

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

ЗВІТ

**до лабораторної роботи №2: «Проходження сигналів
через пасивні лінійні чотирьохполюсники»**

Громов М. А.

Київ, 2021

Реферат

Звіт до ЛР №2:

Об'єкт дослідження: пасивні лінійні чотириполюсники, зміна сигналів при проходженні через пасивні лінійні чотириполюсники.

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 **РС**-фільтрів та їх перехідних характеристик.

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).

ЗМІСТ

- 1. Теоретичні відомості.**
 - 1.1 Основні поняття**
- 2. Практична частина.**
 - 2.1 Фільтр нижніх частот**
 - 2.2 Фільтр верхніх частот.**
 - 2.3 Смуговий фільтр.**
 - 2.4 Загороджувальний фільтр.**
 - 2.5 Реакція фільтрів на прямокутні двополярні імпульси**
- 3. Висновки**
- 4. Контрольні запитання**
- 5. Джерела**

Теоретичні відомості

Основні поняття

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

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

Лінійний чотириполюсник – це такий, для якого залежність між струмами, що течуть через нього, та напругами на його зажимах є лінійною. Такі чотириполюсники складаються з *лінійних елементів*.

Лінійні елементи електричних кіл – це такі елементи, параметри яких не залежать від величини струму, що протікає через них або від прикладеної до них напруги. До лінійних елементів електричних кіл (для певного інтервалу величин струмів та напруги) можна віднести реальні резистори, конденсатори й котушки індуктивності.

В схемотехніці пасивні лінійні чотириполюсники, призначені для виділення певних спектральних складових електричних сигналів, називають *пасивними фільтрами* електричних сигналів.

Пасивний фільтр – це пасивний чотириполюсник, який містить реактивні елементи (індуктивності, ємності), спад напруги на яких або струм через які залежить від частоти, і завдяки цьому здатен перетворювати спектр сигналу, поданого на його вхід, шляхом послаблення певних спектральних складових вхідного сигналу. Решта спектральних складових вхідного сигналу проходить через такий пасивний лінійний чотириполюсник, тобто він працює як фільтр для певних спектральних складових сигналу. З практичних міркувань в пасивних фільтрах як реактивні елементи найчастіше використовуються ємності. Фільтри, побудовані на конденсаторах і резисторах, називають ***RC-фільтрами***.

Практична частина

1. ФНЧ

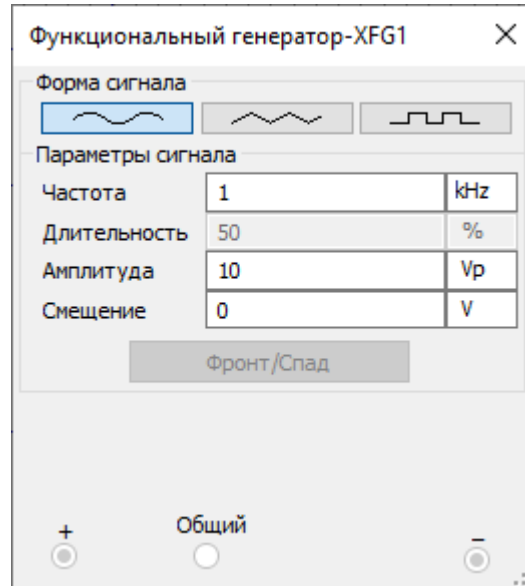


Рис. 1 параметры джерела

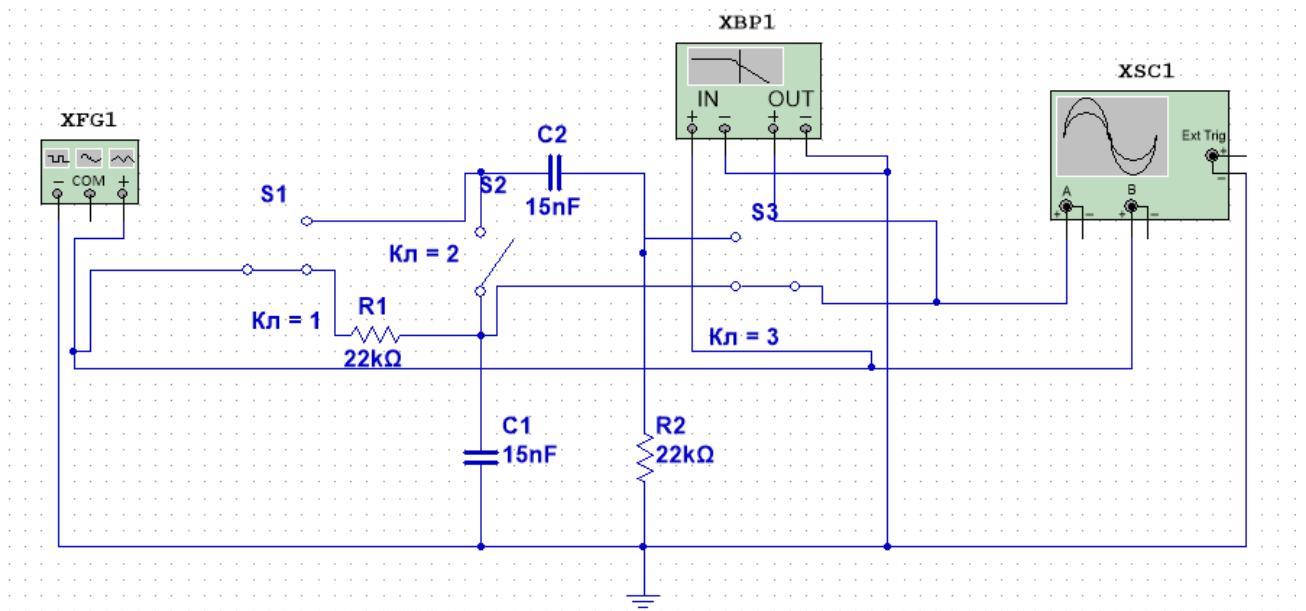


рис. 2 схема ФНЧ

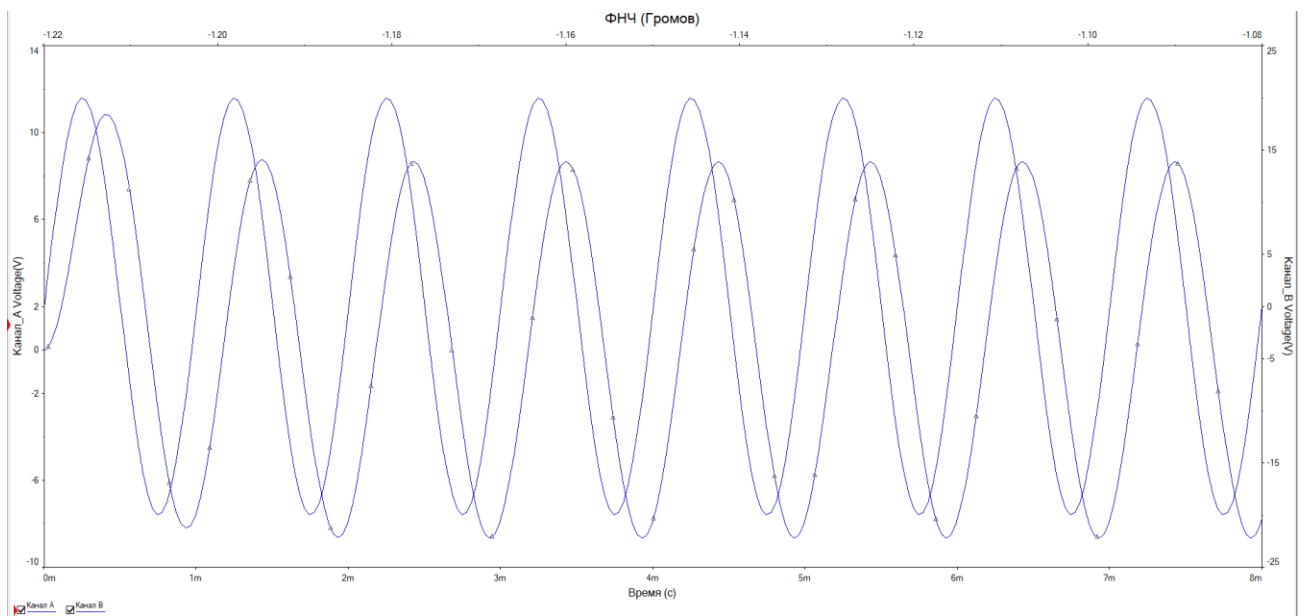


Рис. 3 дані з осцилографа ФНЧ

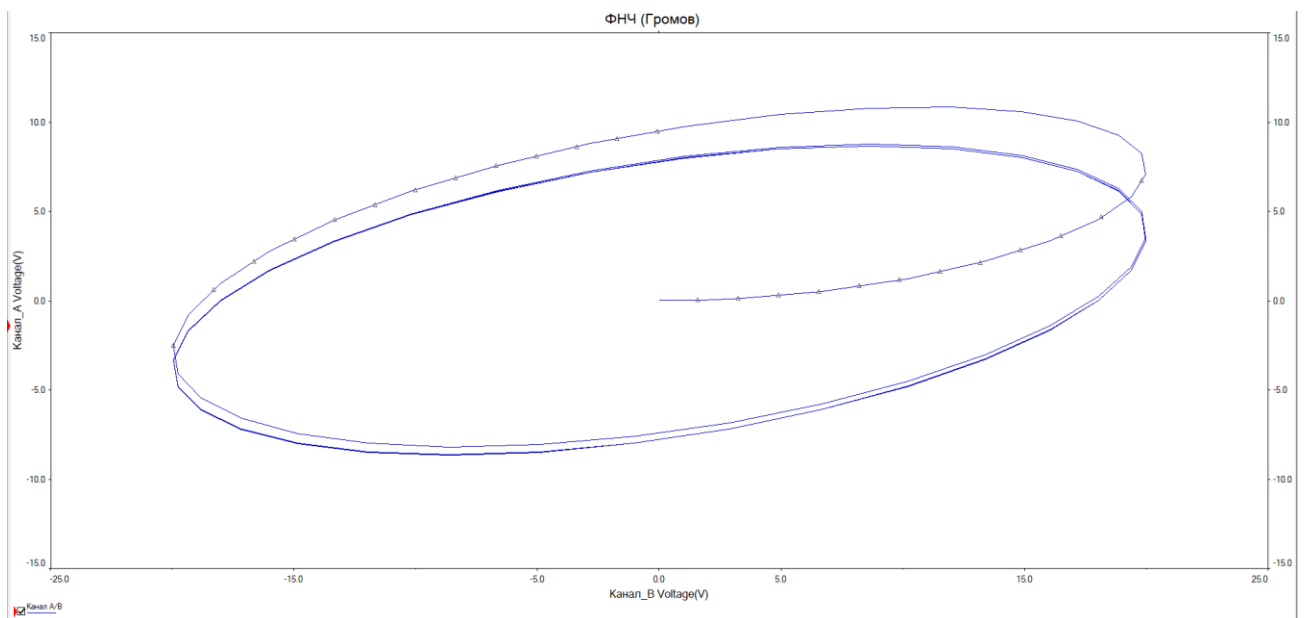


Рис. 4 Фігури Лісажу ФНЧ

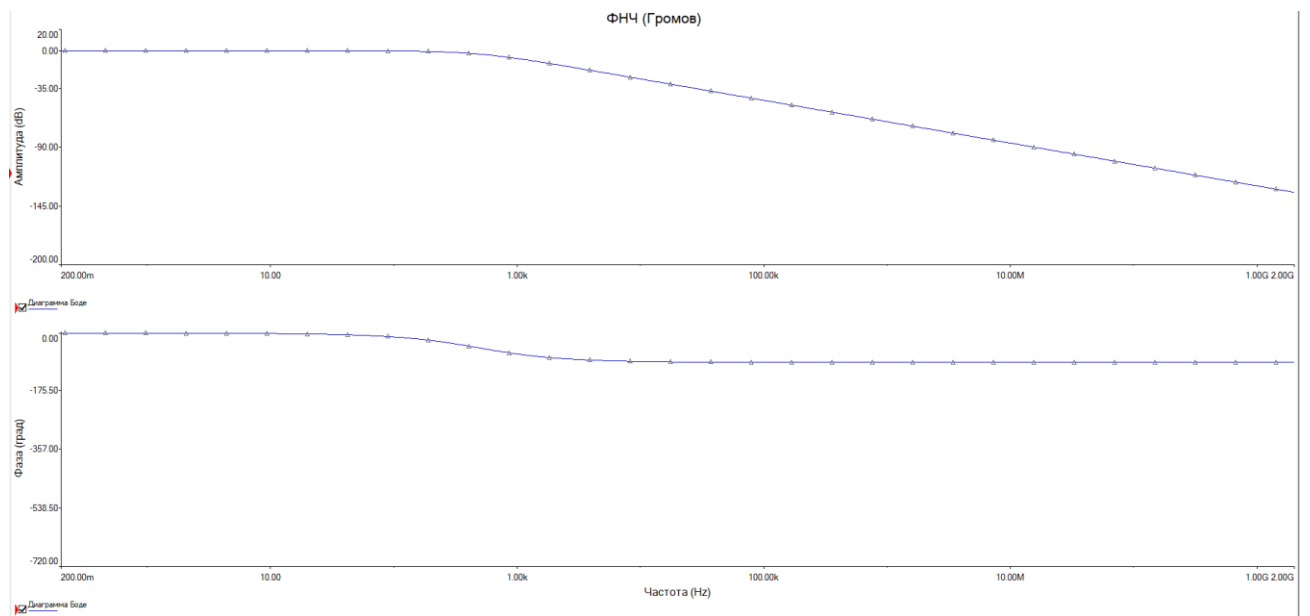


Рис.5 АЧХ та ФЧХ ФНЧ

2. ФВЧ

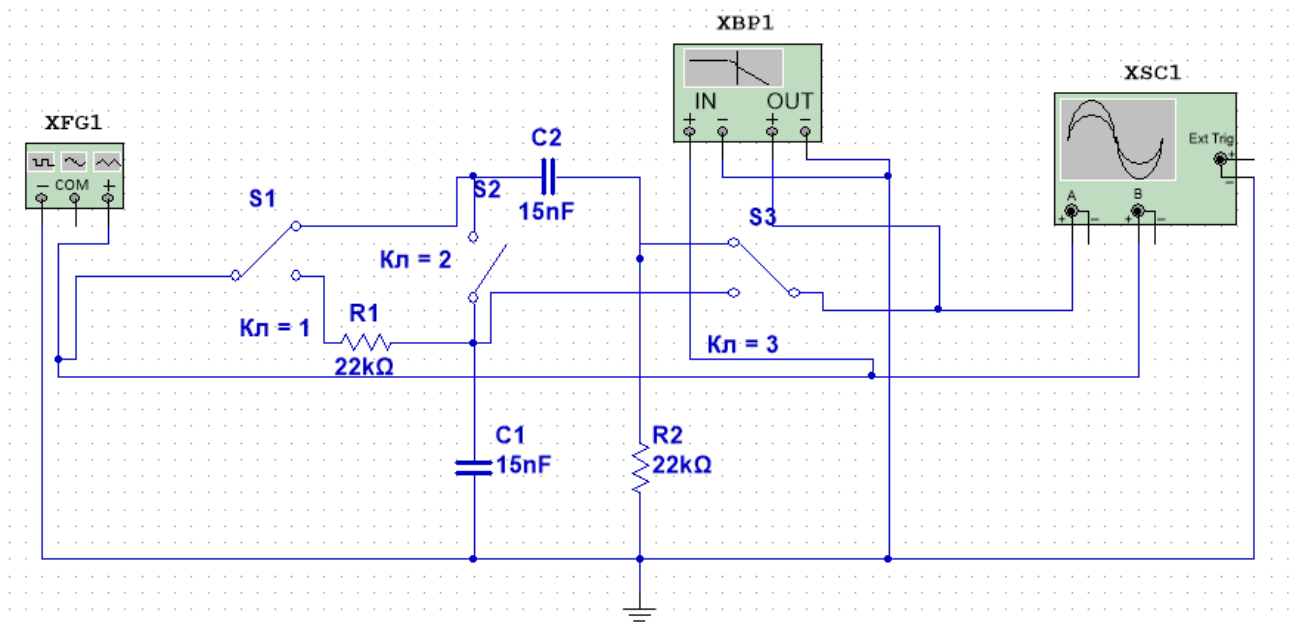


Рис. 6 схема ФВЧ

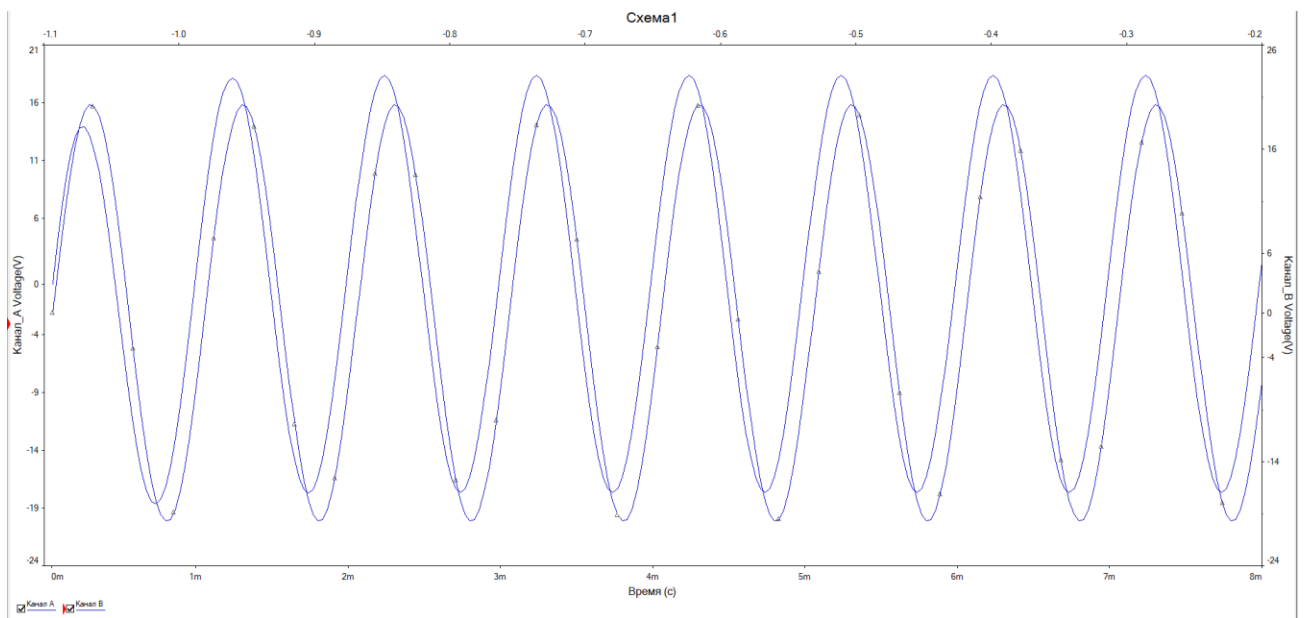


Рис. 7 дані з осцилографа ФВЧ

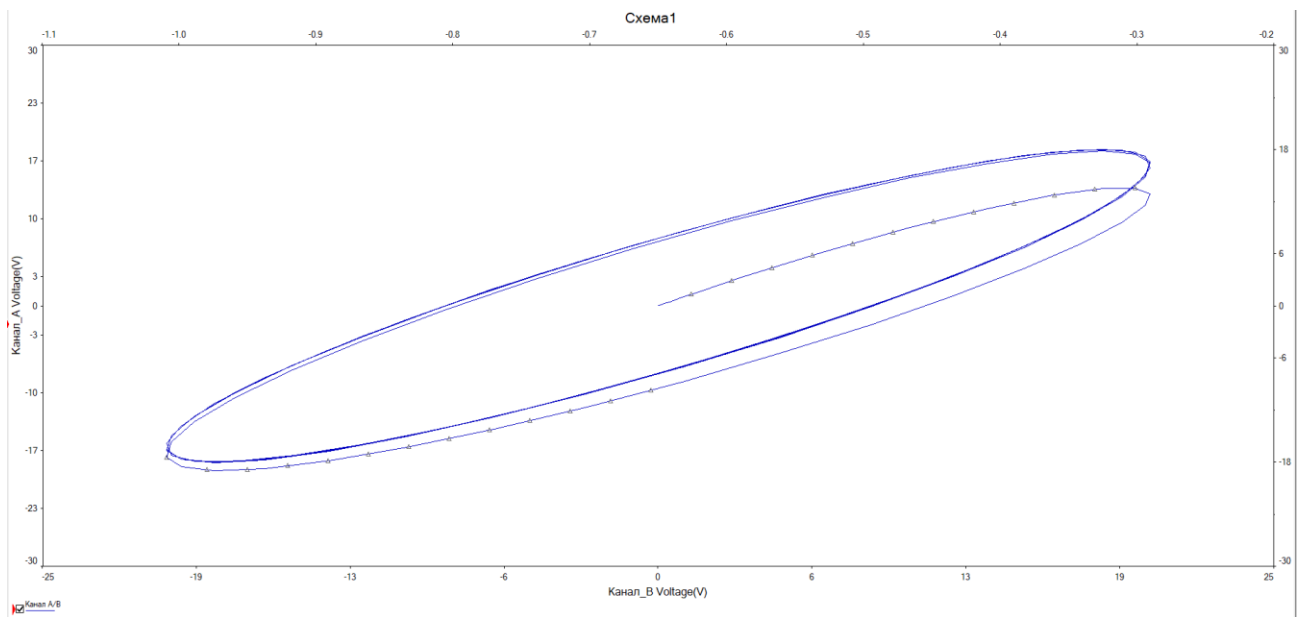


Рис. 8 фігури Лісажу ФВЧ

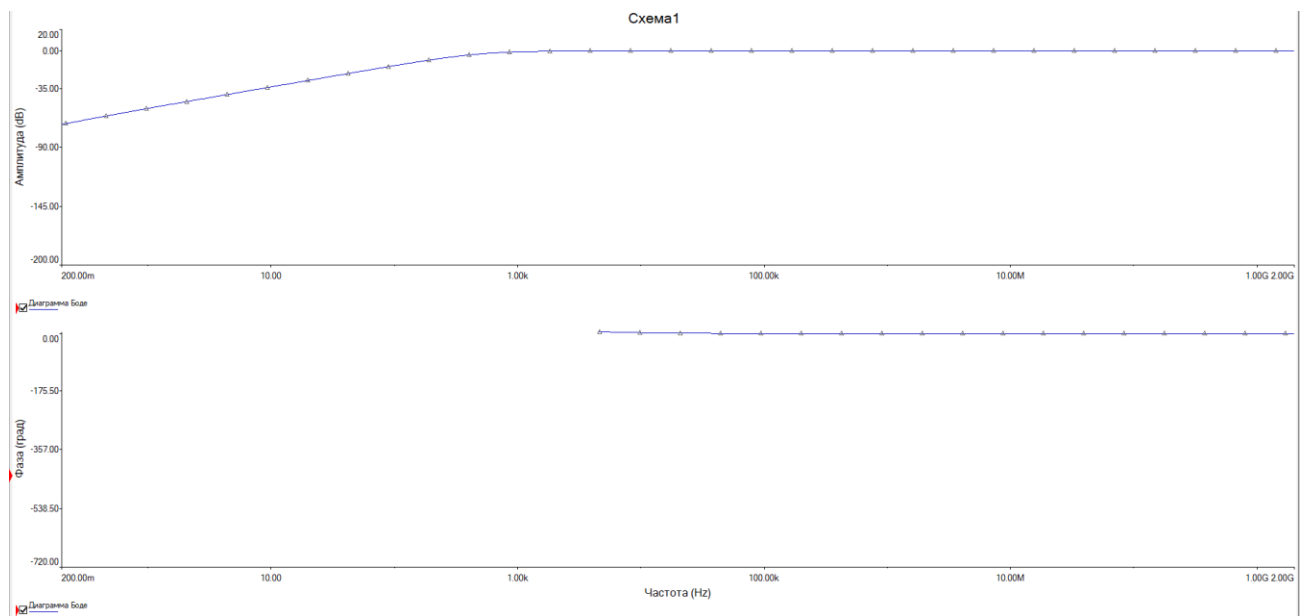


Рис. 9 АЧХ та ФЧХ ФВЧ

3.3Ф

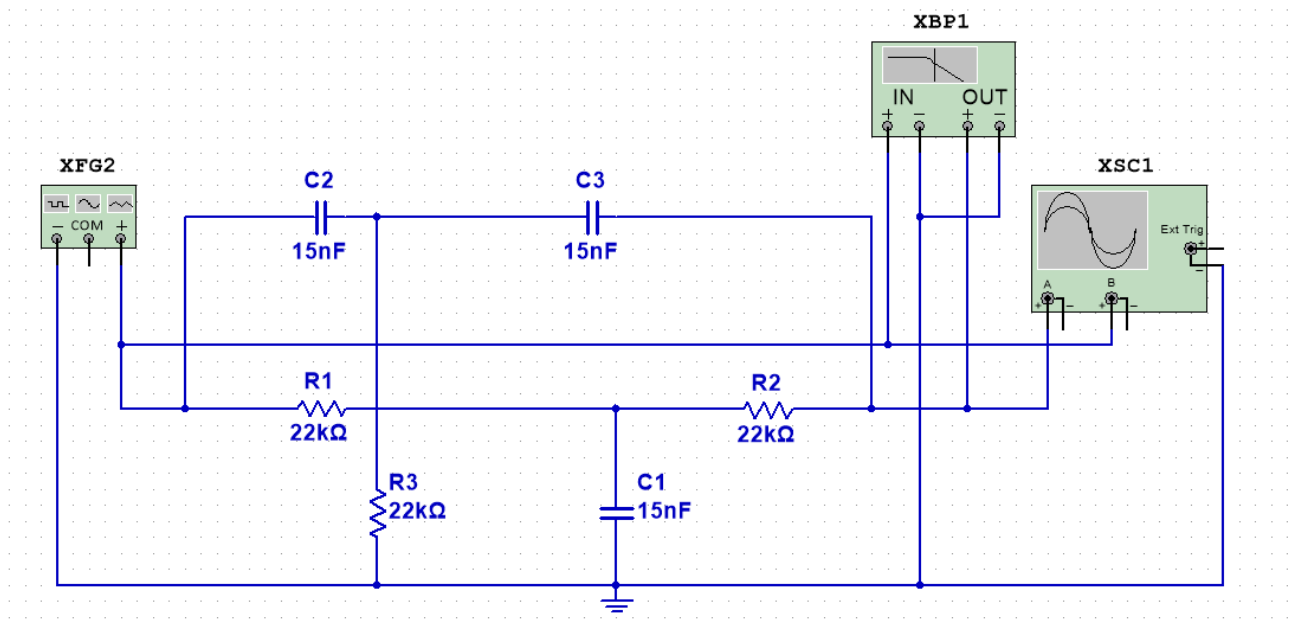


Рис. 10 схема 3Ф

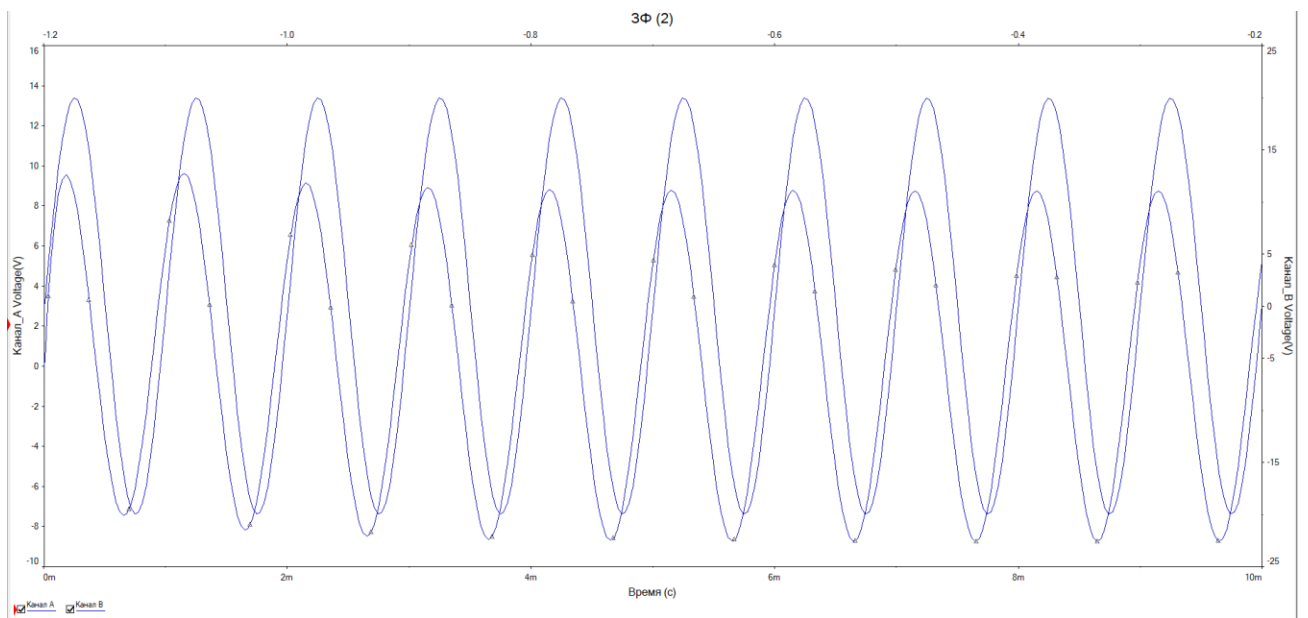


Рис. 11 покази осцилографа 3Ф

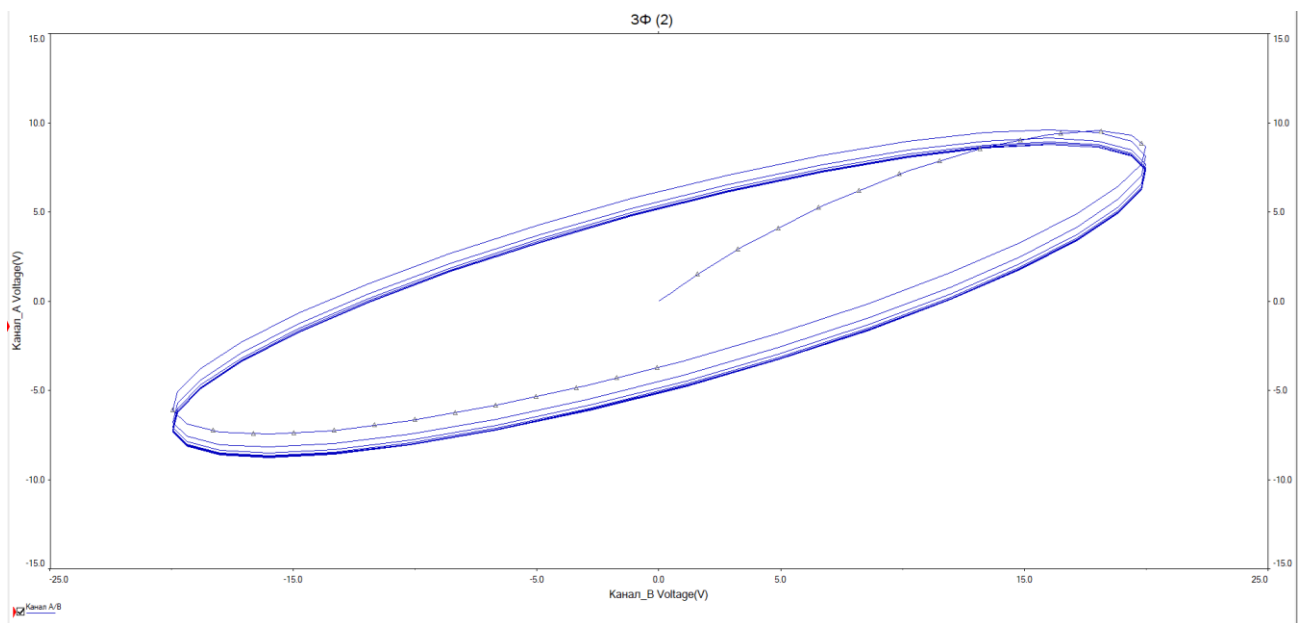


Рис. 12 фігури Лісажу 3Ф

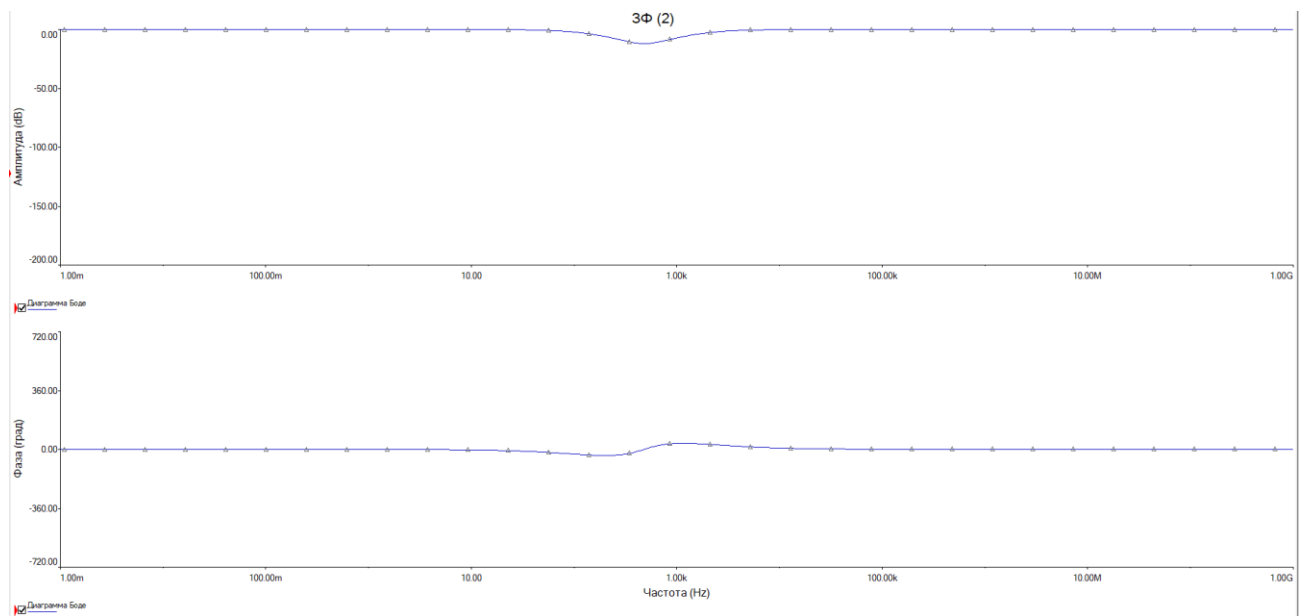


Рис. 13 АЧХ та ФЧХ 3Ф

Функциональный генератор-XFG2

Форма сигнала

Параметры сигнала

Частота	1	kHz
Длительность	50	%
Амплитуда	10	Vp
Смещение	0	V

Фронт/Спад

+

Общий

-

Рис. 14 параметры джерела напруги 3Ф

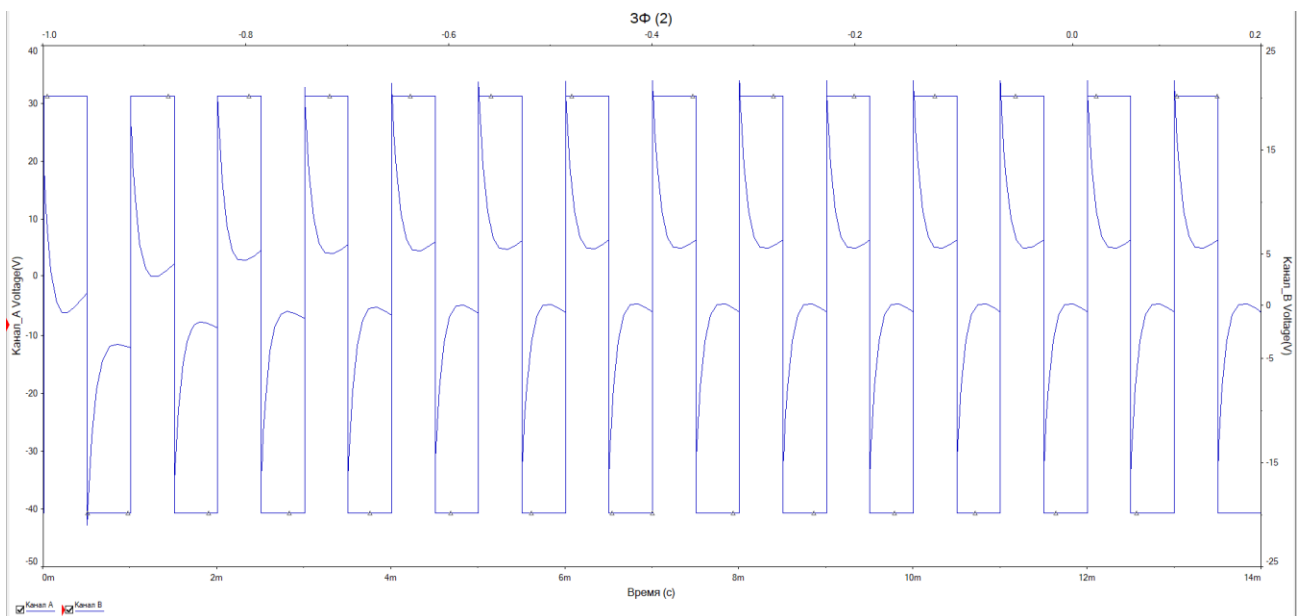


Рис. 15 Реакція ЗФ на вхідний сигнал у вигляді послідовності прямокутних двополярних імпульсів

Висновок: під час виконання цієї лабораторної роботи ми дослідили зміну параметрів гармонічних сигналів та прямокутних імпульсів при їх проходженні через пасивні лінійні чотириполіусники, опанувати методи вимірювання амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик пасивних RC-фільтрів та їх перехідних характеристик. При цьому було застосовано методи співставлення, тобто одночасного спостереження вхідного та вихідного сигналів на екрані двоканального осцилографа із наступним вимірюванням і порівнянням їх параметрів та 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. Також у ході виконання роботи ми дослідили принципи роботи ФВЧ, ФНЧ та ЗФ, спостерігаючи проходження крізь них лише виділеної частини сигналу.

Відповіді на контрольні запитання:

1. Що таке чотириполюсник? У чому полягає відмінність лінійного чотириполюсника від нелінійного? активного від пасивного?

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

Лінійний чотириполюсник – це такий, для якого залежність між струмами, що течуть через нього, та напругами на його зажимах є лінійною. Такі чотириполюсники складаються з *лінійних елементів*.

Нелінійний чотириполюсник – це такий, для якого згадані залежності між струмами та напругами при деяких їх величинах перестають бути лінійними, а на виході можуть з'являтися гармоніки частот вхідних сигналів.

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

Активний чотириполюсник дозволяє збільшувати потужність вихідного сигналу порівняно з потужністю вхідного сигналу за рахунок внутрішніх або зовнішніх джерел енергії.

2. Назвіть види стандартних сигналів, суперпозицією яких можна представити будь-який періодичний сигнал.

У курсі математичного аналізу було вивчено, що будь-яку періодичну функцію можна розкласти у тригонометричний ряд Фур'є. Із цього випливає, що будь-який періодичний сигнал можна представити у вигляді комбінації деяких синусоїдальних та косинусоїдальних сигналів.

3. Поясніть відмінність між частотною, імпульсною та перехідною характеристиками чотириполюсника. Як вони пов'язані між собою?

Всі характеристики є однозначно пов'язаними між собою. Це означає, що знаючи одну характеристику, можна знайти дві інші. Частотна характеристика є фур'є-образом імпульсної та навпаки. Перехідна характеристика є інтегралом від імпульсної, а імпульсна є першою похідною від перехідної.

4. Що називається спектром сигналу? Для яких сигналів спектр буде дискретним, а для яких неперервним?

Спектр сигналу — це сукупність значень амплітуд усіх гармонічних складових для усіх циклічних частот або сукупність

значень амплітуд усіх гармонічних складових для усіх циклічних частот.

Якщо множина частот гармонічних коливань, на які розкладено сигнал, дискретна, то і спектр дискретний; якщо множина частот неперервна, то і спектр неперервний.

5. Які пасивні чотириполюсники називаються фільтрами електричних сигналів? Що таке АЧХ і ФЧХ фільтра?

фільтрами електричних сигналів називають лінійні чотириполюсники, призначені для виділення певних спектральних складових електричних сигналів

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) — залежність відношення модулів амплітуд вихідного і вхідного гармонічних сигналів від їх частоти, яка є залежністю модуля коефіцієнта передачі від частоти

Фазо-частотна характеристика (ФЧХ) — залежність аргумента комплексного коефіцієнта передачі від частоти, тобто різниці фаз між вихідним і вхідним гармонічними сигналами на певній частоті.

6. Виведіть формули для АЧХ і ФЧХ фільтрів нижніх частот, верхніх частот та смугового фільтра (формули (11)-(13)).

7. Яким чином при одночасному спостереженні на екрані двоканального осцилографа осцилограм вхідного і вихідного сигналів деякого фільтра можна визначити його тип (фільтр НЧ чи ВЧ)?

Якщо на виході фільтра синусоїда напруги зміщена вправо, то це фільтр нижніх частот, якщо ж навпаки, вліво, то це фільтр верхніх частот.

8. Яким чином за допомогою методу фігур Лісажу можна виміряти АЧХ і ФЧХ фільтрів?

Якщо в режимі **X-Y** на канал I осцилографа подати вхідний гармонічний сигнал певної частоти **$U_{вх}(t)$** , а на канал II сигнал з виходу фільтра **$U_{вих}(t)$** , то на екрані осцилографа отримаємо еліпс, за допомогою якого можна визначити коефіцієнт передачі і зсув фаз для певної частоти гармонічного сигналу.

9. Поясніть форму вихідних сигналів фільтрів нижніх і верхніх частот при подачі на їх вхід сигналу у вигляді послідовності прямокутних імпульсів.

Якщо на такий же одноланковий фільтр подати сходинкоподібну напругу, то напруга на виході, яка дорівнює різниці потенціалів U_C між обкладинками конденсатора C , буде змінюватися відповідно до рівняння, що пов'язує швидкість зміни напруги на конденсаторі з величиною зарядного струму I .

$$U_C = U_{in}(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Рівняння описує перехідну характеристику фільтра нижніх частот. Добуток $\tau_{RC} = RC$ називають сталою часу цього електричного кола.

Якщо через час $t \ll \tau_{RC}$ вимкнути вхідну напругу, тобто $U_{in} = 0$, то вихідна напруга буде змінюватись за законом:

$$U_C = U_{in}(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Спробуємо якісно розглянути фізичні явища, що відбуваються в колі. Коли ключ під'єднує схему до джерела напруги U_{in} , конденсатор C заряджається через опір R . Коли ключ розімкнено ($U_{in} = 0$), конденсатор розряджається – напруга на ньому експоненційно спадає з часом. За час, що дорівнює τ_{RC} , напруга на конденсаторі зменшується в e . Очевидно, що для заданого τ форма вихідної напруги буде залежати від швидкості перемикань ключа.

При $t \ll \tau_{RC}$ вихідна напруга буде пропорційна інтегралу від вхідної. Тому розглянуте коло іноді називають інтегрувальною ланкою. Справді, якщо розглянути початкову ділянку зміни вихідної напруги, тобто в околі $t = 0$, то виявимо функцію, дуже близьку до лінійної. Наведена умова інтегрування також означає, що швидкість зміни вхідного сигналу набагато більша за швидкість заряджання конденсатора. З АЧХ видно, що область частот вхідного сигналу повинна бути більшою за частоту зрізу, тобто розташовуватися в області похилої ділянки діаграми Боде.

10. Чому фільтр нижніх частот називають інтегрувальною ланкою, а фільтр верхніх частот – диференціальною?

Фільтр верхніх частот відрізняється тим, що вихідна напруга знімається з резистора. Так що значення цієї напруги буде прямо пропорційне струму заряда конденсатора. При миттєвому стрибку постійної напруги на вході вихідна напруга стане рівною вхідній, оскільки реактивний опір конденсатора для таких високочастотних гармонік близький до нуля. Таким чином,

вихідна напруга пропорційна швидкості зміни вхідного сигналу. Таке коло називається диференціювальною ланкою. Розглянута умова, за якої швидкість зміни вхідного сигналу суттєво менша за швидкість заряджання конденсатора, відповідає похилій ділянці амплітудно-частотної характеристики протилежного знаку.

Список використаної літератури 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.