

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені  
ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Моралес К.Д.**

**ЗВІТ**

**ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ З НЕГАТИВНИМ  
ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ**

**Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021**

УДК 001.002 (008.21)

ББК 73Ц

I-72

**Укладач:** Моралес К.Д

I-72 Звіт. Операційні підсилювачі з негативним зворотним зв'язком./ укл. К.Д. Моралес

– К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – с. (Укр. мов.)

Наведено загальний звіт виконання роботи з моделювання електронних схем у програмі NI Multisim™.

## **Зміст**

<b>Вступ</b>	4
<b>Теоретичні відомості</b>	5
<b>Практична частина</b>	7
I. Неінвертувальний підсилювач	7
II. Інвертувальний підсилювач	8
III. Диференціатор	9
IV. Інтегратор	10
<b>Висновок</b>	11

## **Вступ**

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.

Метод вимірювання – це метод співставлення: одночасне спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів.

## Теоретичні відомості

**Операційний підсилювач** – 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.

**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  $\Phi = 180$  гр), то зворотний зв'язок називають негативним (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу ( $\Phi = 0$  гр), то такий зворотний зв'язок називають позитивним (ПЗЗ).

Основною інтегральною мікросхемою для створення аналогових електронних пристроїв є операційний підсилювач (ОП). ОП являє собою 98 мікросхему, що за своїми розмірами і ціною практично не відрізняється від окремого транзистора, хоча вона й містить кілька десятків транзисторів, діодів і резисторів

Завдяки практично ідеальним характеристикам ОП реалізація на їх основі різних схем виявляється значно простішою і дешевшою, ніж на окремих транзисторах і резисторах.

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:

- нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ( $K \rightarrow \infty$ );
- нескінченний вхідний імпеданс ( $Z_{вх} \rightarrow \infty$ );
- нульовий вихідний імпеданс ( $Z_{вих} = 0$ );

- рівну нулевій напругу на виході ( $U_{\text{вих}} = 0$ ) при рівності напруг на вході ( $U_{\text{вх1}} = U_{\text{вх2}}$ );
- 5) нескінченний діапазон робочих частот

Характеристики реального ОП не такі ідеальні, як хотілося б. Однак, для практичних цілей ці характеристики близькі до ідеальних: коефіцієнт підсилення для низьких частот (за постійним струмом)  $K > 10^4$ ; вхідний опір  $R_{\text{вх}} > 10^6$  Ом; вихідний опір  $R_{\text{вих}} < 10^2$  Ом; коефіцієнт підсилення падає до 1 на частоті порядку  $10^6$  Гц (1 МГц); напруга зміщення  $U_{\text{зм}}$  (визначається як напруга, яку потрібно подати на вхід ОП, щоб вихідна напруга стала рівною нулевій) для більшості ОП не перевищує 10 мВ, а для прецизійних – 10 мкВ.

# Практична частина

## I. Неінвертувальний підсилювач

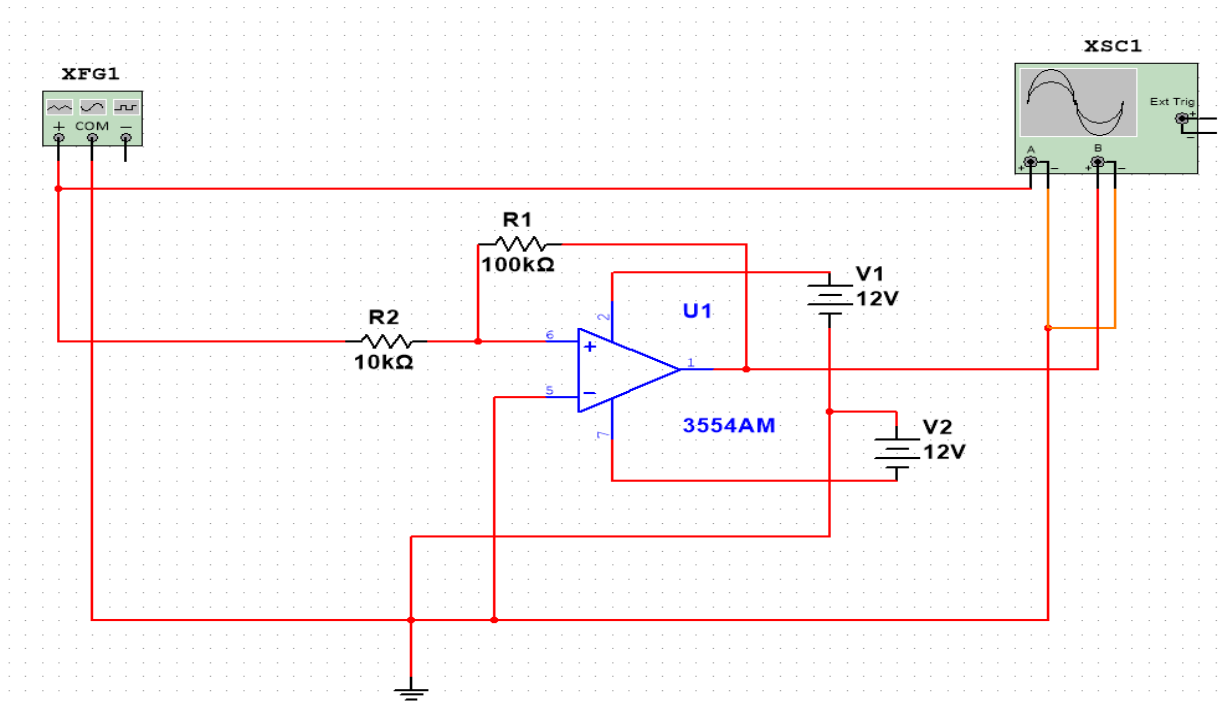


рис. 1. Схема неінвертувального підсилювача

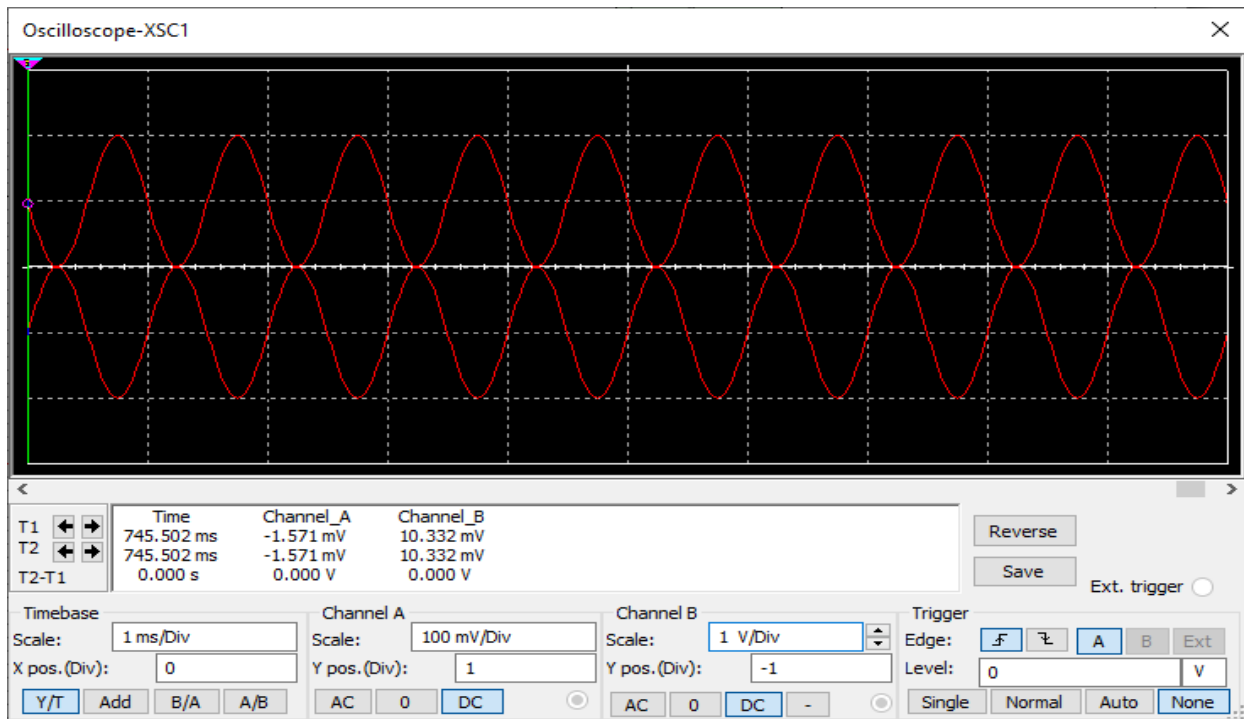


рис. 2. Напрягу на вході та на виході

## II. Інвертувальний підсилювач

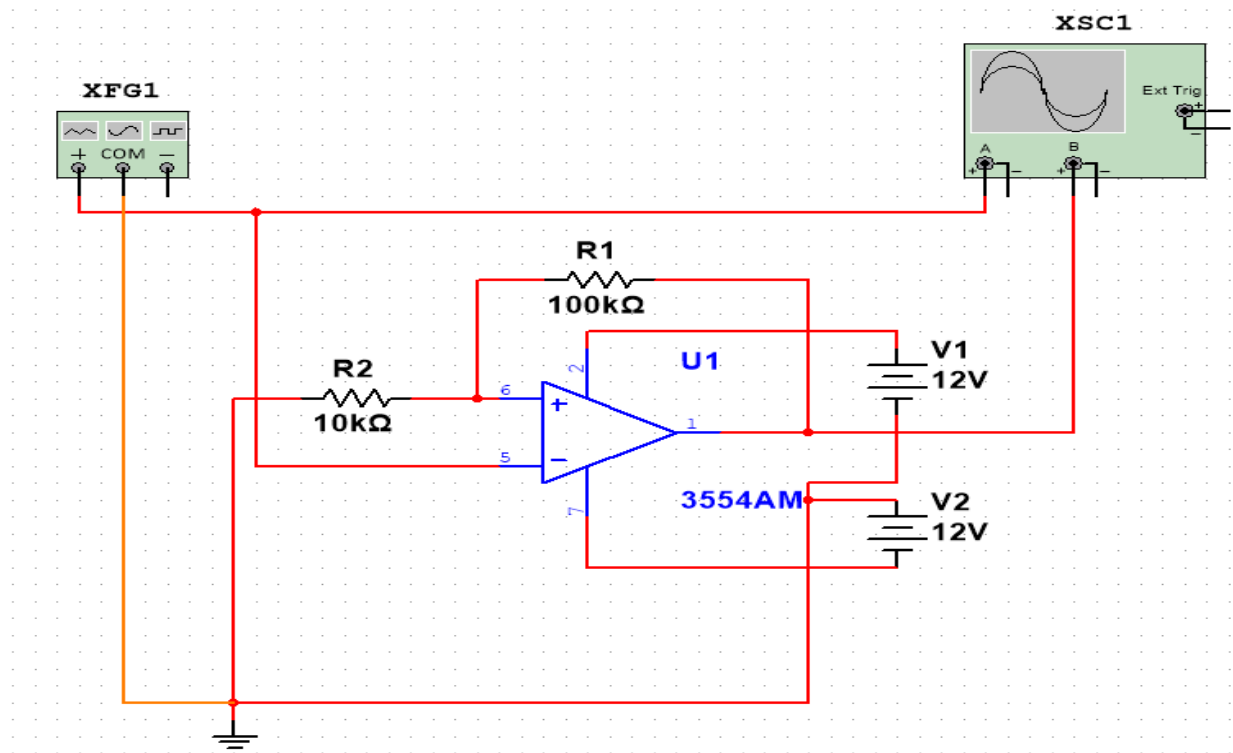


рис. 3. Схема інвертувального підсилювача

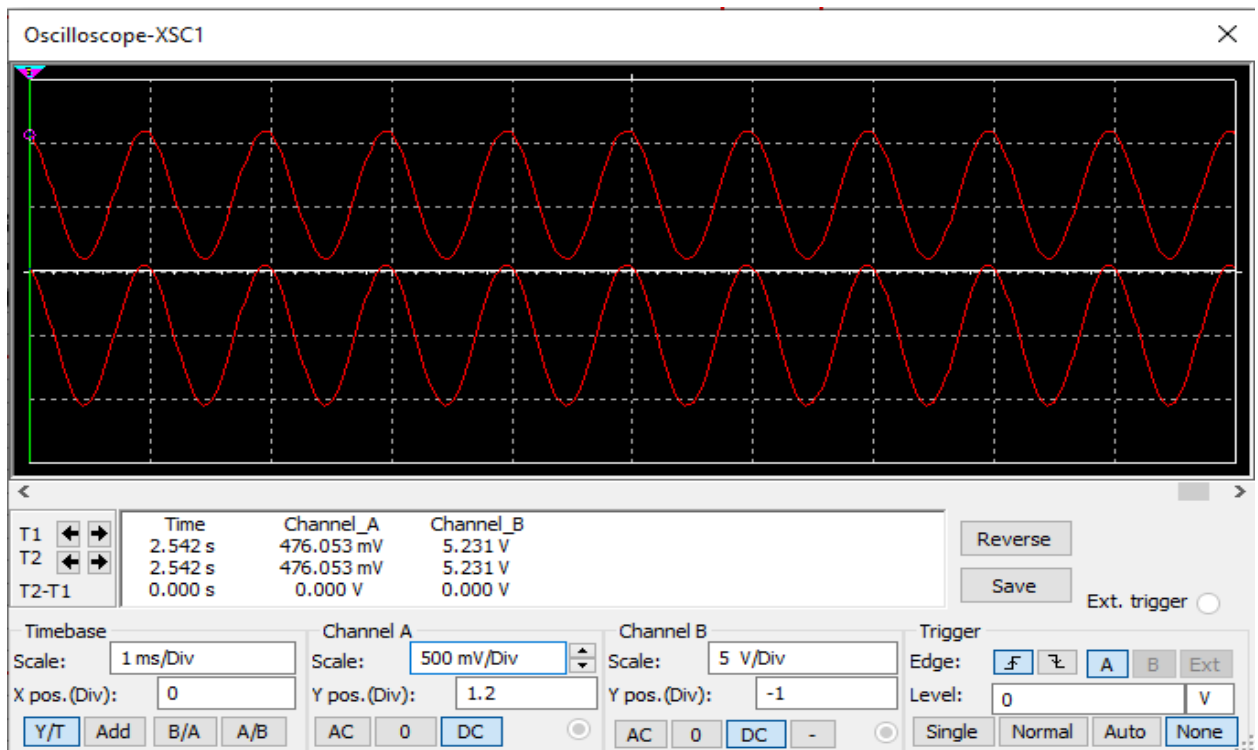


рис. 4. Напруга на вході та на виході



### III. Диференціатор

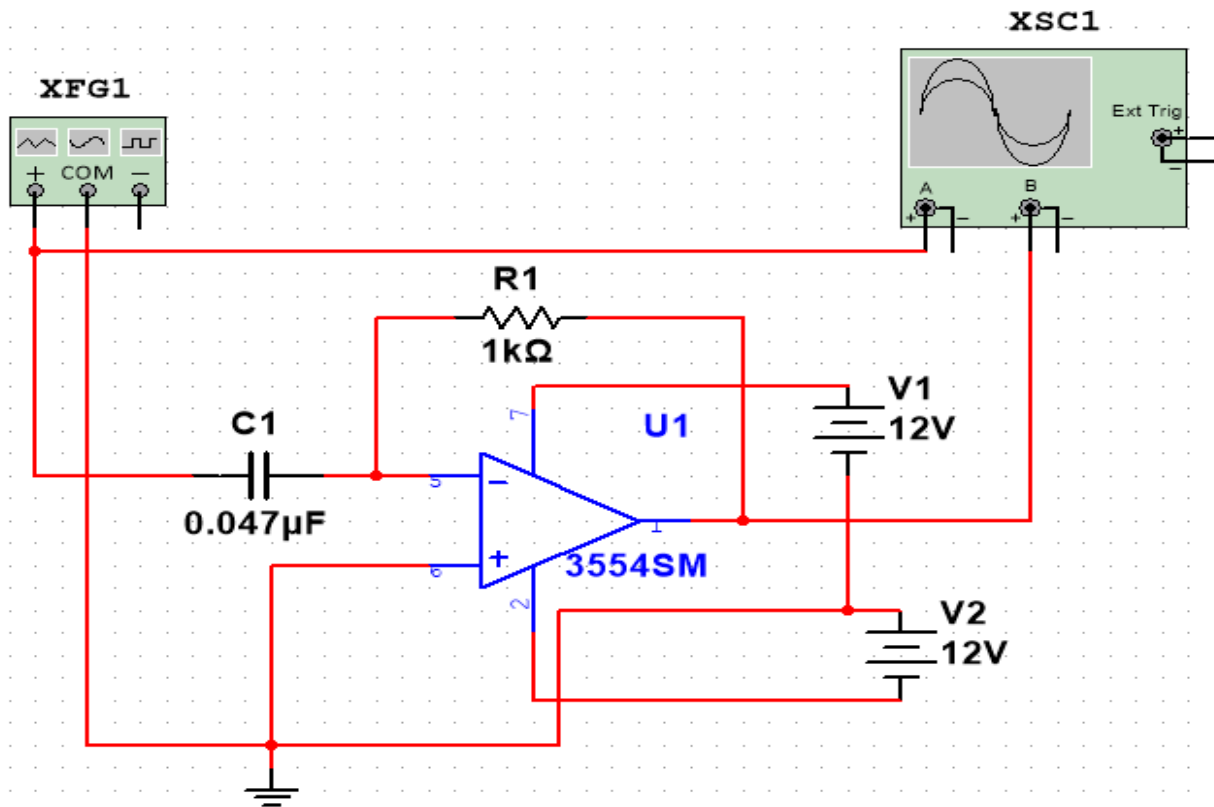


рис. 5. Схема диференціатора

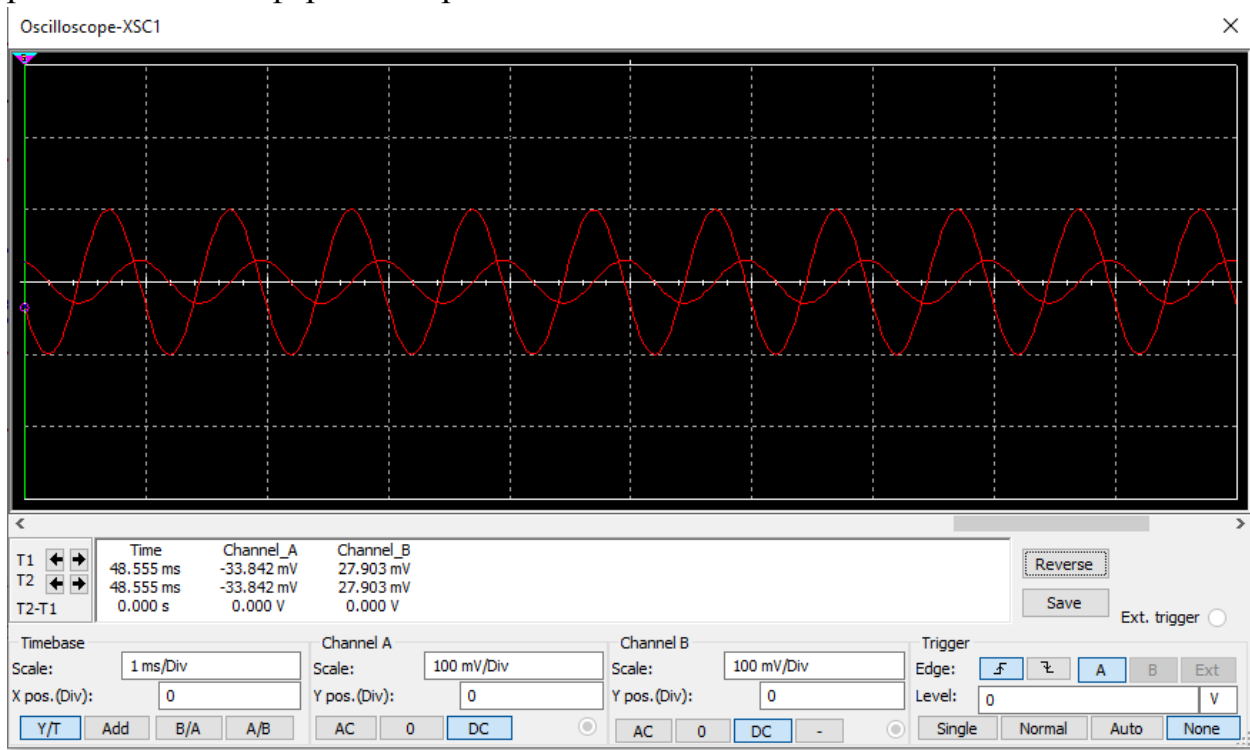


рис. 6. Напряга на вході і на виході

#### IV. Інтегратор

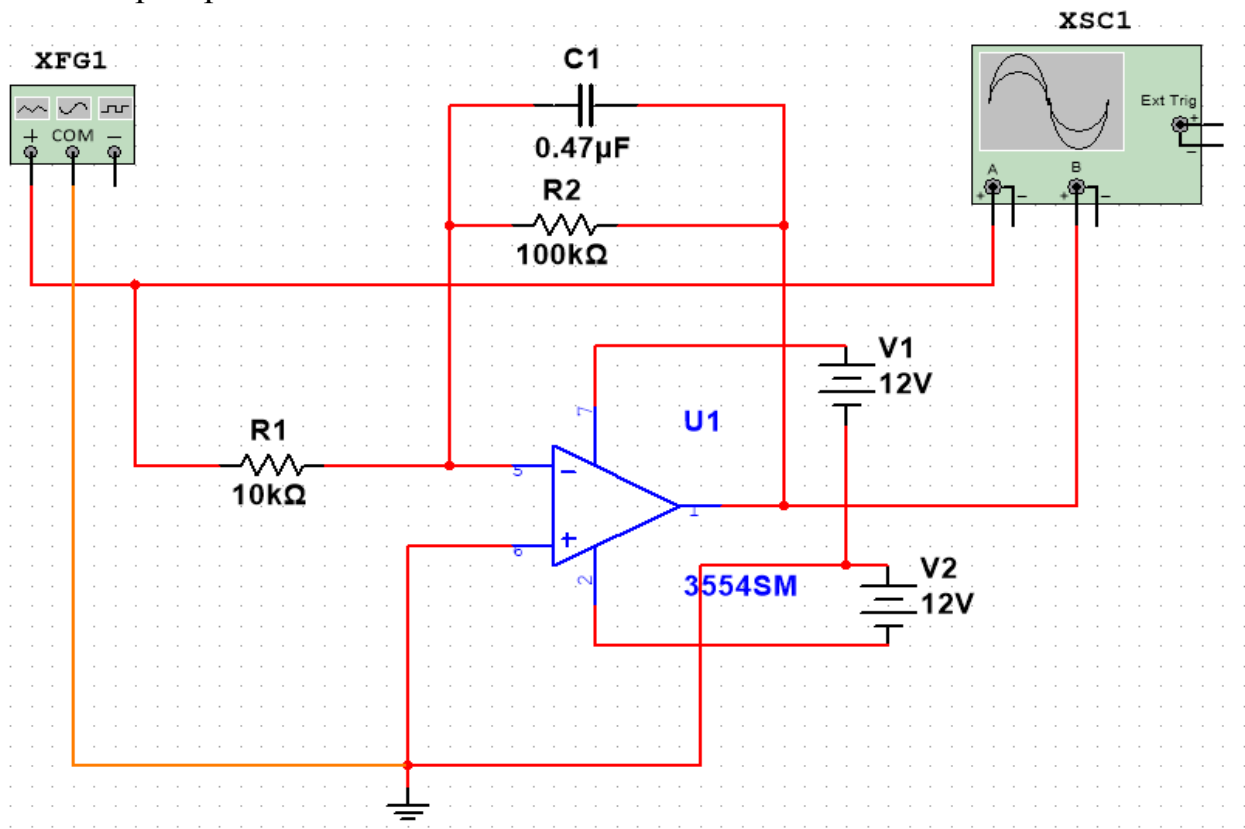


рис. 7. Схема інтегратора

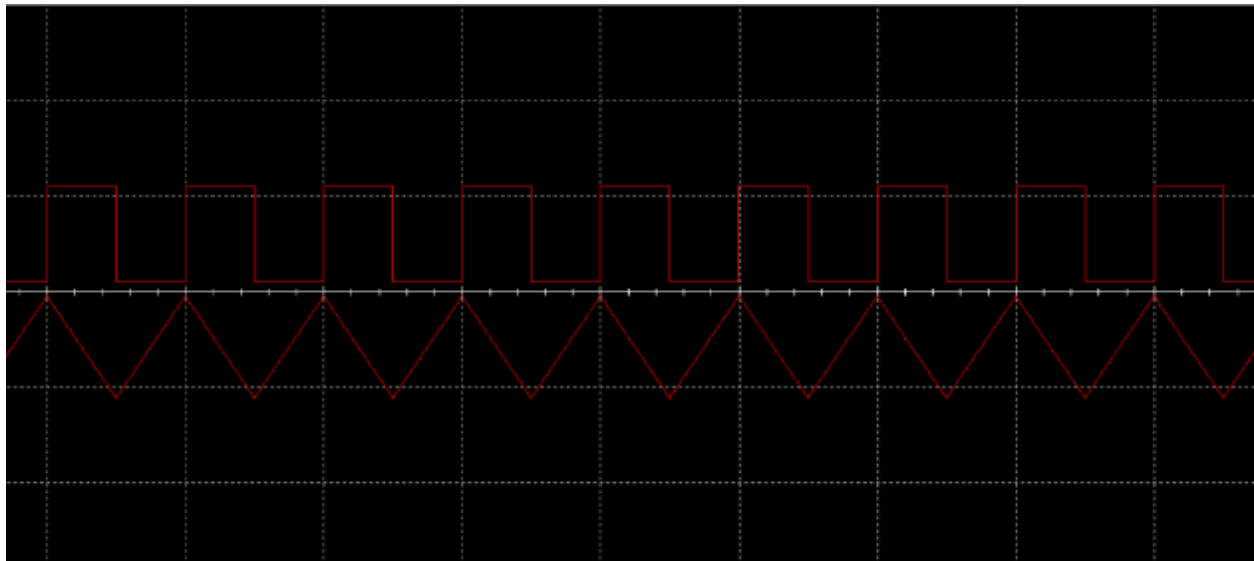


рис.8. Напряга на вході та на виході

## **Висновок**

У цій роботі ми провели аналіз операційних підсилювачів з негативним зворотним зв'язком, використовуючи метод співставлення, яке полягає в одночасному співставленні вхідного та вихідного сигналу. Під час дослідження ми розглянули чотири типи ОП, а саме: інвертувальний, неінвертувальний, диференціатор та інтегратор.