

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КИЇВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ТАРАСА  
ГРИГОРОВИЧА ШЕВЧЕНКА  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗВІТ**

до лабораторної роботи №7:

**«ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ З ПОЗИТИВНИМ  
ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ»**

**Вакал Є. А.**

Київ, 2021

# Реферат

Звіт до ЛР №7: 13с., 11 рис.

**Об'єкт дослідження** – операційний підсилювач (інтегральна мікросхема) та способи підсилення електричних сигналів і моделювання математичних операцій (наприклад, інтегрування сигналу) за допомогою універсального підсилювача електричних сигналів на основі того ж операційного підсилювача.

**Мета роботи:** ознайомитися з властивостями схем на операційних підсилювачах (ОП), охоплених позитивним зворотним зв'язком, опанувати способи генерації електричних сигналів 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.

## **ЗМІСТ**

### **Частина 1.**

<b>Теоретичні відомості.</b>	<b>с.</b>
I. Основні означення.....	4

### **Частина 2.**

#### **Практична частина.**

<b>I. Тригер Шміта.....</b>	<b>6</b>
<b>II. Генератор прямокутних імпульсів (мультивібратор).....</b>	<b>10</b>
<b>III. Генератор гармонічних коливань.....</b>	<b>11</b>

### **Частина 3.**

<b>I. Висновки.....</b>	<b>12</b>
<b>II. Джерела.....</b>	<b>13</b>

# Теоретичні відомості

## I. Основні означення

**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, 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).

**Компаратор** – це електронний пристрій порівняння двох аналогових сигналів:  $U_{\text{вх1}}$  та  $U_{\text{вх2}}$ . При цьому на виході схеми формуються тільки два значення вихідного сигналу: а) напруга на виході максимальна ( $U_{\text{вих}} = U_{\text{max}}$ ), якщо різниця напруг між вхідними сигналами є додатньою ( $U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}} > 0$ ; б) напруга на виході мінімальна ( $U_{\text{вих}} = U_{\text{min}}$ ), якщо різниця напруг між вхідними сигналами є від'ємною ( $U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}} < 0$ ).

**Передавальна характеристика компаратора** – залежність вихідної напруги компаратора від напруги на його вході.

**Рівень включення (виключення) компаратора** – значення напруги на вході компаратора  $U_{вх} = U_{вкл}$ , при якій вихідна напруга  $U_{вих}$  змінює своє значення від мінімального  $U_{min}$  до максимального  $U_{мах}$  (при включенні); при виключенні  $U_{вх} = U_{викл}$  і вихідна напруга змінюється від  $U_{мах}$  до  $U_{min}$ .

**Гістерезисний компаратор (тригер Шміта)** – це електронний пристрій порівняння, у якого передавальна характеристика є неоднозначною, тобто рівні включення і виключення не збігаються (на відміну від звичайного компаратора), а відрізняються на величину, яку називають **гістерезисом переключення**.

**Генератори** – це електронні пристрої, які формують на виході змінну напругу потрібної форми. На відміну від підсилювачів, у таких пристроїв немає входу. Їх вихідний сигнал з'являється у відповідь на підключення до них джерела живлення. Форма генерованої напруги може бути різноманітною: гармонічною, прямокутною, пилкоподібною або будь-якою іншою.

# Практична частина

## I. Тригер Шміта

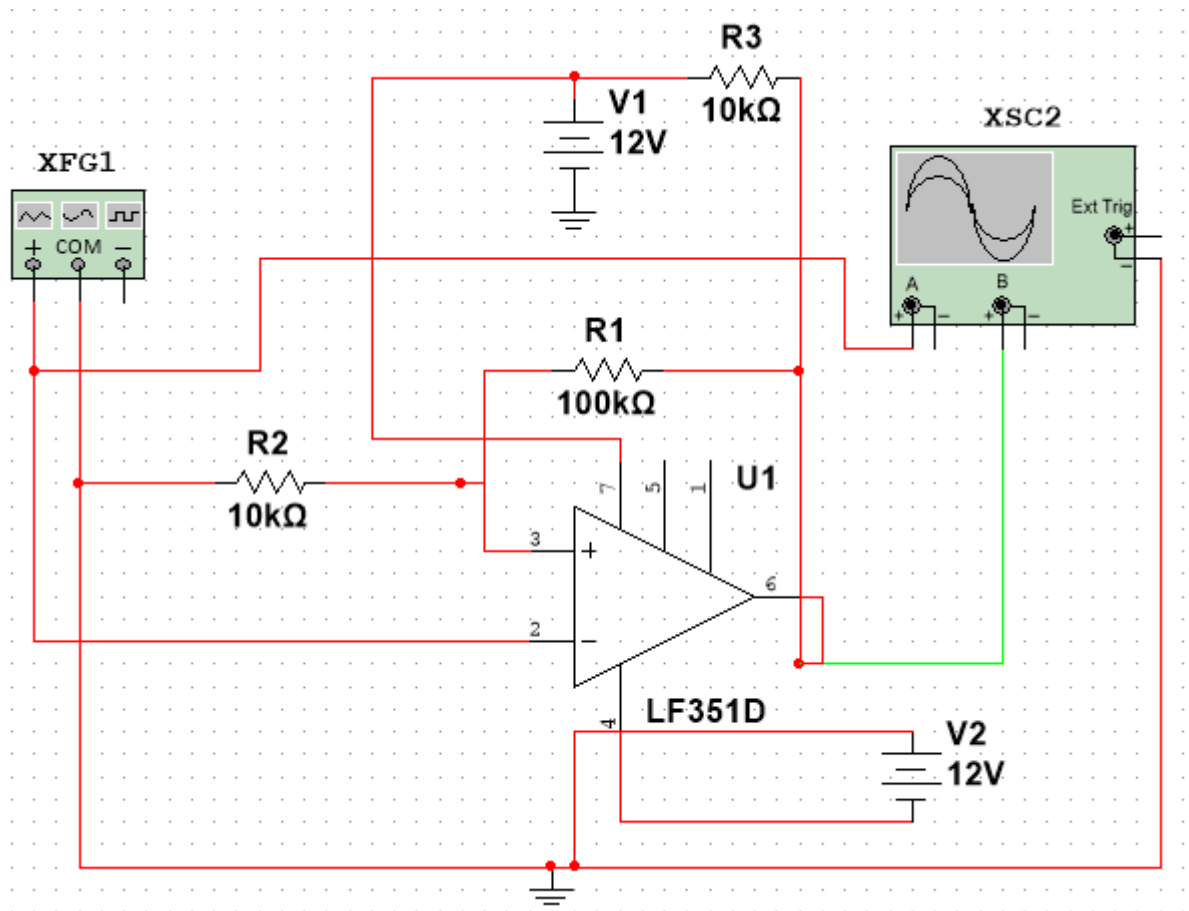


Рис. 1. Схема установки

Спочатку виставимо амплітуду входної гармонічної напруги більшою (5V<sub>p</sub>) за рівень включення (виключення) тригера:

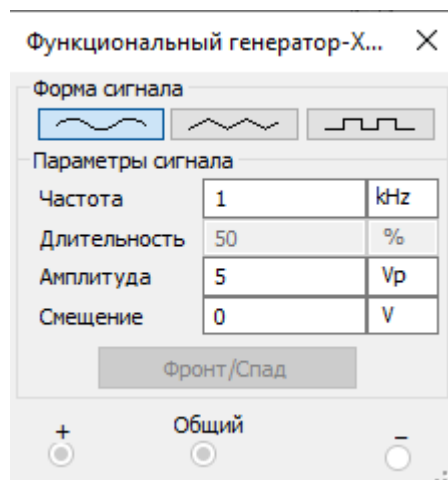


Рис.2. Параметры джержела

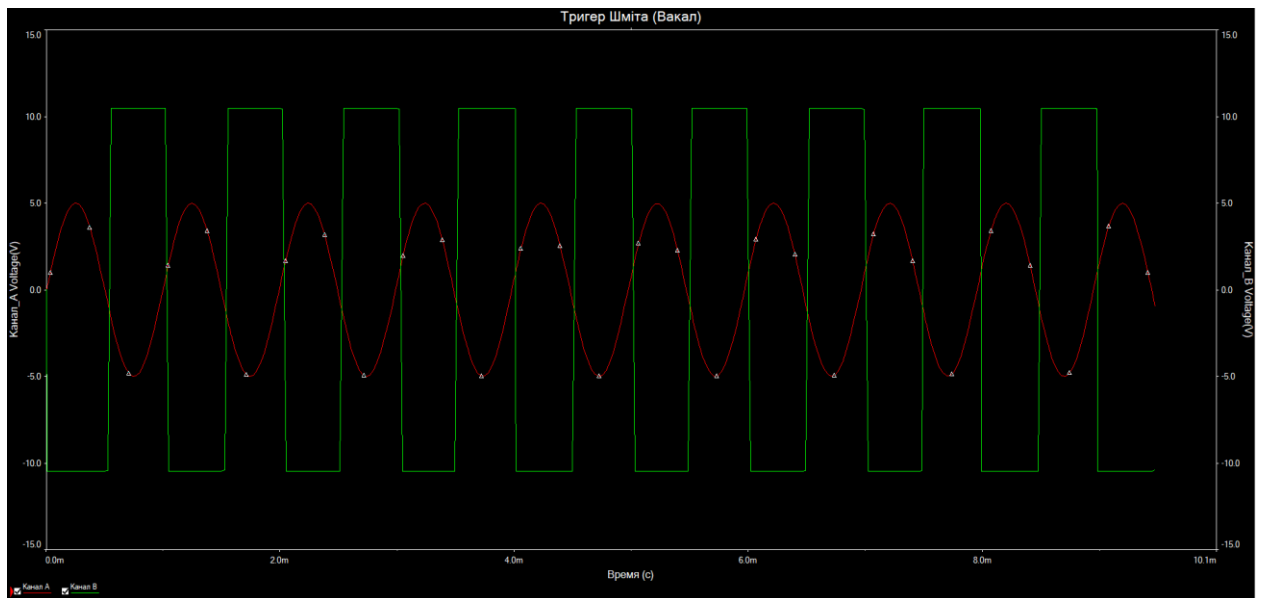


Рис. 3. Дані з осцилографа

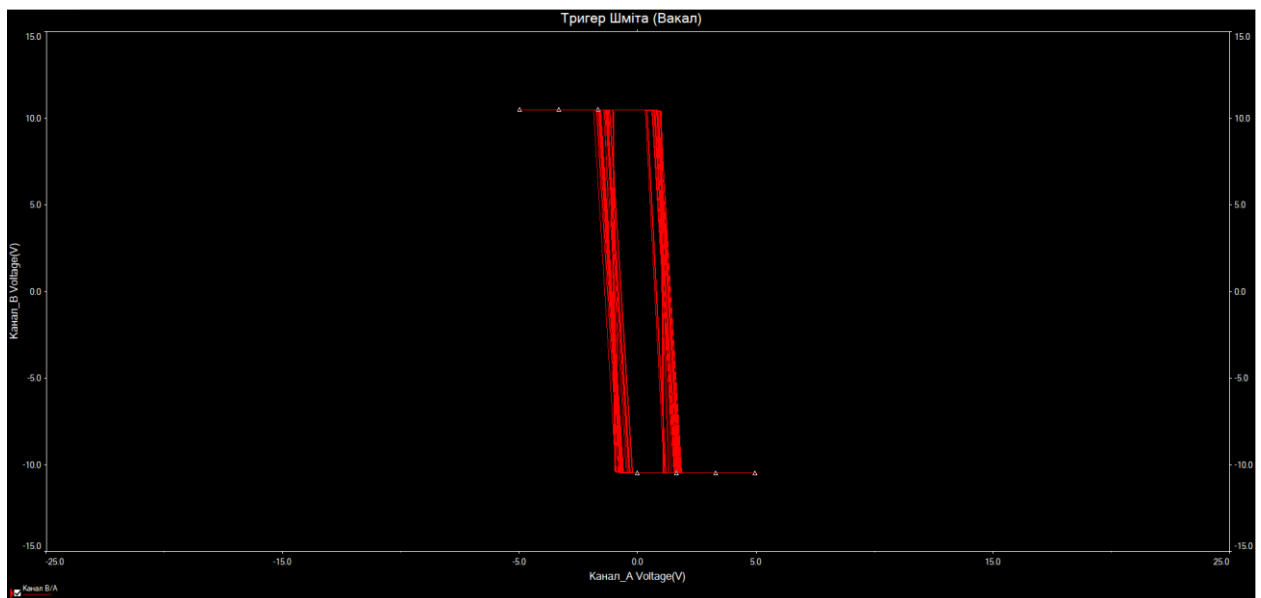


Рис. 4. Петля гістерезису

Тепер виставимо амплітуду вхідної гармонічної напруги меншою ( $0,5V_p$ ) за рівень включення (виключення) тригера:

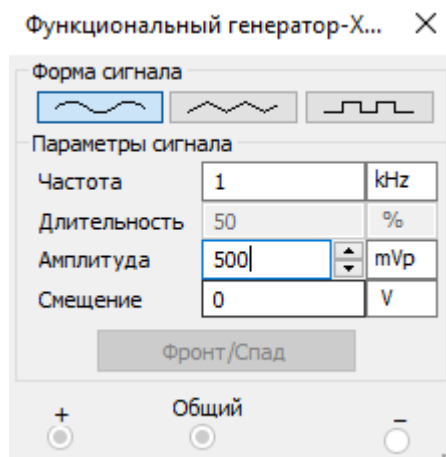


Рис.5. Параметры джерела

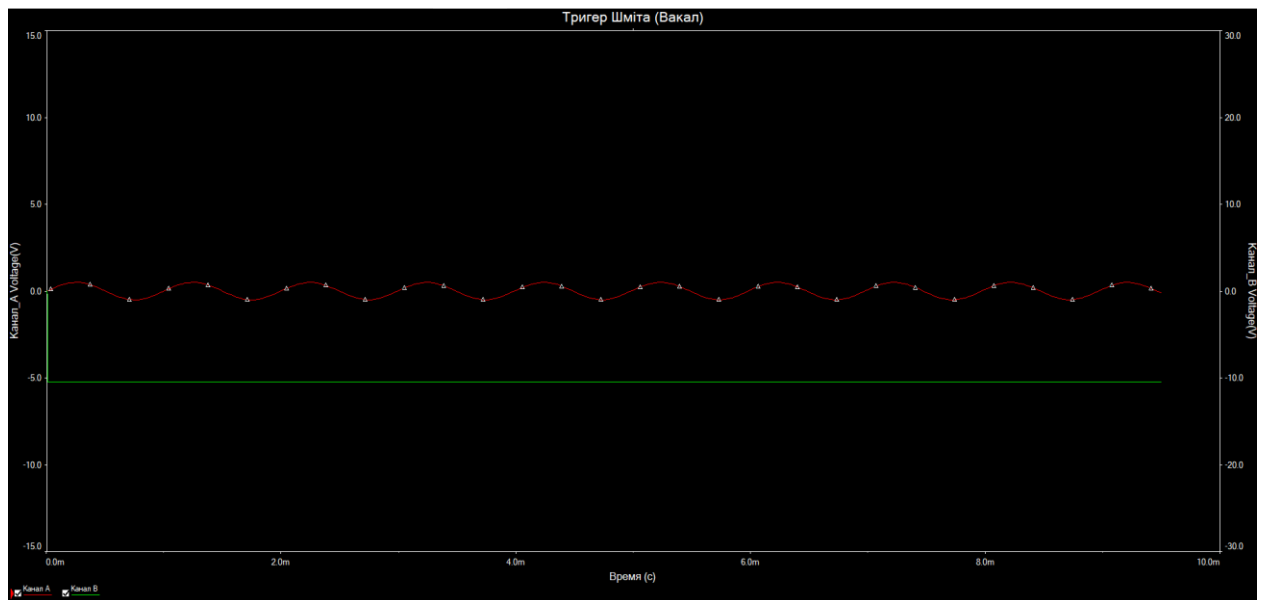


Рис. 6. Дані з осцилографа



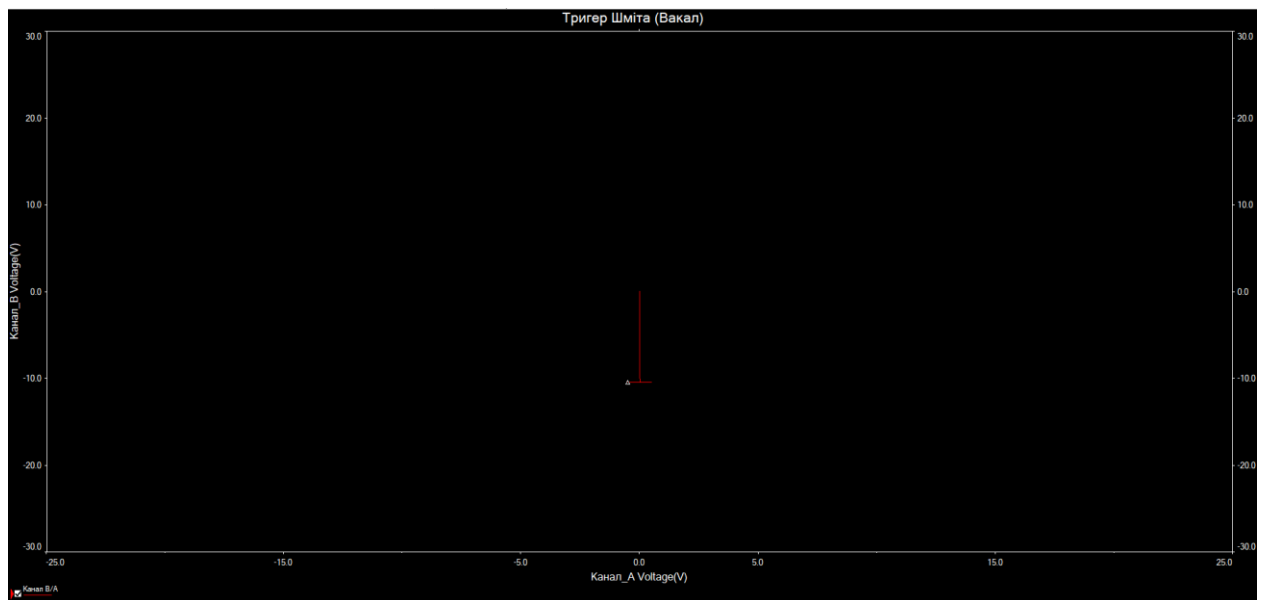


Рис. 7. Що спостерігаємо замість петлі гістерезису

Як бачимо, Петля гістерезису буде спостерігатися за умови, що амплітуда вхідної гармонічної напруги буде більшою за рівень включення (виключення) тригера.

## II. Генератор прямокутних імпульсів (мультивібратор)

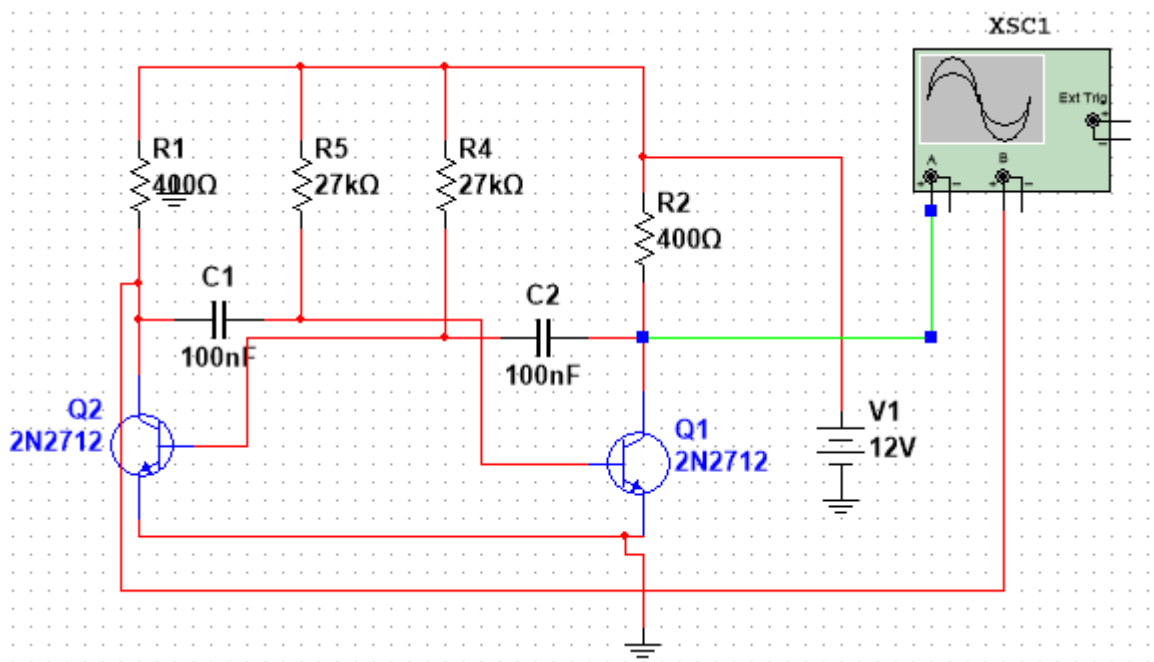


Рис. 8. Схема установки

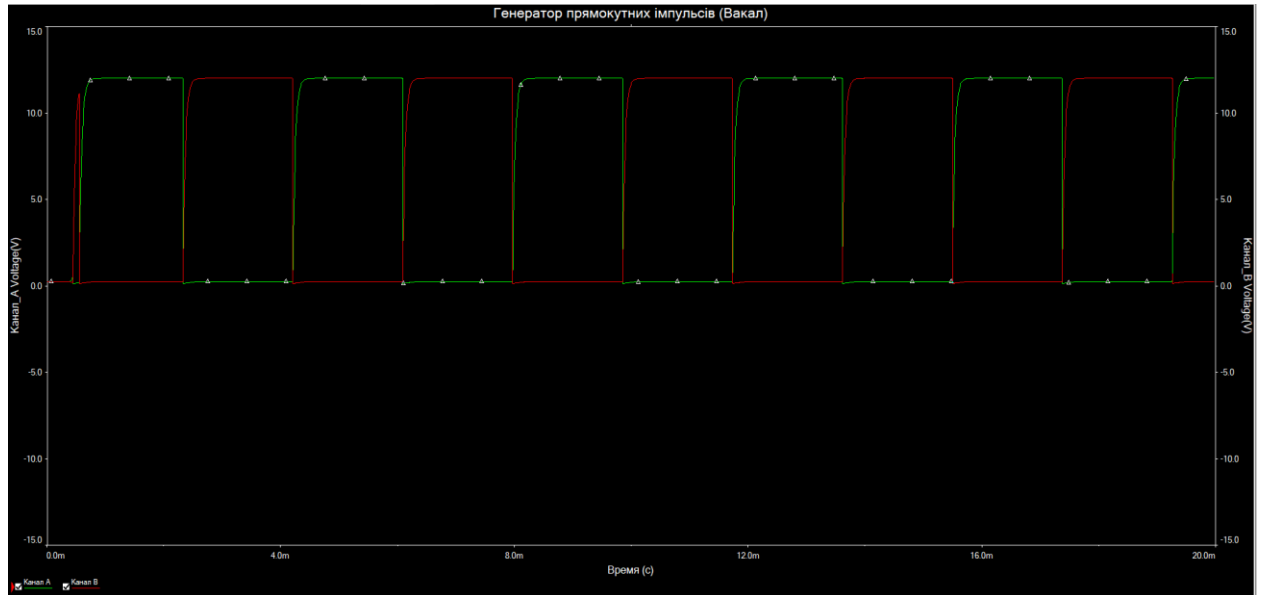


Рис. 9. Дані з осцилографа

### III. Генератор гармонічних коливань

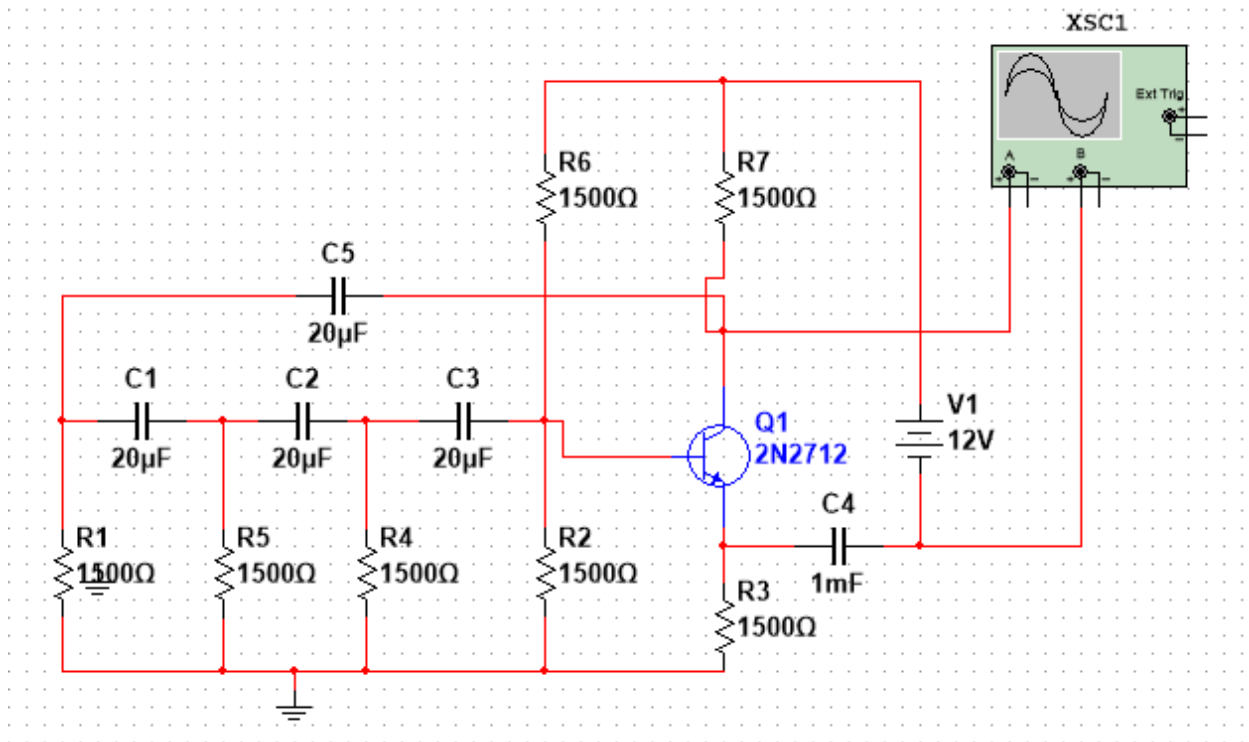


Рис. 10. Схема установки

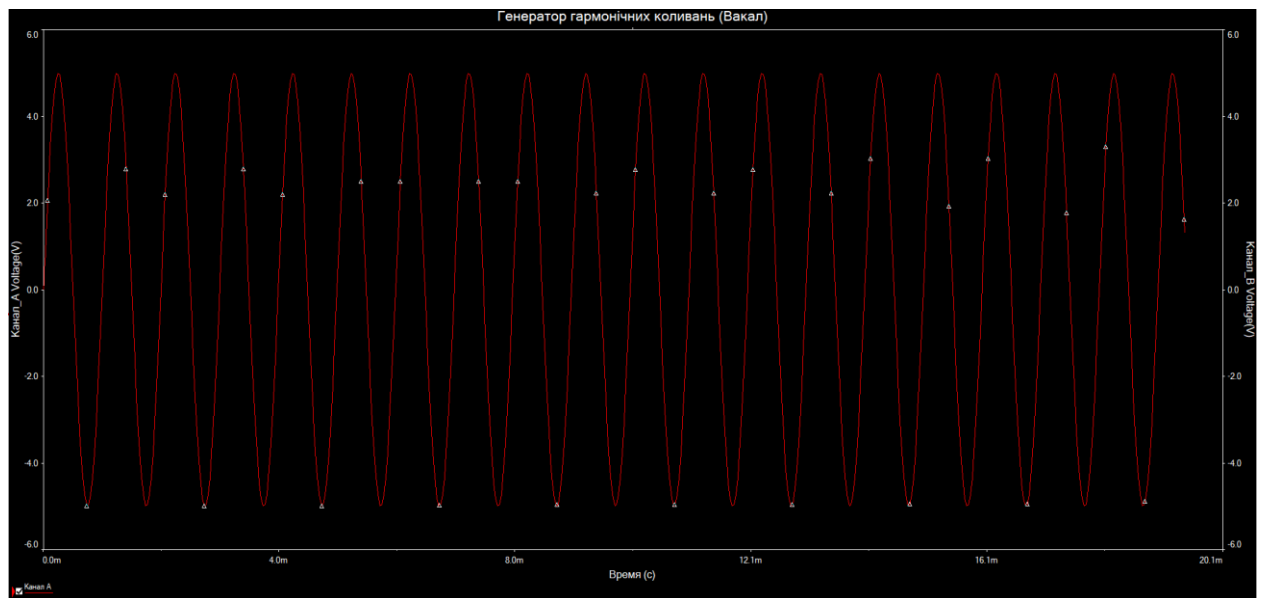


Рис. 11. Дані з осцилографа

## **Висновки**

У даній лабораторній роботі я ознайомився з властивостями операційних підсилювачів (ОП), опанував способи підсилення електричних сигналів схемами з ОП, охоплених позитивним зворотним зв'язком, та способи виконання математичних операцій за допомогою схем з ОП. У цій роботі я побудував схеми та відповідні їм осцилограми вхідних та вихідних сигналів, петлю Гістерезису для тригера Шміта, а також відповідні осцилограми для генератора прямокутних імпульсів (мультивібратора) і генератора гармонічних коливань, що і відображено на рисунках вище у практичній частині даної лабораторної роботи. За ними я порівняв відмінності у роботі кожного з цих ОП, спричинені змінами у побудові їх принципових схем.

## Джерела

1. Методичні вказівки до практикуму «Основи радіоелектроніки» для студентів фізичного факультету / Упоряд. О.В.Слободянюк, Ю.О.Мягченко, В.М.Кравченко.- К.: Поліграфічний центр «Принт лайн», 2007.- 120 с. 3. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян
2. Мягченко Ю.О., Дулич Ю.М., Хачатрян А.В. «Вивчення радіоелектронних схем методом комп'ютерного моделювання»: Методичне видання. – К.: 2006.- 40 с. ISBN 966-594-501-7