

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Фізичний факультет

Основи електроніки

ЗВІТ ПО ЛАБОРАТОРНІЙ РОБОТІ №2

ПРОХОДЖЕННЯ СИГНАЛІВ ЧЕРЕЗ ПАСИВНІ ЛІНІЙНІ ЧОТИРИПОЛЮСНИКИ

Роботу виконала

Гордєєва Софія

студентка 2 курсу

5-Б групи

Фізичного факультету

Київського національного університету

імені Тараса Шевченка

Київ 2021

ЗМІСТ

ВСТУП

1. Мета роботи

2. Методи вимірювання

РОЗДІЛ 1. Теоретичні відомості

РОЗДІЛ 2 Практична частина

2.1. Вступ до практичної частини

2.2. Схеми фільтрів та зображення на екрані осцилографа

2.3. Фігури Лісажу

2.4. Діаграма Боде

2.5. Експериментальні та теоретичні характеристики

2.6. Прямокутні сигнали

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

1 Мета роботи

Дослідити зміну параметрів гармонічних сигналів та прямокутних імпульсів при їх проходженні через пасивні лінійні чотириполюсники, опанувати методи вимірювання амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик пасивних RC-фільтрів та їх перехідних характеристик.

2 Метод вимірювання

В роботі використовуються:

1) метод співставлення, тобто одночасного спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів

2) метод фігур Лісажу, який полягає у спостереженні на екрані двоканального осцилографа замкнених кривих, які є результатом накладання двох коливань, що відбуваються у двох взаємно перпендикулярних напрямках (вхідний і вихідний сигнали подаються на пластини горизонтального та вертикального відхилення осцилографа відповідно).

РОЗДІЛ 1

Теоретичні відомості

Лінійні елементи електричних кіл – це такі елементи, параметри яких не залежать від величини струму, що протікає крізь них або від прикладеної до них напруги.

Чотириполіусник – це електричне коло (ділянка електричного кола) з чотирма полюсами, зажимами, клемами або іншими засобами приєднання до нього інших електричних кіл чи ділянок електричних кіл.

Пасивний чотириполіусник – це такий чотириполіусник, який не здатний збільшувати потужність вхідного сигналу за рахунок додавання енергії від якогось іншого джерела енергії.

Активний чотириполіусник – це такий, який дозволяє збільшувати потужність вихідного сигналу порівняно з вхідним за рахунок внутрішніх або зовнішніх джерел енергії.

Пасивний фільтр – це пасивний чотириполіусник, який містить реактивні елементи (індуктивності, ємності) і завдяки цьому здатен перетворювати спектр сигналу, поданого на його вхід, шляхом послаблення певних спектральних складових вхідного сигналу, тобто він може фільтрувати спектральні складові вхідного сигналу.

РОЗДІЛ 2

Практична частина

2.1. Вступ до практичної частини

Нехай $U_{\text{вх}}$ – вхідний сигнал. Його можна подати у вигляді $U_{\text{вх}}(t) = \sum_n a_n U_n(t)$, де U_n – різні стандартні сигнали. Відгук лінійного чотириполюсника на кожний вхідний стандартний сигнал відомий: $U_{\text{вих}i} = K_n U_n(t)$, де K – коефіцієнт передачі. Тоді $U_{\text{вих}}(t) = \sum_n K_n a_n U_n(t)$.

Таким чином, будь-який лінійний чотириполюсник може бути охарактеризований сукупністю коефіцієнтів передачі K_n для стандартних сигналів, лінійною комбінацією яких можна подати вхідний сигнал.

Гармонічні складові сигналу при представленні рядом Фур'є можуть бути подані в комплексній формі і тоді для цієї гармонічної складової $\tilde{U}_{\text{вих}}(\omega) = \tilde{K}(\omega) \tilde{U}_{\text{вх}}(\omega)$, де $\tilde{K}(\omega) = K(\omega) e^{i\Phi}$

Залежність комплексного коефіцієнта передачі від частоти називають частотною характеристикою цього чотириполюсника. При цьому розрізняють амплітудо-частотну характеристику (АЧХ) – залежність відношення модулів амплітуд вихідного і вхідного гармонічних сигналів від їх частоти, яка є не чим іншим як залежністю модуля коефіцієнта передачі від частоти ω , а також фазо-частотну характеристику (ФЧХ) $\Phi(\omega)$, яка є залежністю від частоти різниці фаз між вихідним і вхідним гармонічними сигналами на цій частоті.

Якщо вхідний сигнал чотириполюсника являє собою імпульс нескінченно малої тривалості й одиничної амплітуди (дельта-функція), то вихідним сигналом чотириполюсника буде його імпульсна характеристика. Якщо на вхід чотириполюсника подавати сходинкоподібний сигнал одиничної висоти, то на виході ми одержимо його перехідну характеристику.

В практиці радіоелектроніки найчастіше використовуються чотири пасивних фільтри, які складаються з опорів та ємностей (так звані RC-фільтри). Це фільтр нижніх частот (а), фільтр верхніх частот (б), смуговий (в) і загороджувальний (г) фільтри.

$$(a) \quad K = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}, \quad \Phi = -\arctg(\omega RC);$$

$$(б) \quad K = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}, \quad \Phi = \arctg\left(\frac{1}{\omega RC}\right);$$

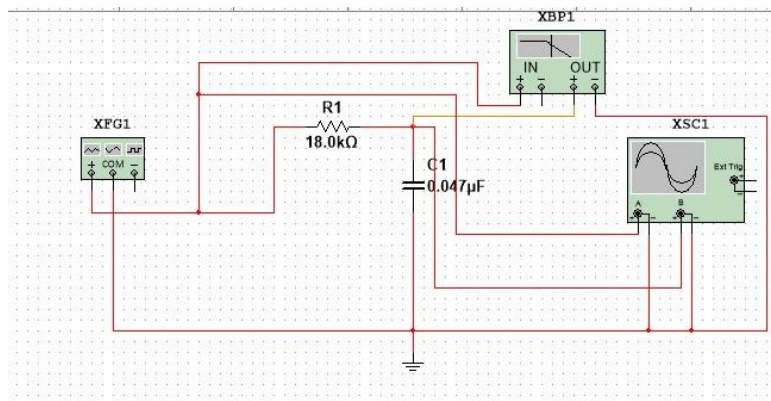
$$(в) \quad K = \frac{1}{\sqrt{\left[\left(\frac{1}{\omega RC}\right) - \omega RC\right]^2 + 9}}, \quad \Phi = \arctg\left(\frac{1 - (\omega RC)^2}{3\omega RC}\right);$$

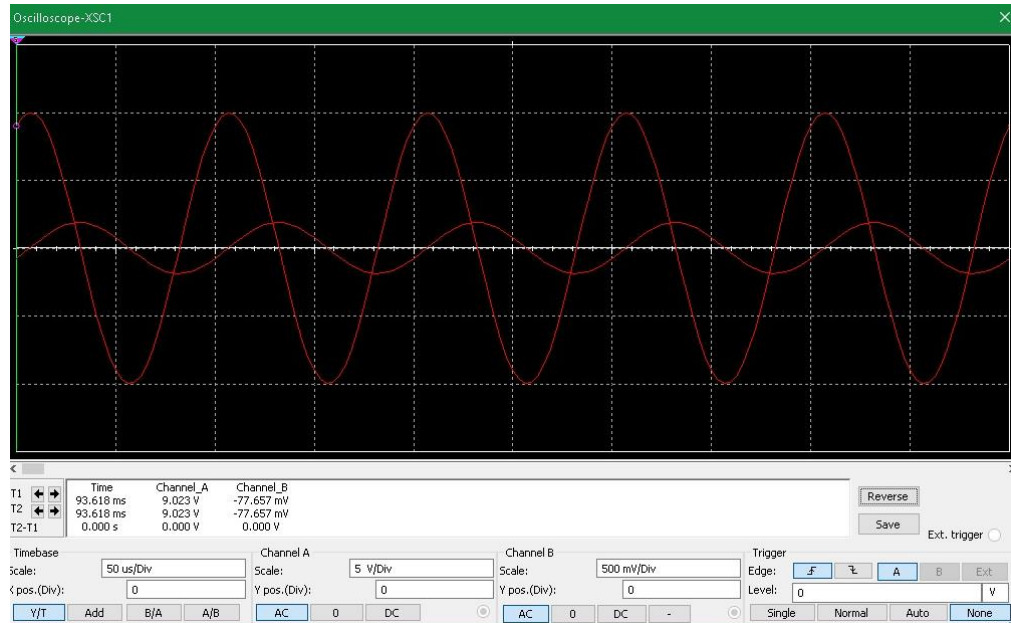
$$(г) \quad K = \frac{1 - (\omega RC)^2}{\sqrt{1 + 14(\omega RC)^2 + (\omega RC)^4}}, \quad \Phi = \arctg\left(\frac{4\omega RC}{(\omega RC)^2 - 1}\right)$$

Розглянемо фільтр нижніх частот. При $f = \frac{1}{2\pi RC}$ коефіцієнт передачі в $\sqrt{2}$ менше за максимальний. Ця частота називається частотою зрізу. При вищих частотах залежність коефіцієнта передачі наближається до функції $1/f$. Якщо перебудувати графік амплітудо-частотної характеристики в логарифмічному масштабі, то виявиться, що він складається з двох прямих, горизонтальної і похилої, продовження яких перетинаються в точці з координатою частоти, що точно дорівнює частоті зрізу.

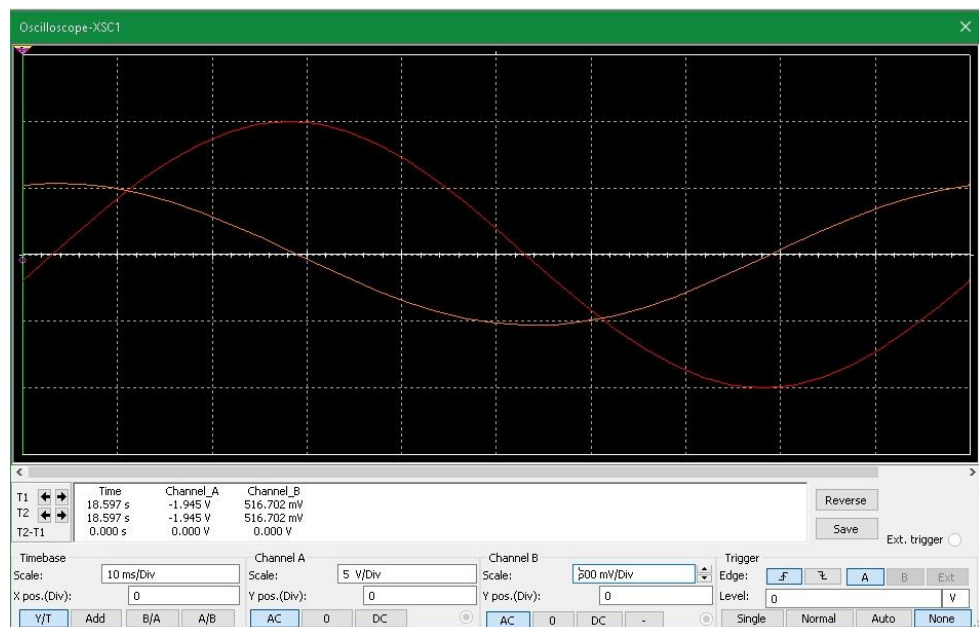
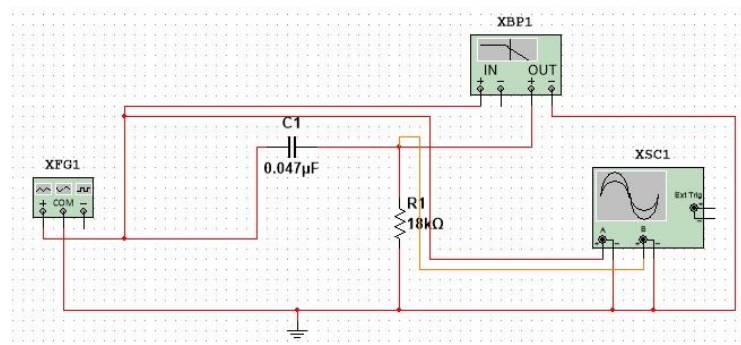
2.2. Схеми фільтрів та зображення на екрані осцилографа

а. Низькочастотний

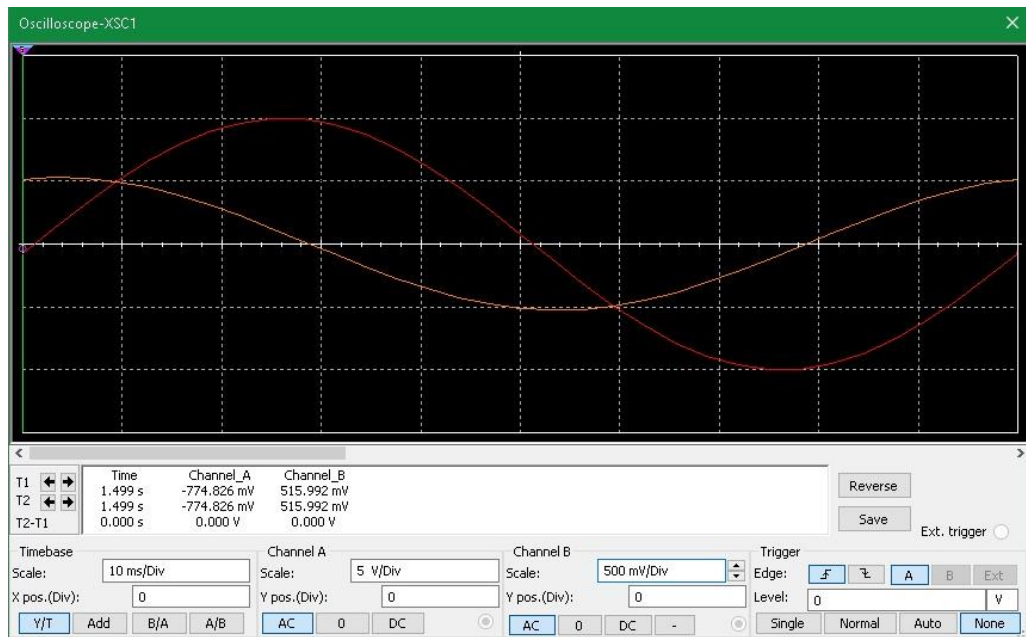
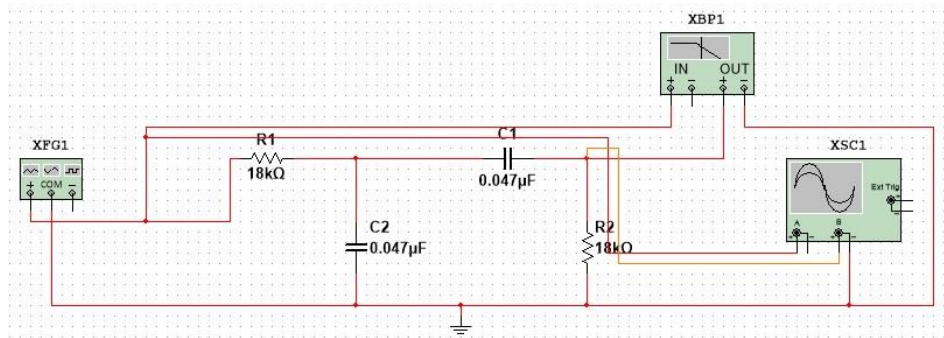




b. Високочастотний

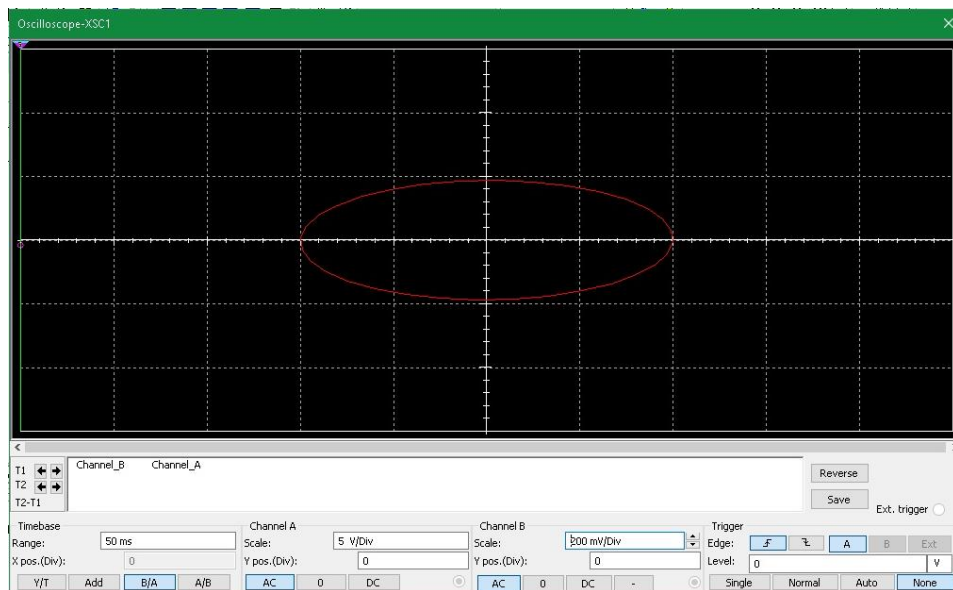


с. Смуґастий



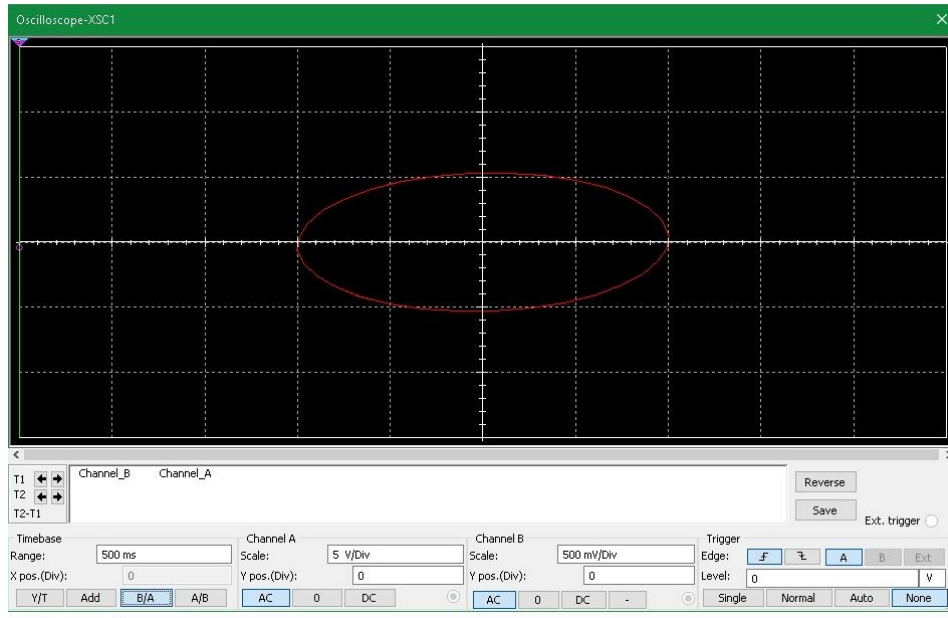
2.3. Фігури Лісажу

а. Низькочастотний:



$$K = \frac{B}{C} = \frac{2 * 0.2}{4 * 5} = 0.02$$

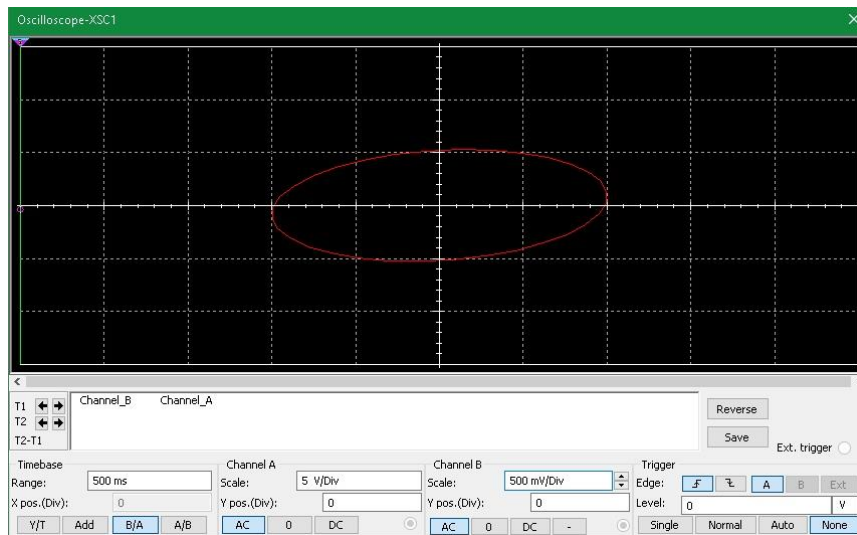
$$\Phi = \arcsin \frac{A}{B} = \arcsin 1 = \frac{\pi}{2}$$



b.

$$K = \frac{B}{C} = \frac{2.2 * 0.5}{4 * 5} = 0.06$$

$$\Phi = \arcsin \frac{A}{B} = \arcsin 1 = \frac{\pi}{2}$$

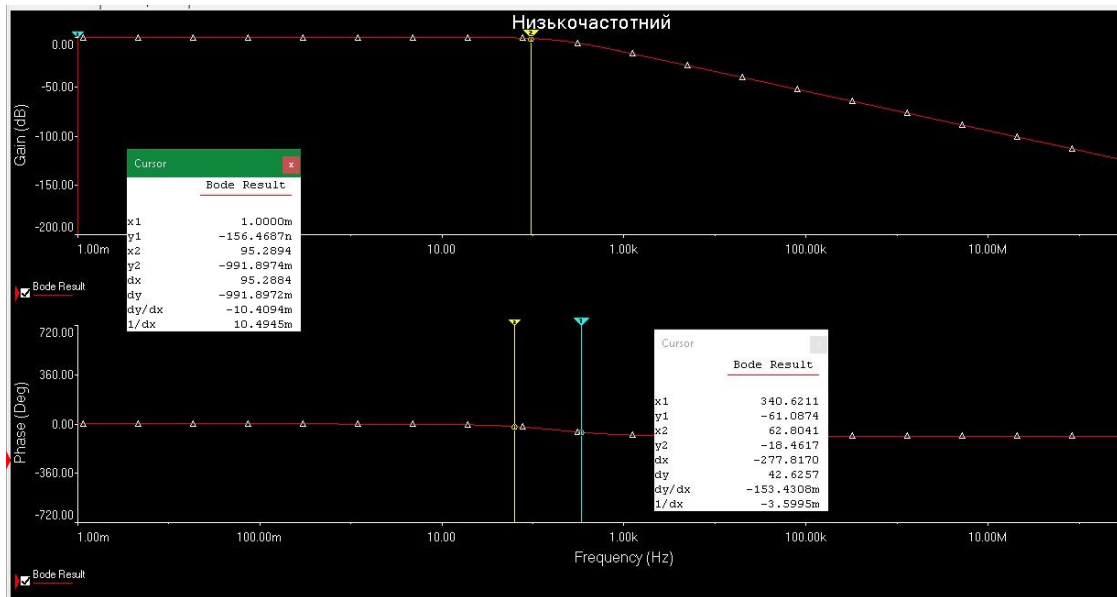


c.

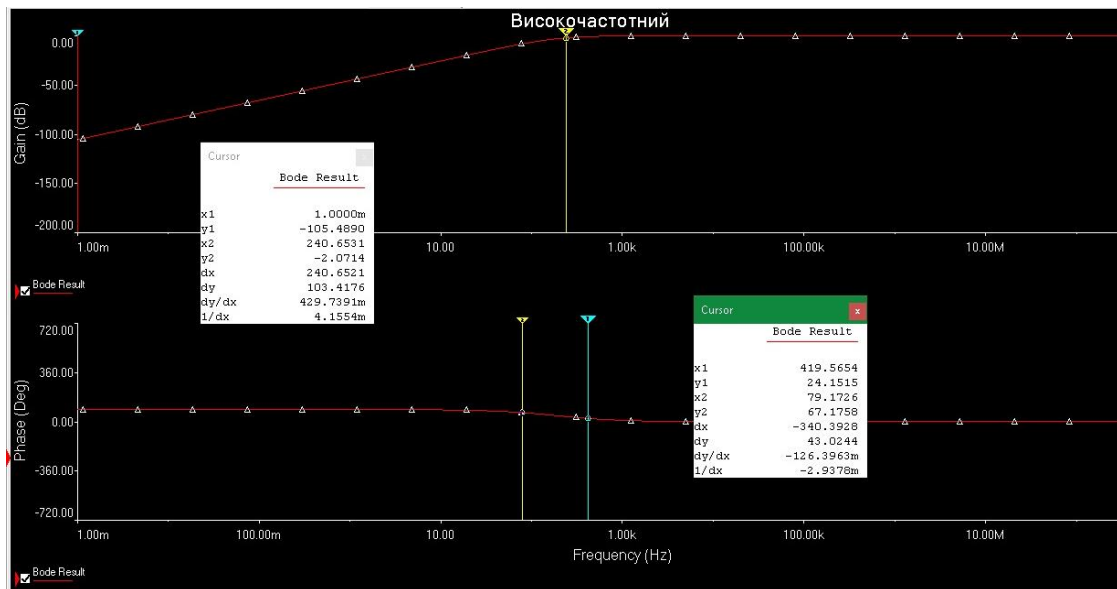
$$K = \frac{B}{C} = \frac{2 * 0.5}{4 * 5} = 0.05$$

$$\Phi = \arcsin \frac{A}{B} = \arcsin 0.96 = 74^\circ$$

2.4. Діаграма Бодє

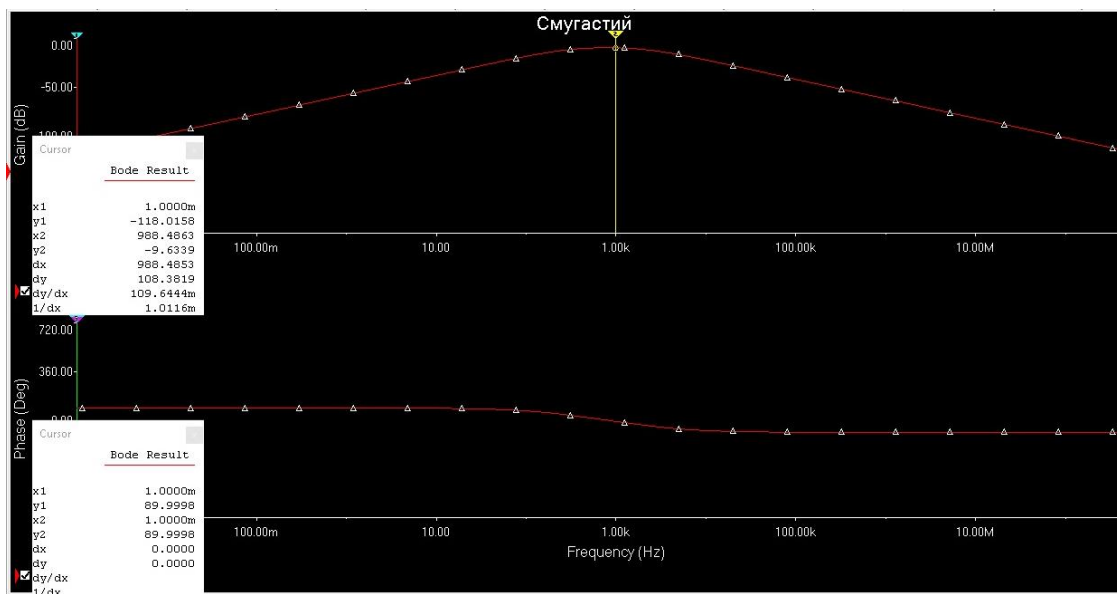


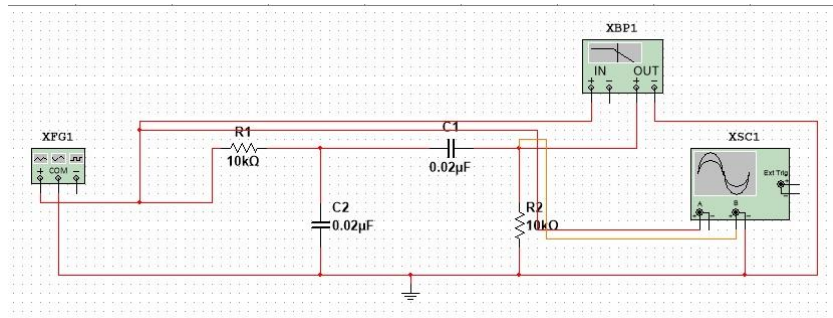
a.



b.

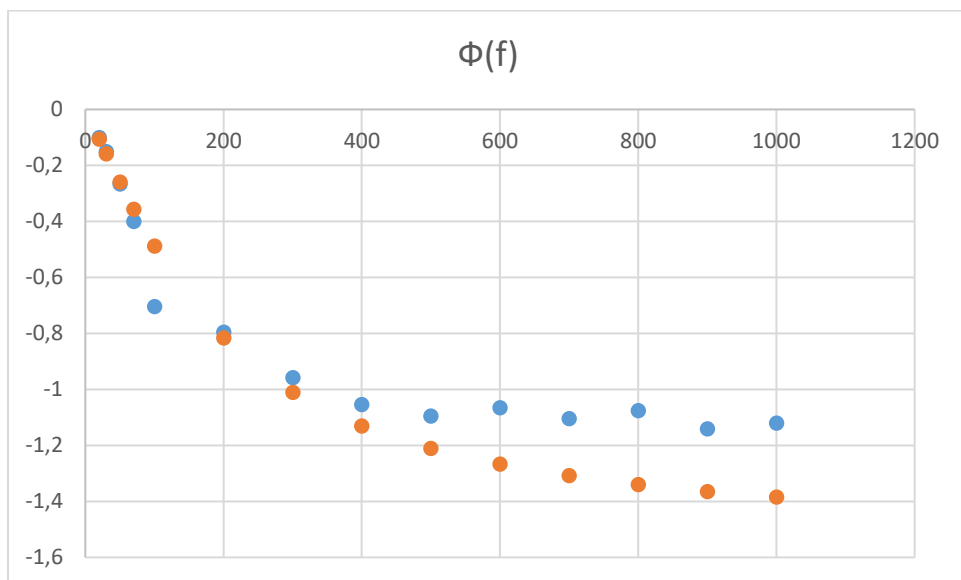
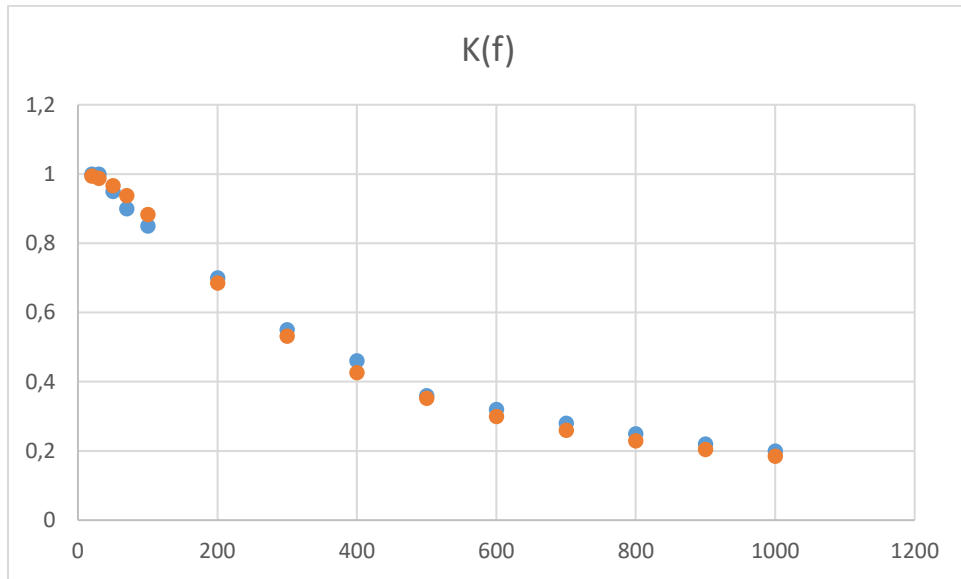
с. Для смугастого отримати частоту в 1кОм з такими значеннями:



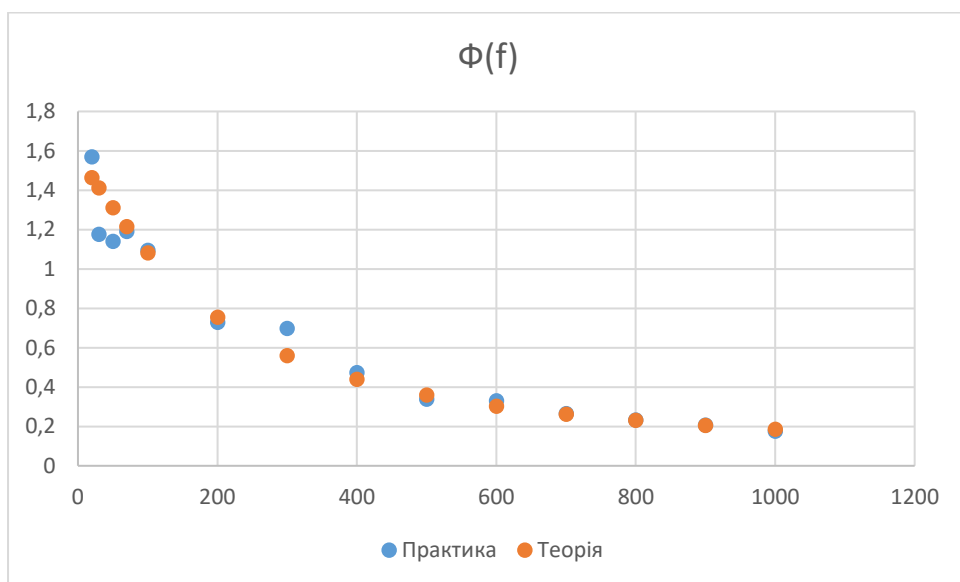
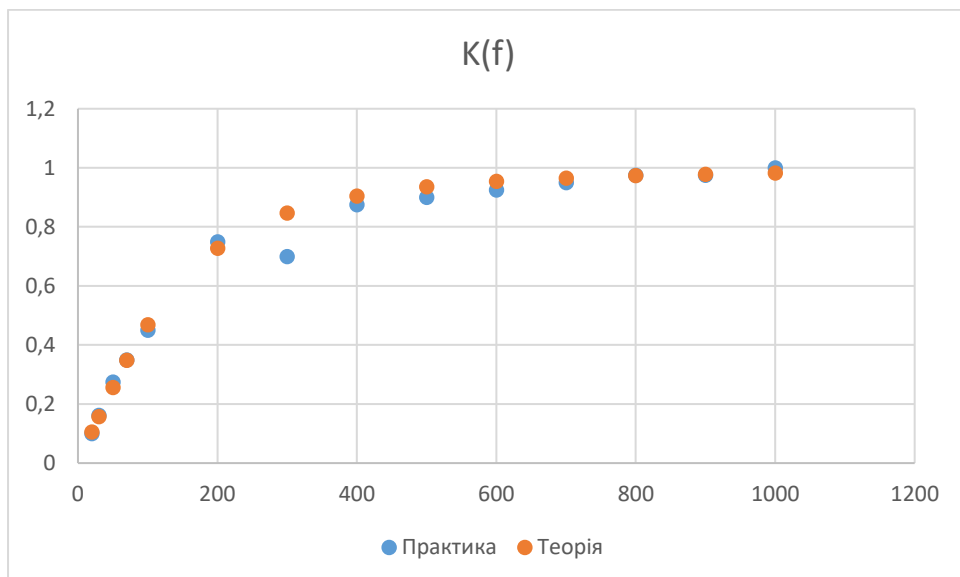


2.5. Експериментальні та теоретичні характеристики

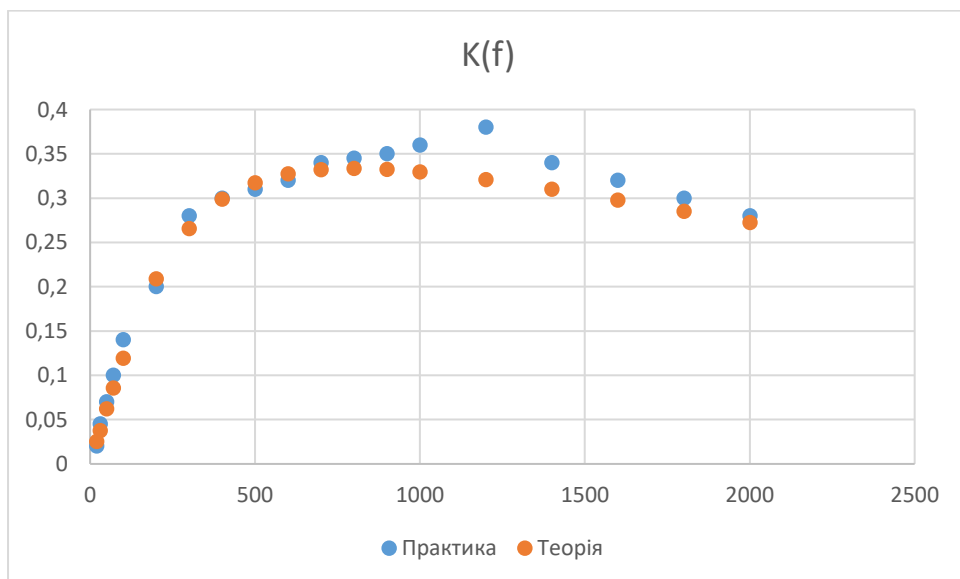
а. Оранжева – теорія, голуба – практика

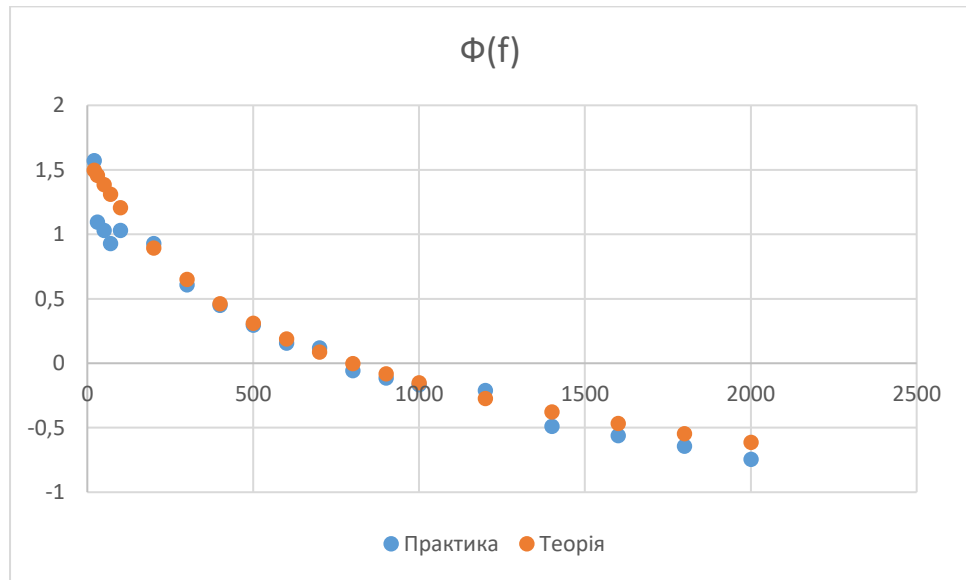


b.



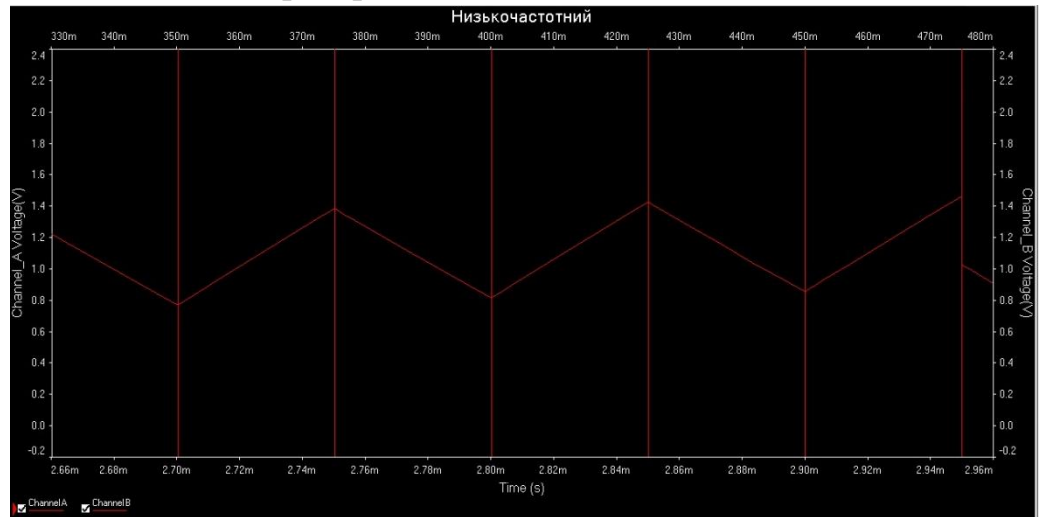
c.



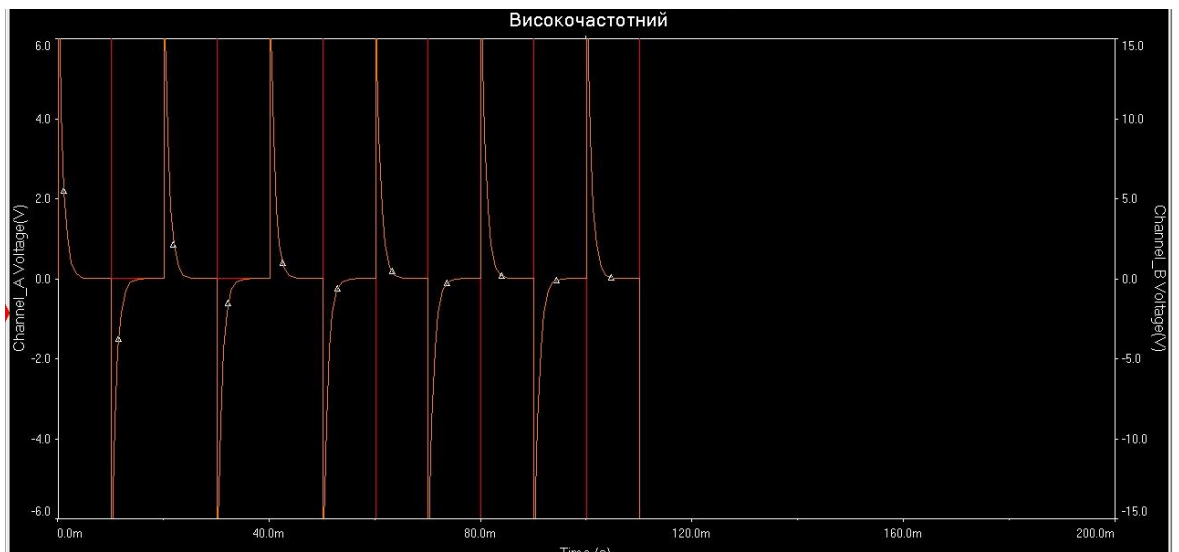


2.6. Прямокутні сигнали

а. Інтегратор:



б. Диференціатор:



ВИСНОВОК

В цій лабораторній роботі було розглянуто роботу високочастотного, низькочастотного та смугастого фільтрів.

При розрахунку зсуву фаз для вхідної частоти 10 кГц ми отримали $\pi/2$, що зображення частот на екрані осцилографа відповідає дійсності.

Також було побудовано теоретичні та практичні залежності $K(f)$ та $\Phi(f)$ і, як можна побачити з графіків, залежності вийшли майже однаковими.

Після цього замінено сигнал на прямокутний та налаштували фільтри на режим інтегратора (ФНЧ) та диференціатора (ФВЧ). Усі результати можна побачити на зображеннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю.О. Мягченко, Ю.М. Дулич, А.В.Хачатрян “Вивчення радіоелектронних схем методом комп’ютерного моделювання” : Методичне видання. – К.: 2006.- с.
2. 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.