

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ЗВІТ
ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №6
ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ З НЕГАТИВНИМ
ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Київ 2021

УДК 001.006 (004.21)

ББК 73Ц

I-72

Укладачі: П.З. Волошин

I-72 Звіт до лабораторної роботи №6. Операційні підсилювачі з негативним зворотним зв'язком./ укл. П.З. Волошин. – К. : КНУ ім. Т. Шевченка, 2021. – 11 с. (Укр. мов.)

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

УДК 001.006 (004.21)

ББК 73Ц

© Київський Національний Університет імені Тараса Шевченка, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	5
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	6
2.1. Інвертувальний підсилювач.....	6
2.2. Неінвертувальний підсилювач	7
2.3. Інтегратор.....	9
ВИСНОВКИ.....	10
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	11

ВСТУП

Звіт про способи підсилення електричних сигналів за допомогою операційного підсилювача: 11 с., 9 рис..

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'єктом дослідження є операційні підсилювачі.

Предмет дослідження: теоретичні основи, принципи роботи, фізичний зміст і застосування операційних підсилювачів.

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

ОПЕРАЦІЙНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ, ОП, ІНТЕГРАЛЬНІ МІКРОСХЕМИ, ЕЛЕКТРОННИЙ СИГНАЛ, НЕГАТИВНИЙ ЗВОРОТНИЙ ЗВ'ЯЗОК, MULTISIM.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Операційний підсилювач – це 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 ($Z_{\text{вх}} \rightarrow \infty$);
- 3) нульовий вихідний імпеданс ($Z_{\text{вих}} = 0$);
- 4) рівну нулеві напругу на виході ($U_{\text{вих}} = 0$) при рівності напруг на вході ($U_{\text{вх1}} = U_{\text{вх2}}$);
- 5) нескінченний діапазон робочих частот.

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). ОП – основна інтегральна мікросхемою для створення аналогових електронних пристроїв.

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, то зворотний зв'язок називають негативним (НЗЗ). Якщо ж він подається на вхід у фазі до вхідного сигналу, то такий зворотний зв'язок називають позитивним (ПЗЗ).

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

2.1. Інвертувальний підсилювач.

Для моделювання інвертувального підсилювача було використано наступну схему, що на рисунку 1. Вона містить операційний підсилювач, два резистора номіналом 10 кОм і 100 кОм, генератор сигналів та осцилограф. Параметри генератора та осцилографа, на який ми виводили вхідний та вихідний сигнали, наведені на рисунку 2 а) та б).

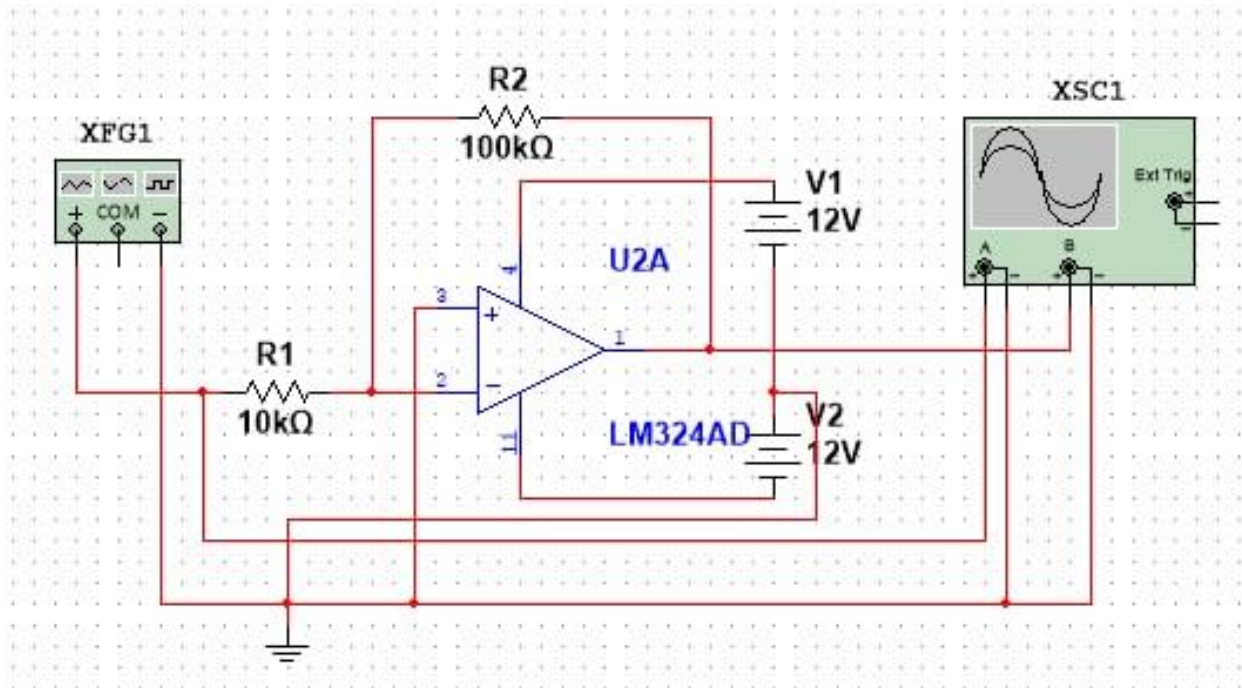
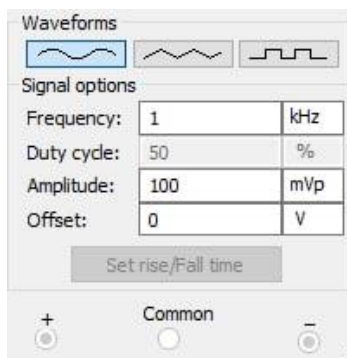
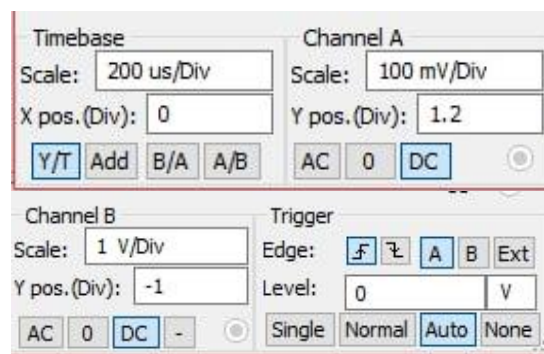


Рисунок 1. Схема під'єднання інвертувального підсилювача.



а)



б)

Рисунок 2. Параметри а) генератора та б) осцилографа.

На екрані осцилографа ми отримали картину, наведену на рисунку 3. Оскільки графіки приблизно однакові за амплітудою, але їхнє масштабування різниться в 10 разів, то можна сказати, що амплітуда вихідного сигналу збільшилася в 10 разів.

Також назва *інвертувального* підсилювача себе виправдала, оскільки ми бачимо зсув фази в π радіан для вихідного сигналу.

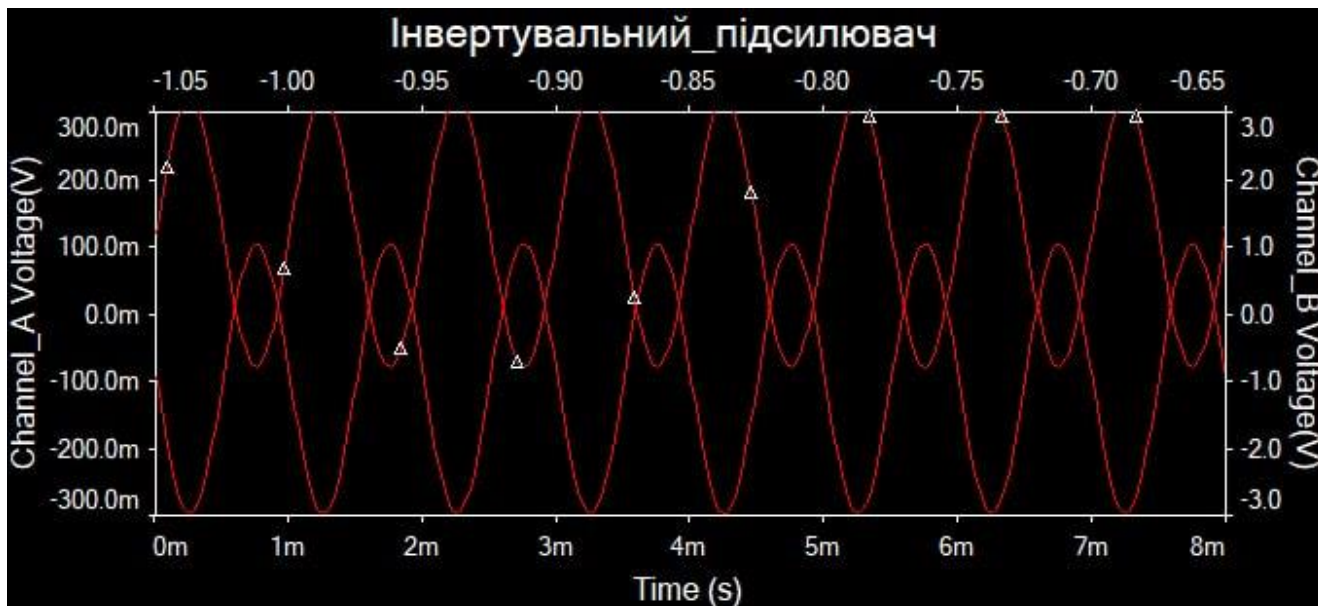


Рисунок 3. Графік залежності вхідного та вихідного сигналу інвертувального підсилювача від часу.

2.2. Неінвертувальний підсилювач.

Для моделювання неінвертувального підсилювача ми використали наступну схему, яка містить операційний підсилювач, два резистора номіналом 10 кОм і 100 кОм, генератор сигналів та осцилограф (див. рис. 4). Параметри генератора

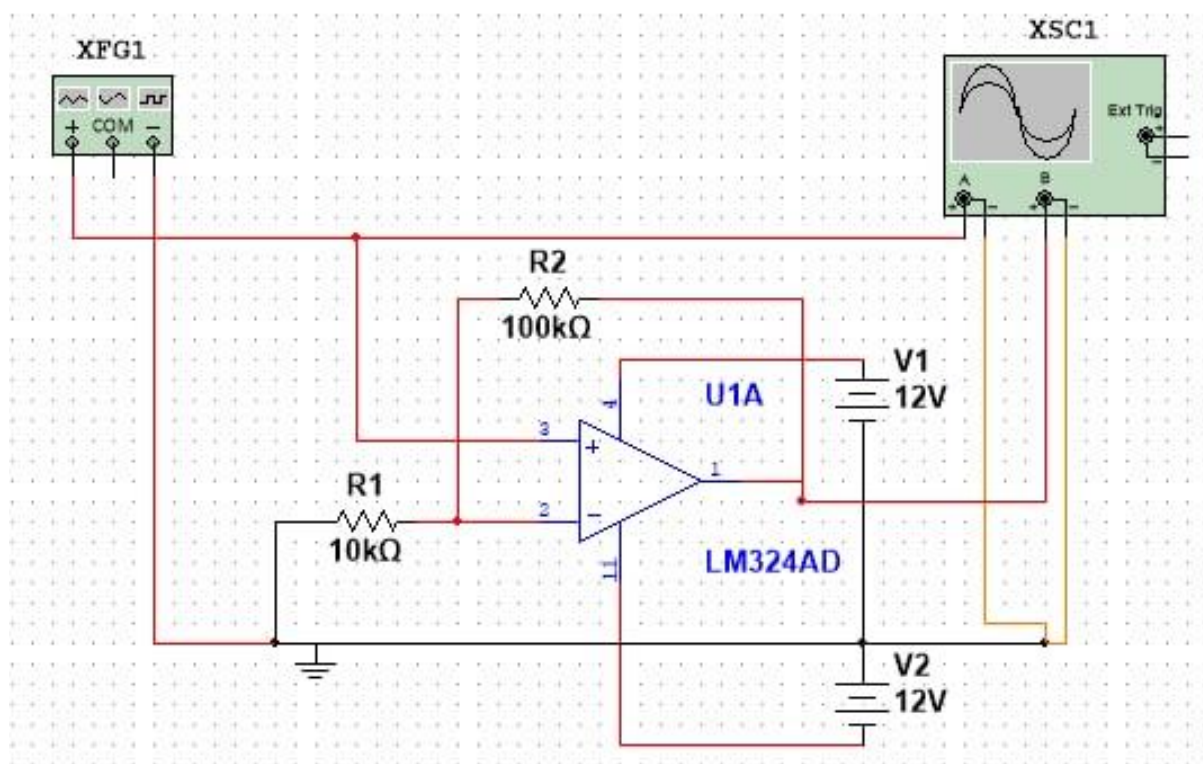


Рисунок 4. Схема під'єднання неінвертувального підсилювача.

сигналів та осцилографа, на який ми виводили вхідний та вихідний сигнал, наведені на рисунку 5 а) і б).

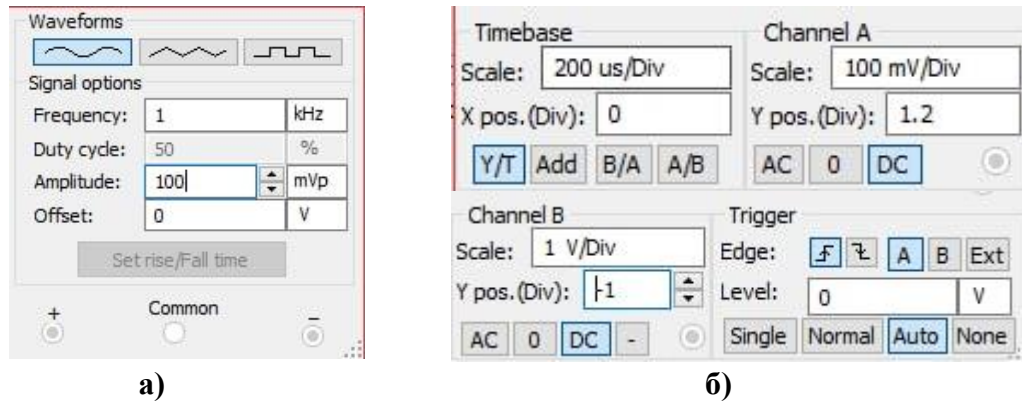


Рисунок 5. Параметри а) генератора сигналів та б) осцилографа.

На екрані осцилографа ми отримали картину, наведену на рисунку 6. Оскільки графіки приблизно однакові за амплітудою, але їхнє масштабування різниться в 10 разів, то можна сказати, що амплітуда вихідного сигналу збільшилася в 10 разів. Також назва *неінвертувального* підсилювача себе виправдала, оскільки ми не спостерігаємо зсув фази для вихідного сигналу.

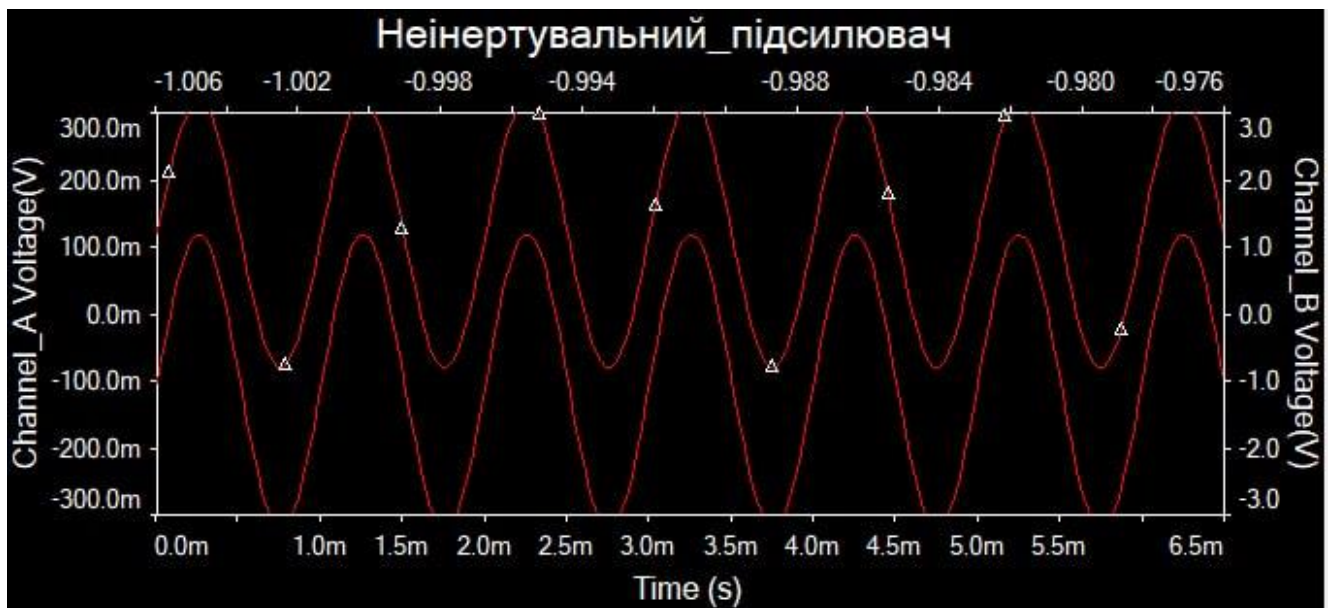


Рисунок 6. Графік залежності вхідного та вихідного сигналу неінвертувального підсилювача від часу.

2.3. Інтегратор.

Для моделювання інтегратора на базі інвертувального підсилювача ми використали наступну схему, яка містить операційний підсилювач, два резистора номіналом 10 кОм і 100 кОм, конденсатор ємністю 0,047 мкФ, генератор сигналів та осцилограф (див. рис. 7). Параметри генератора сигналів та осцилографа, на який ми виводили вхідний та вихідний сигнал, наведені на рисунках 8 а) і б).

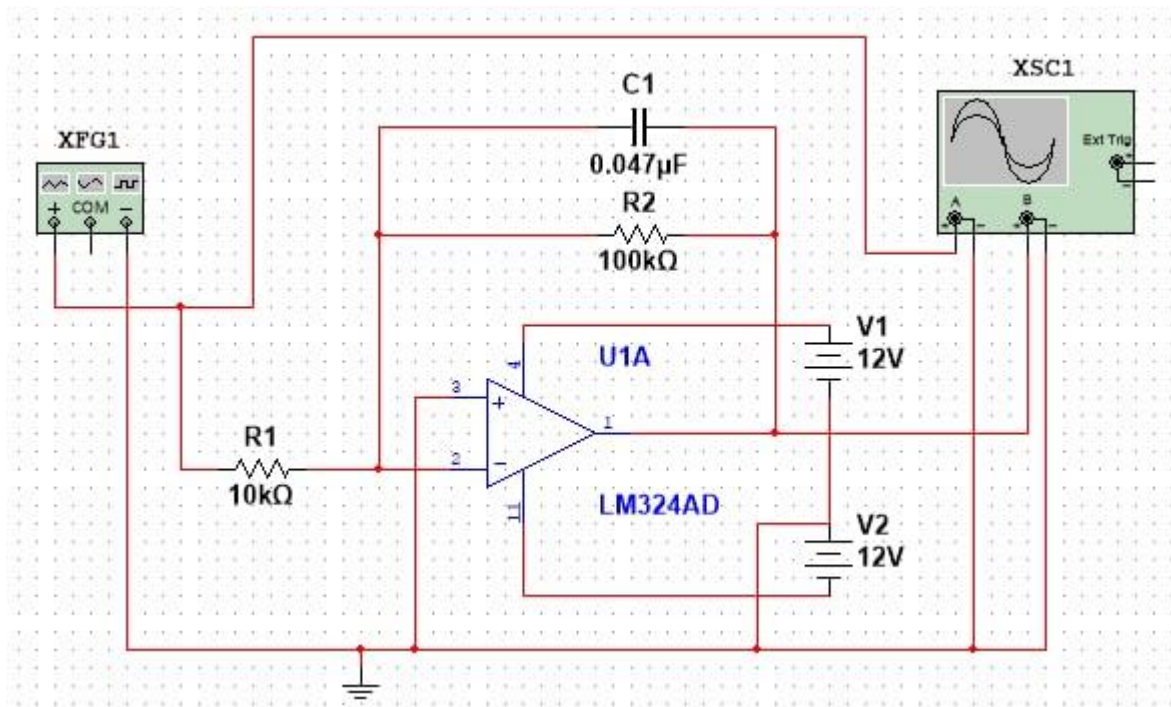
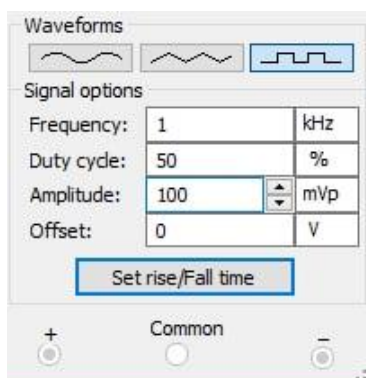
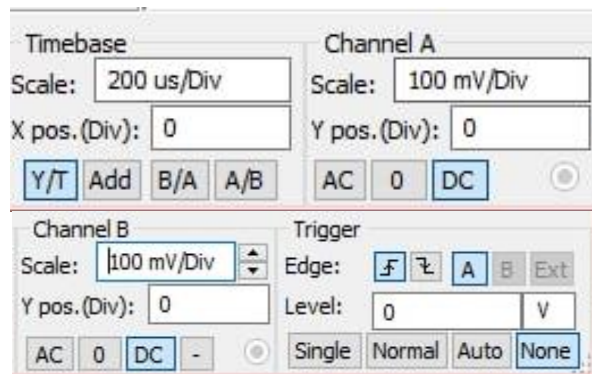


Рисунок 7. Схема під'єднання інтегратора.



а)



б)

Рисунок 8. Параметри а) генератора сигналів та б) осцилографа.

На екрані осцилографа ми отримали картину, наведену на рисунку 9. Очевидно, що інтегралом періодичної імпульсної функції є періодична пилкоподібна функція. Ми це й отримуємо на нашому екрані через певний час. На

початку часової прямої вихідний сигнал має таку ж форму, але спадає експоненціально до усталеної первісної функції вхідного сигналу.

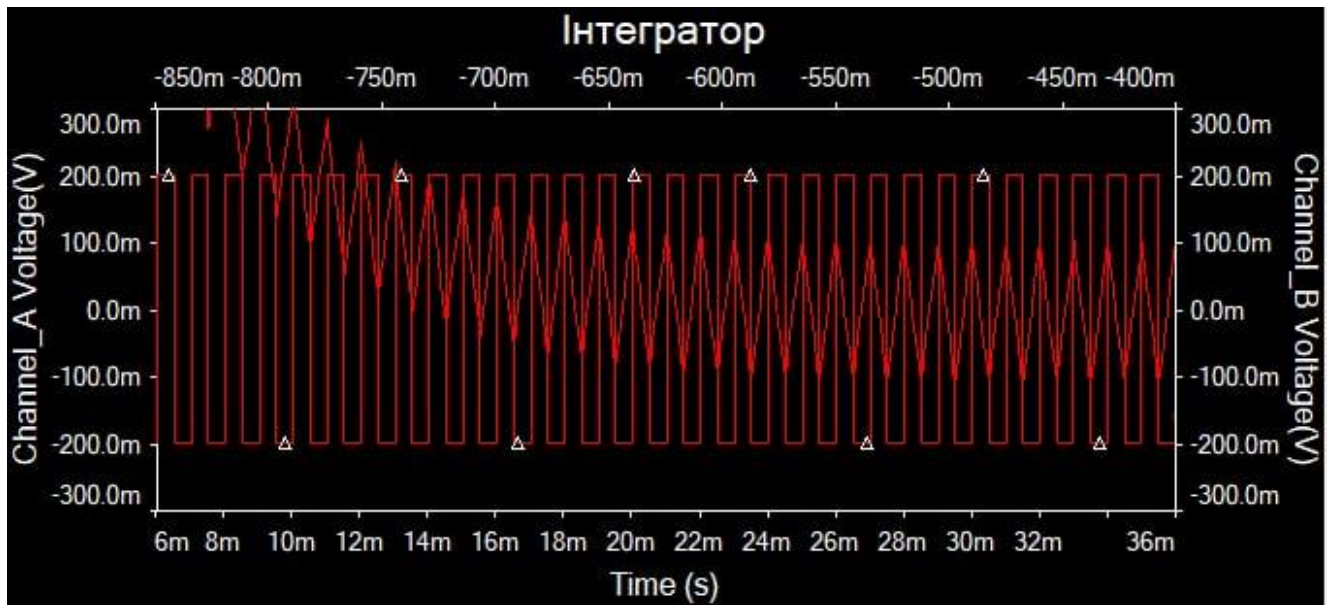


Рисунок 9. Графік залежності вхідного та вихідного сигналу інтегратора від часу.

ВИСНОВКИ

У ході цієї лабораторної роботи ми ознайомилися з властивостями операційних підсилювачів, опанували способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охопленим негативним зворотним зв'язком та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП. Дізналися основні характеристики ОП та призначення різних видів підсилювачів. Серед них були: 1) *підсилювач напруги* (послідовний НЗЗ за напругою); 2) *перетворювач струм-напруга* (паралельний НЗЗ за напругою); 3) *перетворювач напруга-струм* (послідовний НЗЗ за струмом); 4) *підсилювач струму* (паралельний НЗЗ за струмом). У ході моделювання наочно переконалися у дії підсилювача напруги реалізованого як інвертувальний (зміна фази), неінвертувальний (зміни фази не спостерігалось) та інтегратора (сигнал на виході — інтеграл від сигналу на вході). В даному випадку вихідний сигнал набував усталеної форми через 30 мілі секунд. Коло НЗЗ інтегратора на основі ОП складає інтегрувальну RC-ланку – фільтр нижніх частот (вихідна напруга знімається з конденсатора).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк,
2. Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с.
3. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.