

*Міністерство освіти і науки України*

**КНУ ім. Тараса Шевченка**

**Фізичний факультет**

**Звіт до лабораторної роботи №1**

**Виконали:**

*студенти 2 курсу 5а групи  
спеціалізації 104 "Фізика та астрономія,,  
Меланіч Геннадій Анатолійович  
Коцан Олена Степанівна  
Загревський Владислав Анатолійович*

# Зміст

<b>1 Вступ</b>	<b>3</b>
<b>2 Інтегруючий RC-ланцюжок</b>	<b>4</b>
2.1 Досліди	4
2.2 Чому вихідний сигнал має саме таку форму?	4
2.2.1 Меандр	4
2.2.2 Синусоїдальний сигнал	5
<b>3 Диференціюючий CR-ланцюжок</b>	<b>6</b>
3.1 Досліди	6
3.1.1 Чому вихідний сигнал має саме таку форму?	6
3.2 Меандр	6
3.2.1 Синусоїдальний сигнал	6
<b>4 Висновки</b>	<b>8</b>

# 1 Вступ

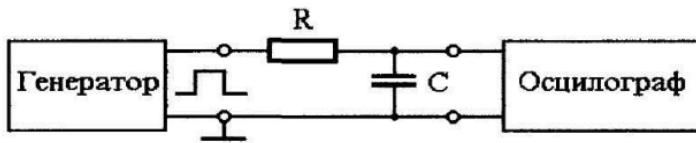
**Мета**, яку ми ставили собі, починаючи виконувати дану лабораторну роботу:

- Якісно познайомитись із таким частотним фільтром, як чотирьохполюсник:
  1. Які можливі схеми підключення.
  2. Які є режими роботи (інтегруючий чи диференціюючий чотирьохполюсник).
- Базуючись на знаннях вище, провести серію дослідів, аби ще краще зрозуміти досліджуваний пристрій.
- Розрахувати теоретично залежності вихідних сигналів в залежності від вхідних, переконатись, що вони співпадають з отриманими експериментально.

Також у даному звіті будуть надані не тільки результати роботи, а й теоретичні/практичні поради, які нам дуже допомогли б у процесі виконання даної роботи.

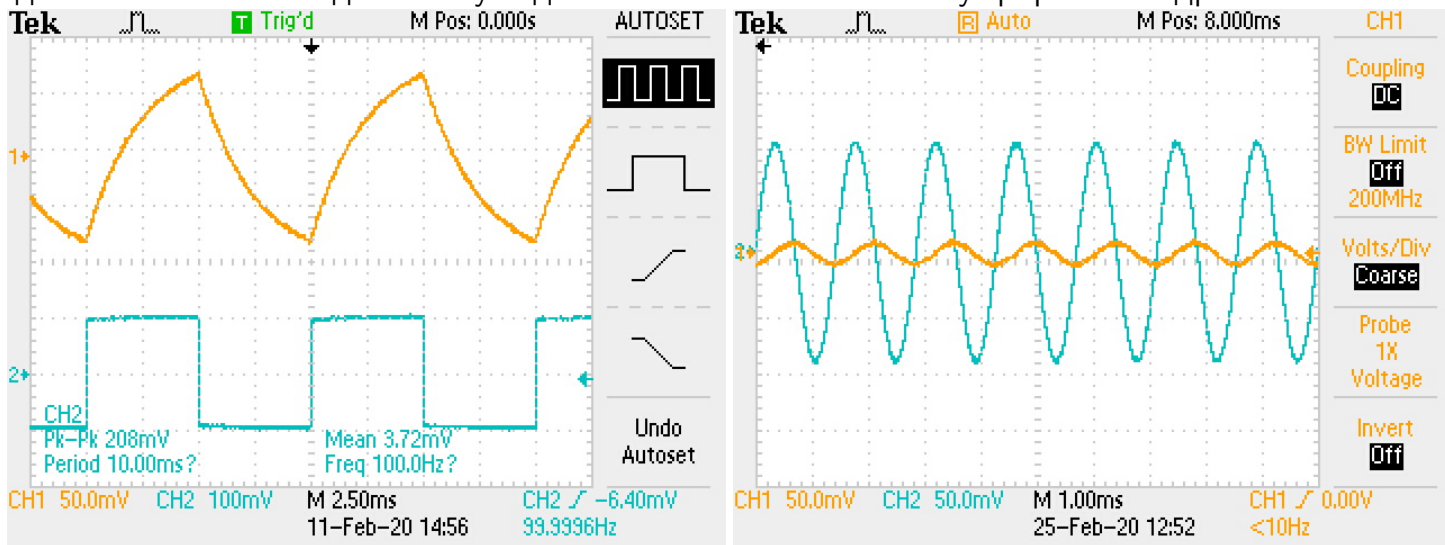
## 2 Інтегруючий RC-ланцюжок

Оскільки чотирьохполюсник має (неймовірно!) чотири полюси, існує 2 унікальні способи, як його під'єднати до схеми. При першому способі під'єднання, як на рисунку нижче, чотирьохполюсник носить назву "інтегруючий RC-ланцюжок",:



### 2.1 Досліди

Після під'єднання як на рисунку вище, ми подавали на вхід сигнали і дивились на вихідний сигнал. Ми подали синусоїдальний сигнал та сигнал у формі меандра:



### 2.2 Чому вихідний сигнал має саме таку форму?

#### 2.2.1 Меандр

Меандр у просторі Лапласа описується функцією  $\frac{U_{in}}{p}$ . Тоді:

$$U_{out}(p) = \frac{U_{in}}{p} \frac{\frac{1}{pC}}{R + \frac{1}{pC}} = U_{in} \frac{1}{p(p\tau + 1)} \quad (1)$$

Для оберненого перетворення:

$$\frac{1}{p(p\tau + 1)} = \frac{1}{p} - \frac{1}{p + \frac{1}{\tau}}$$

Тоді обернене перетворення матиме вигляд:

$$U_{out}(t) = U_{in}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad \tau = RC \quad (2)$$

З графіку видно, що  $\tau \approx 2.6ms$ .

### 2.2.2 Синусоїдальний сигнал

Процедура аналогічна попередньому пункту. Для спрощення приймемо ф-цію на графіку за  $-\sin 1 \cdot t$ . Тоді:

$$U_{out}(p) = -\frac{U_{in}}{p^2 + 1} \cdot \frac{1}{p\tau + 1} = -U_{in} \frac{\tau}{\tau^2 + 1} \left( \frac{1}{p + \frac{1}{\tau}} - \tau \frac{p}{p^2 + 1} + \frac{1}{\tau} \frac{1}{p^2 + 1} \right) \quad (3)$$

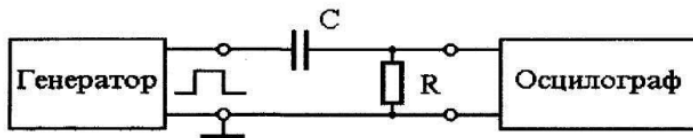
Тоді обернене перетворення буде у вигляді:

$$U_{out}(t) = U_{in} \frac{\tau}{1 + \tau^2} (-e^{-\frac{t}{\tau}} + \tau \cdot \cos t - \frac{1}{\tau} \sin t)$$

Отже, досить точним буде твердження, що функція  $-\sin t$  перейшла у функцію  $\cos t$ , що і можна спостерігати на другому графіку наших дослідів із чотирьох полюсником.

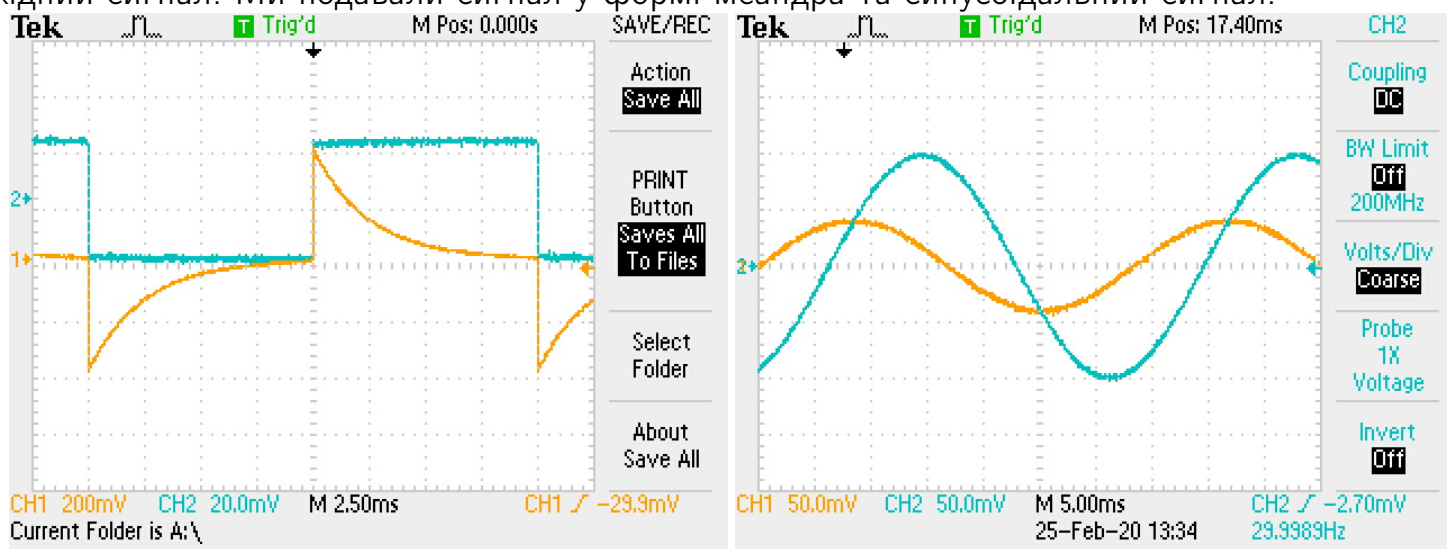
## 3 Диференціюючий CR-ланцюжок

У цьому випадку має місце така схема підключення:



### 3.1 Досліди

Після під'єднання як на рисунку вище, ми подавали на вхід сигнали і дивились на вихідний сигнал. Ми подавали сигнал у формі меандра та синусоїдальний сигнал:



#### 3.1.1 Чому вихідний сигнал має саме таку форму?

### 3.2 Меандр

Логіка та послідовність формульних викладок така сама, як і у випадку Інтегруючого RC-ланцюжка:

$$U_{out}(p) = \frac{U_{in}}{p} \frac{R}{R + \frac{1}{pC}} = U_{in} \frac{1}{p + \frac{1}{\tau}}$$

$$U_{out}(t) = U_{in} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4)$$

В цьому випадку  $\tau \approx 2.45ms$ .

#### 3.2.1 Синусоїдальний сигнал

Оскільки на меті побачити фізичну картину процесу, а не розібратись у арифметичних тонкощах розкладання на прості дробі, знову прийнемо, для спрощення, що вхідна функція  $u = \sin t_{,,}$ :

$$U_{out}(p) = -U_{in} \frac{1}{p^2 + 1} \frac{1}{p + \frac{1}{\tau}}$$

$$\frac{1}{p^2 + 1} \frac{1}{p + \frac{1}{\tau}} = \frac{\tau}{1 + \tau^2} \left( \tau \frac{1}{p + \frac{1}{\tau}} + \frac{1}{p^2 + 1} - \tau \frac{p}{p^2 + 1} \right)$$

Тоді шукана функція  $U_{out}(t)$ :

$$U_{out}(t) = U_{in} \frac{\tau}{1 + \tau^2} \left( \tau \cos t - \tau e^{-\frac{t}{\tau}} - \sin t \right) \quad (5)$$

Знову таки бачимо, CR-фільтр перетворив вхідний  $-\sin t$  сигнал у вихідний  $\cos t$  сигнал, що прекрасно корелює там, що видно на отриманому графіку.

## 4 Висновки

Тож у ході даної лабораторної роботи ми:

- якісно ознайомились чотирьохполюсником — одним із найпростіших у своєму роді частотним фільтром.
  1. Розібрались із схемою його підключення.
  2. Перевірили обидва режими його роботи: диференціюючий та інтегруючий.
- Провели серію дослідів, які ще краще втамували наше бажання до розуміння приладу як на якісному, так і на кількісному рівнях.
- Закріпили вивчене теоретично:
  1. Після досить довгого і наполегливого вглядання у формулу (3), ми, нарешті, зрозуміли що для успішного оберненого перетворення Фур'є, її доцільно розкласти на прості множники.
  2. До речі, досягнення попереднього пункту, нарешті, стало очевидно, як формула (1) перетворилась у (2).
- Отже, після мозкового штурму у попередньому пункті, ми успішно отримали аналогічні формули і для CR режиму: (4), (5), які також співпали із тим, що ми побачили на екрані осцилографа.