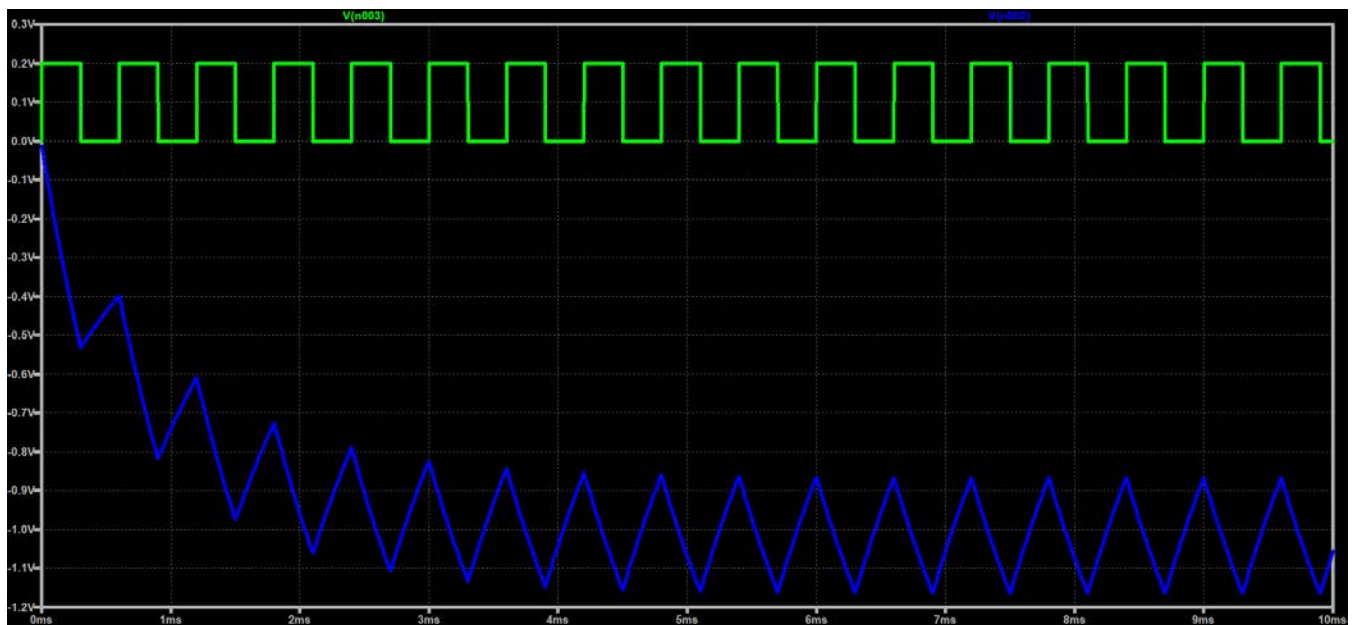


## Інтегратор на базі інвертуючого підсилювача:

Наша схема:



Вхідний та вихідний сигнали:





# Висновки

В цій роботі ми дослідили як змінюється сигнал після проходження різних типів операційних підсилювачів з негативним зворотнім зв'язком. Були розглянуті такі типи: інвертувальний, неінвертуючий підсилювачі та інтегратор на базі інвертуючого підсилювача. Для дослідження перших двох типів використовувався гармонічний сигнал, для інтегратора — імпульсний.

Отримані нами результати, а саме зміна фази та структура сигналу повністю відповідають очікуванім.

## Джерела

- Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету. Слободянюк О.В.
- Вивчення радіоелектронних схем методом комп'ютерного моделювання. Ю. О. Мягченко