

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. ТАРАСА**  
**ШЕВЧЕНКА**

**Бєльський І.О.**

# **ЗВІТ**

**Операційні підсилювачі з негативним зворотнім зв'язком**

**Київ. КНУ ім. Т. Шевченка, 2021**

## РЕФЕРАТ

Звіт до ЛР №5: 10 с., 6 рис., 2 джерела.

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.

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

## ЗМІСТ

Теоретичні відомості.....	4
Виконання роботи.....	5
Висновок.....	10
Джерела.....	10

## 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 (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).

### ОП як інтегральна мікросхема.

У сучасній електроніці для конструювання різних електронних пристроїв (підсилювачів, детекторів, перетворювачів і т. д.) використовуються інтегральні мікросхеми. Шляхом комутації (створення певних електричних з'єднань) виводів інтегральних мікросхем і додавання кількох зовнішніх дискретних елементів (резисторів, конденсаторів, діодів і т. п.) вдається створити великий набір різноманітних електронних схем на основі одєї і тієї ж мікросхеми.

Основною інтегральною мікросхемою для створення аналогових електронних пристроїв є операційний підсилювач (ОП). ОП являє собою 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:

- 1) нескінченний коефіцієнт підсилення за напругою диференціального вхідного сигналу ( $K \rightarrow \infty$ );
- 2) нескінченний вхідний імпеданс ( $Z_{in} \rightarrow \infty$ );
- 3) нульовий вихідний імпеданс ( $Z_{out} = 0$ );
- 4) рівну нулеві напругу на виході ( $U_{out} = 0$ ) при рівності напруг на вході ( $U_{in1} = U_{in2}$ );
- 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  $R_{in} > 10^6$  Ом; вихідний опір  $R_{out} < 10^2$  Ом; коефіцієнт підсилення падає до 1 на частоті порядку  $10^6$  Гц (1 МГц); напруга зміщення  $U_3$  (визначається

як напруга, яку потрібно подати на вхід ОП, щоб вихідна напруга стала рівною нулеві) для більшості ОП не перевищує 10 мВ, а для прецизійних – 10 мкВ.

Прототипом ОП може слугувати класичний диференціальний підсилювач з двома входами і несиметричним виходом.

## ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Інвертувальний підсилювач.

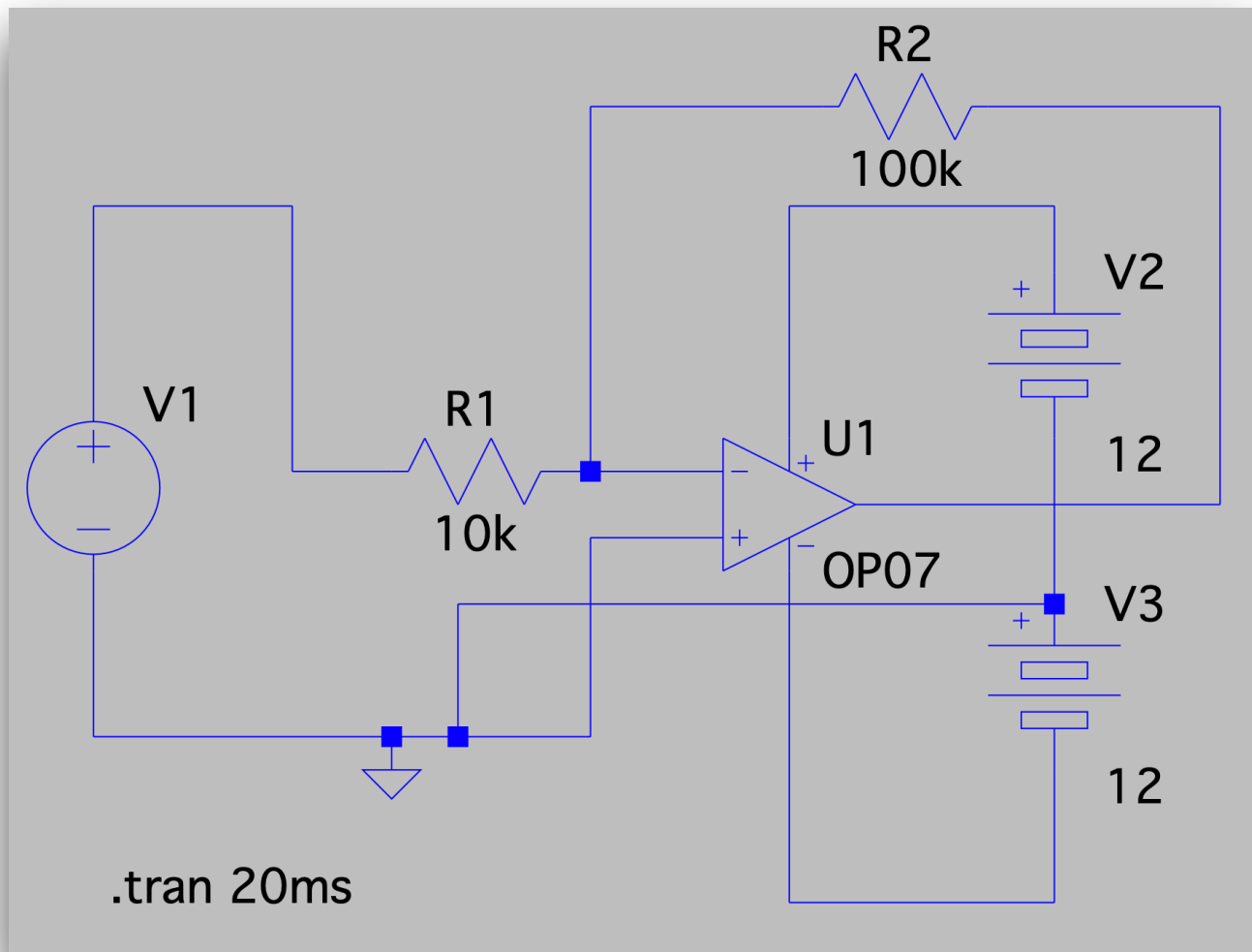


Рис. 1. Схема

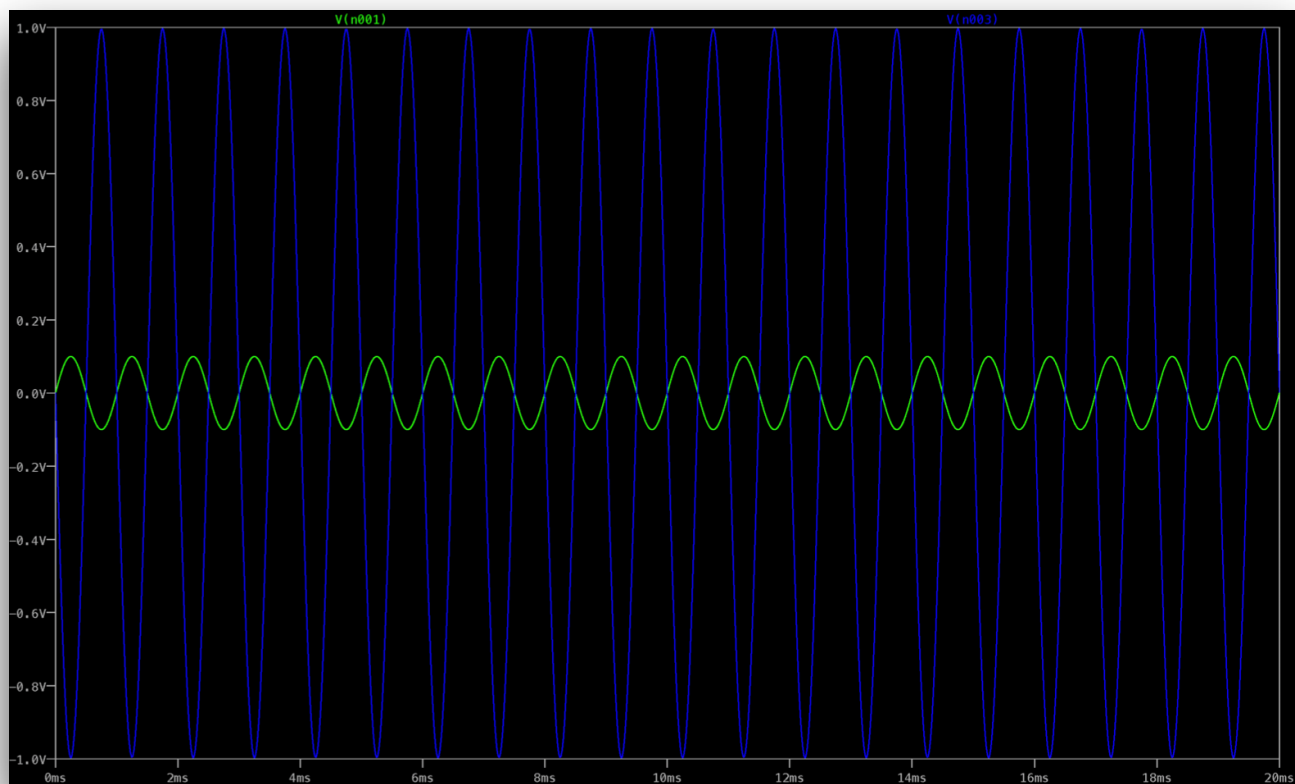


Рис. 2.  $U_{\text{вх}}(t)$ ,  $U_{\text{вих}}(t)$

Неінвертувальний підсилювач.

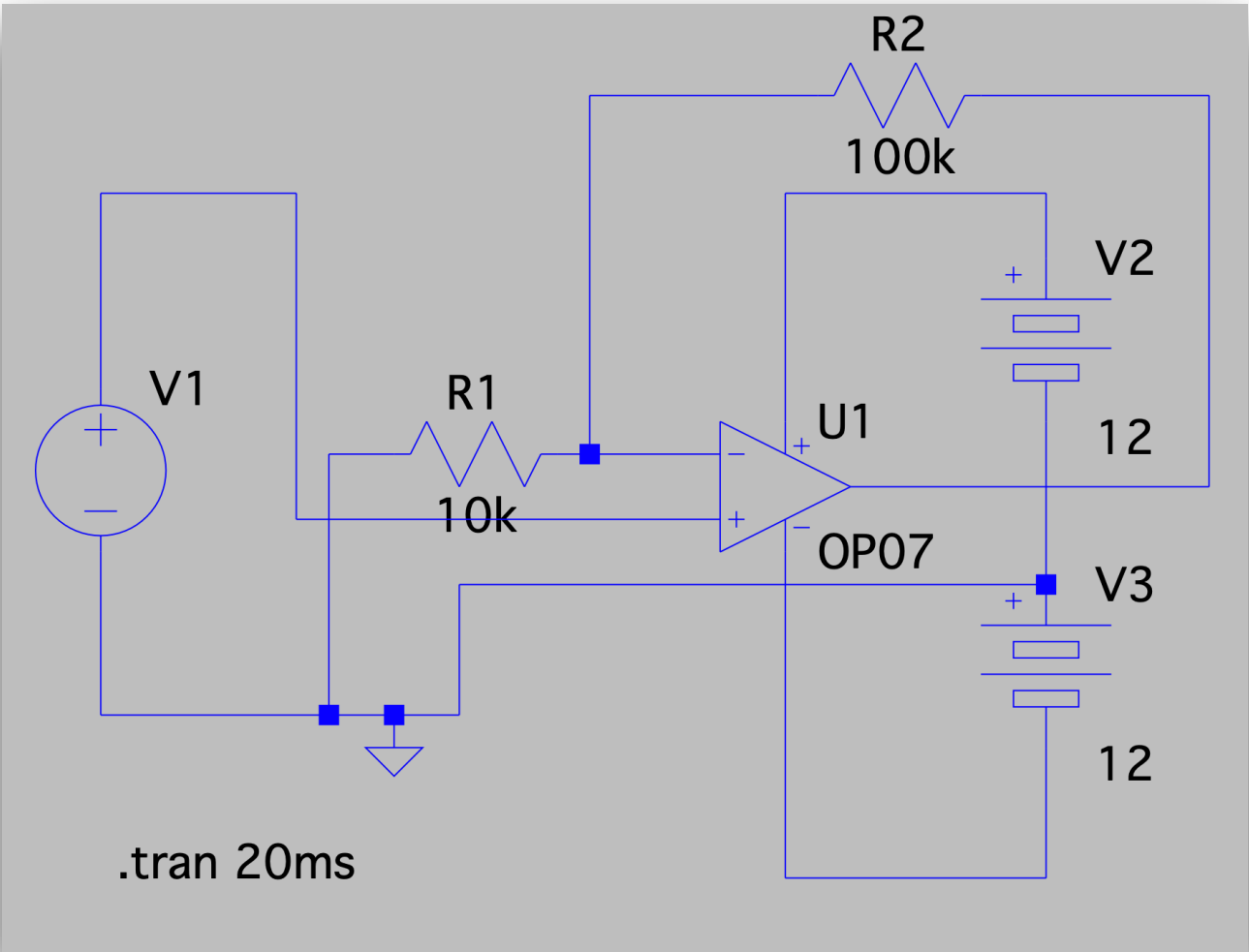


Рис. 3. Схема

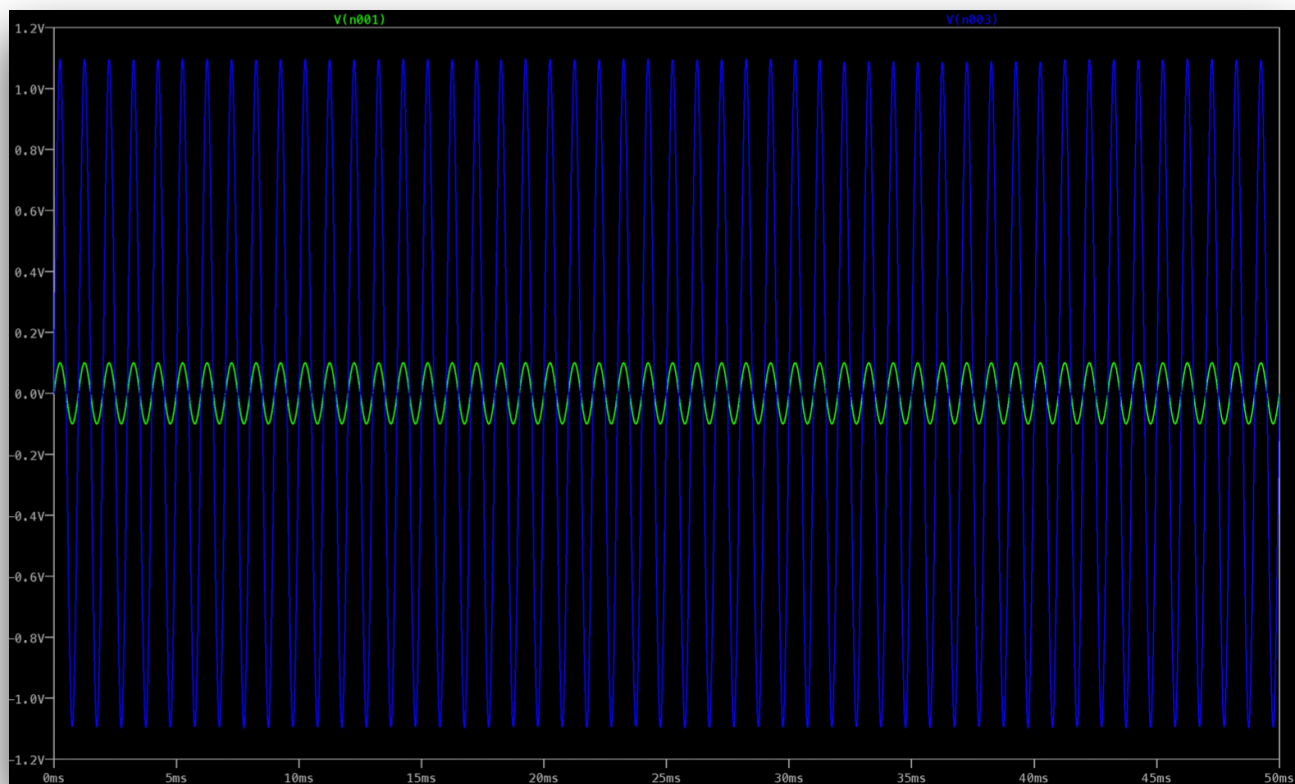


Рис. 4.  $U_{\text{вх}}(t)$ ,  $U_{\text{вих}}(t)$



Інтегратор на базі інвертувального підсилювача.

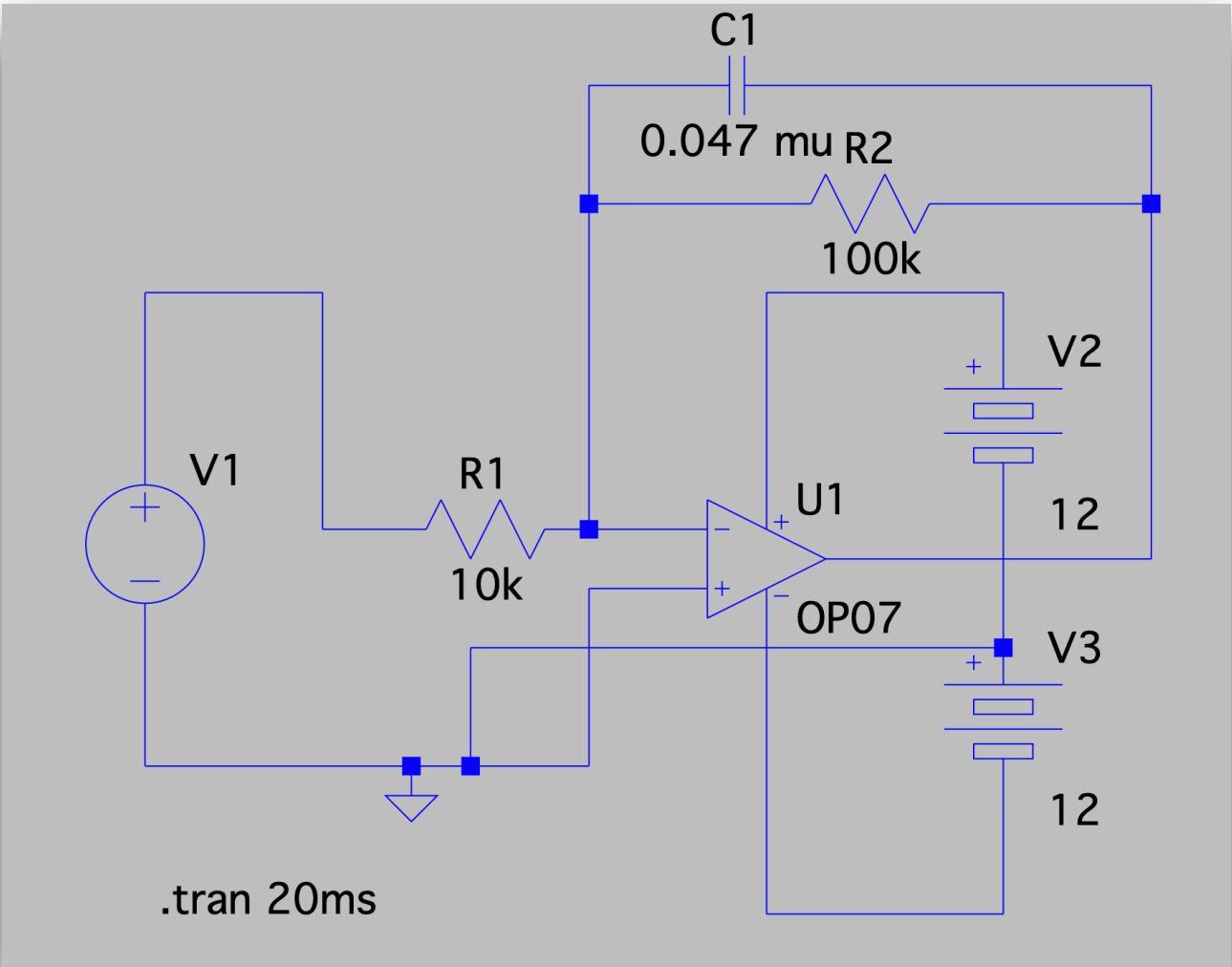


Рис. 5. Схема

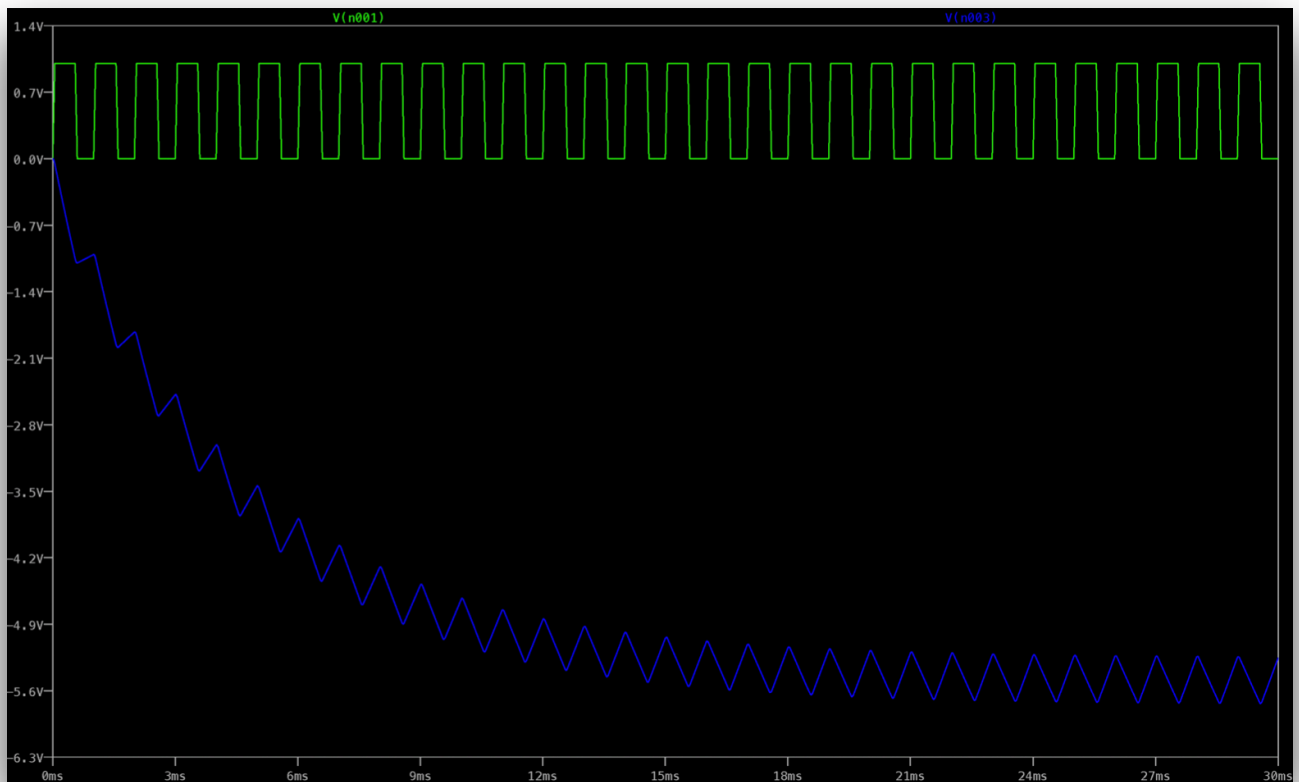


Рис. 6.  $U_{\text{вх}}(t)$ ,  $U_{\text{вих}}(t)$

## ВИСНОВОК

В ході даної лабораторної роботи нам вдалось дослідити ВАХ операційних підсилювачів. При дослідженні використовувались інвертувальний, неінвертувальний підсилювач та інтегратор на базі інвертувального підсилювача. Для дослідження перших двох типів використовувався гармонічний сигнал, для інтегратора — імпульсний. Перевірили зміну фаз на вході та виході з кожного ОП.

## ДЖЕРЕЛА

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк.
2. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.