

КПІ ім. Ігоря Сікорського
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

З КУРСУ: «СХЕМОТЕХНІКА»

НА ТЕМУ: «СХЕМИ АКТИВНИХ ФІЛЬТРІВ НА ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧАХ»

Київ

2023

Мета роботи: ознайомитись із схемами активних фільтрів на операційних підсилювачах та інтегратора, диференціатора; вивчити їх основні характеристики; набути практичних навичок проектування та перевірки роботи схем активних фільтрів.

Теоретичні відомості

Фільтром називається чотириполосник, який пропускає вхідні гармонійні сигнали, частоти яких знаходяться у смузі пропускання фільтру. Сигнали, частоти яких не потрапляють у смугу пропускання фільтру – сильно послаблюються. Основне призначення фільтрів – частотне розділення сигналів.

За конструктивним виконанням фільтри поділяються на активні та пасивні. Активний фільтр містить у своєму складі підсилювальний елемент (транзисторний каскад, операційний підсилювач), пасивний – складається тільки з активних опорів та реактивних елементів (ємності, індуктивності).

Частота вхідного сигналу, за якої відбувається зменшення коефіцієнту передачі фільтру в $\sqrt{2}$ раз (-3 Дб), називається частотою зрізу фільтру. За частотним діапазоном фільтри поділяються: фільтри нижніх частот (НЧ), верхніх частот (ВЧ), полосові (ПФ). Фільтр НЧ пропускає сигнали з частотою від нуля до частоти зрізу, фільтр ВЧ пропускає сигнали із частоти зрізу до частоти, яка визначається обмеженнями застосованого активного елемента. Полосовий фільтр пропускає частоти у певному діапазоні від нижньої до верхньої границі, яка визначається по рівню -3Дб.

На рисунку 1 (а) представлена схема активного фільтру нижніх частот першого порядку, який виконано на двох операційних підсилювачах. На клемму Х1 надходить вхідний сигнал, Х2 – знімається вихідний. Коефіцієнт передачі у

частотній області менше частоти зрізу визначається виразом: $K = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3}$ (1).

Частота зрізу: $f_g = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$ (2).

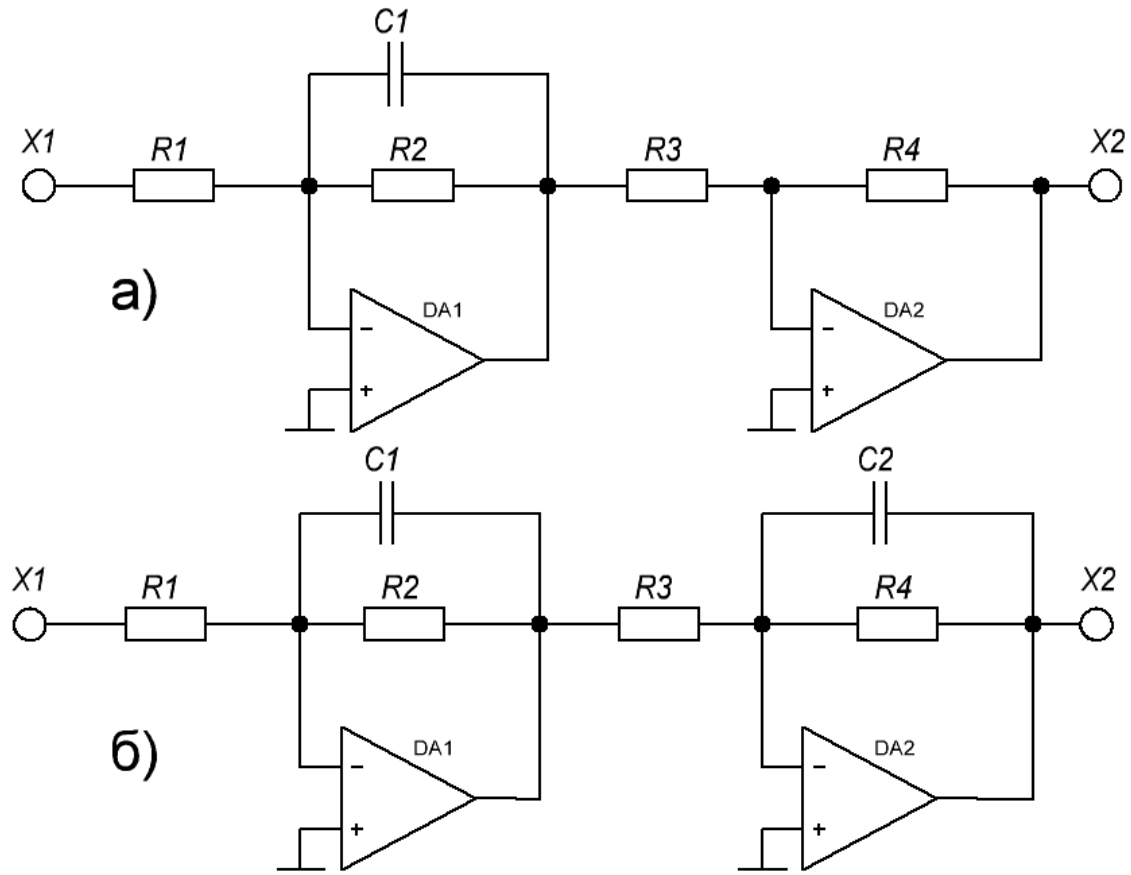


Рисунок 1- Фільтри нижніх частот а) першого порядку, б) другого порядку
 Послідовне з'єднання фільтрів першого порядку дозволяє отримати фільтр НЧ другого порядку, який представлено на рисунку 1 (б). Коефіцієнт передачі визначається виразом (1), частота зрізу на рівні -6 Дб – виразом (2) за умови $C1 = C2$; $R2 = R4$.

На рисунку 2 (а) представлено фільтр верхніх частот. Частота зрізу визначається за виразом (2), тільки постійна часу буде $R1C1$. Коефіцієнт передачі визначається як для неінвертуючого підсилювача із резисторами $R2, R3$.

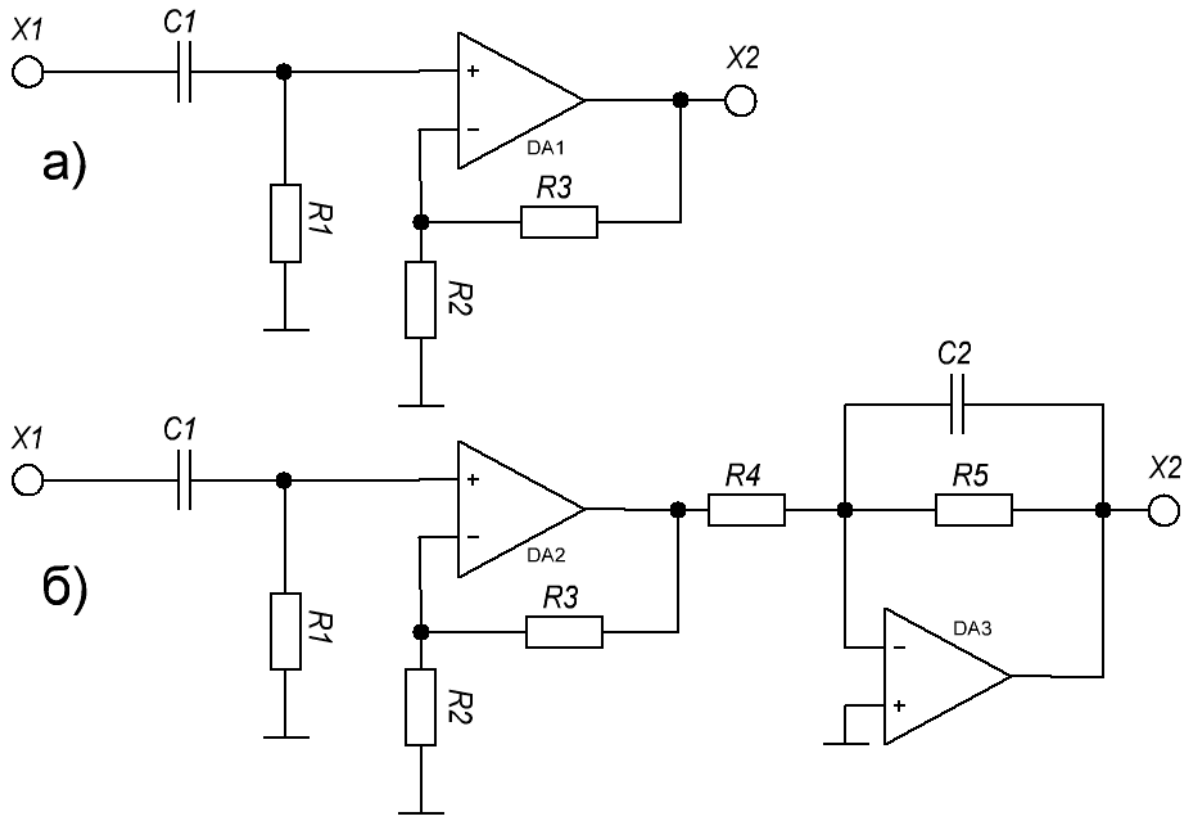


Рисунок 2 – а) фільтр верхніх частот, б) полосовий фільтр

На рисунку 2 (б) представлено полосовий фільтр. Нижня частота зрізу визначається виразом (2) із постійною часу R_1C_1 , верхня із R_5C_2 . Коефіцієнт

передачі визначається

$$K = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) \cdot \frac{-R_5}{R_4} \quad (3).$$

Інтегратори та диференціатори можуть бути застосовані в якості складових фільтрів. Схема інтегратора представлена на рис.3.1.

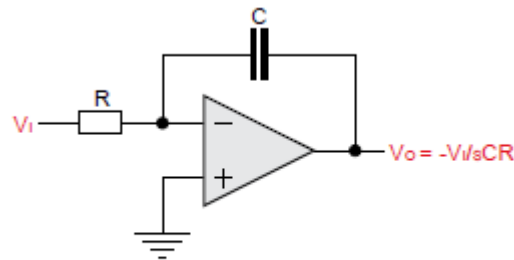


Figure 3.1: Integrator

Нехай, $A = \frac{GB}{s}$, тоді отримаємо:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{-\frac{1}{sCR}}{\left(1 + \frac{1}{GB \cdot RC} + \frac{s}{GB}\right)}$$

Для більш стабільної роботи схеми інтегратора слід послідовно із ємністю С ввімкнути опір великого номіналу.

Схема диференціатора на ОП представлена на рис.3.2.

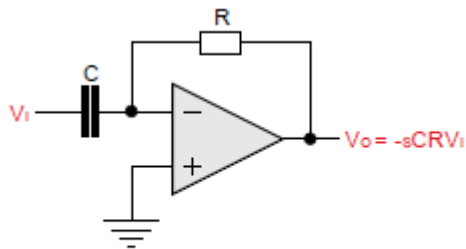


Figure 3.2: Differentiator

Формула, що описує його роботу:

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{-sRC}{\left(1 + \frac{s}{GB} + \frac{s^2 \cdot RC}{GB}\right)} \quad (3.1)$$

$$= \frac{-sRC}{\left(1 + \frac{s}{\omega_0 Q} + \frac{s^2}{\omega_0^2}\right)} \quad (3.2)$$

Завдання для виконання

1. Скласти схему фільтру нижніх частот першого порядку. Номінали елементів використати наступні: $R_1 = 1\text{к}$; $R_2 = 2,2\text{к}$; $R_3 = R_4 = 1\text{к}$; $C_1 = 0,01\text{ мкф}$. Розрахувати частоту зрізу за виразом (2), взяти 10 значень більших та менших частоти зрізу, зняти амплітудо-частотну та фізико-частотну характеристики, при цьому подавати на вхід схеми синусоїдальний сигнал, амплітудою 1 В. Визначити коефіцієнт передачі фільтру у низькочастотній області, зафіксувати частоту за якої

відбувається його зменшення у $\sqrt{2}$ раз. Порівняти отримані дані із результатами розрахунків. Зняти осцилограми роботи фільтра для трьох значень частот, включаючи частоту зрізу.

2. Подати на вхід схеми прямокутний сигнал (амплітуда 1В, частота 1 кГц), зняти перехідні характеристики фільтра.
3. Повторити пункти 1, 2 для фільтра низьких частот другого порядку. Номінали елементів використати наступні: $R1 = 1\text{к}$; $R2 = 2,2\text{к}$; $R3 = 4,7\text{к}$; $R4 = 2,2\text{к}$; $C1 = C2 = 0,01\text{ мкф}$.
4. Скласти схему фільтра верхніх частот першого порядку. Номінали елементів використати наступні: $R1 = 2,2\text{к}$; $R2 = 1\text{к}$; $R3 = 1\text{к}$; $C1 = 0,01\text{ мкф}$. Розрахувати частоту зрізу за виразом (2), взяти 10 значень більших та менших частоти зрізу, зняти амплітудо-частотну та фізо-частотну характеристики, при цьому подавати на вхід схеми синусоїдальний сигнал, амплітудою 1 В. Визначити коефіцієнт передачі фільтра у низькочастотній області, зафіксувати частоту за якої відбувається його зменшення у $\sqrt{2}$ раз. Порівняти отримані дані із результатами розрахунків. Зняти осцилограми роботи фільтра для трьох значень частот, включаючи частоту зрізу.
5. Подати на вхід схеми прямокутний сигнал (амплітуда 1В, частота 1 кГц), зняти перехідні характеристики фільтра.
6. Скласти схему полосового фільтра. Номінали елементів використати наступні: $C1 = 0,1\text{ мкф}$; $R1 = 2,2\text{к}$; $R2 = 1\text{к}$; $R3 = 1\text{к}$; $R4 = 1\text{к}$; $R5 = 2,2\text{к}$; $C2 = 0,01\text{ мкф}$. Розрахувати частоту зрізу нижньої та верхньої границі за виразом (2), взяти 10 значень більших та менших частот зрізу, зняти амплітудо-частотну та фізо-частотну характеристики, при цьому подавати на вхід схеми синусоїдальний сигнал, амплітудою 1 В. Визначити коефіцієнт передачі фільтра у низькочастотній області, зафіксувати

частоту за якої відбувається його зменшення у $\sqrt{2}$ раз. Порівняти отримані дані із результатами розрахунків. Зняти осцилограми роботи фільтра для трьох значень частот, включаючи частоту зрізу.

7. Подати на вхід схеми прямокутний сигнал (амплітуда 1В, частота 1 кГц), зняти перехідні характеристики фільтра.
8. Скласти схему інтегратора із параметрами елементів $C = 0,01$ мкф; $R = 2,2$ к. Визначити частоту зрізу за виразом (2) для постійної часу RC , взяти 10 значень більших та менших частот зрізу, зняти амплітудо-частотну та фізо-частотну характеристики, при цьому подавати на вхід схеми синусоїдальний сигнал, амплітудою 1 В. Зафіксувати значення частоти, за якої коефіцієнт передачі інтегратора дорівнює одиниці. Порівняти отриману величину із розрахованою за виразом (2). Зняти осцилограми роботи інтегратора для трьох значень частот, включаючи частоту зрізу.
9. Подати на вхід схеми прямокутний сигнал із $U_{\text{амп}}=1$ В, $f=1$ кГц. Зняти перехідну характеристику інтегратора.
10. Повторити пункти 8 та 9 для диференціатора із параметрами елементів $C = 0,01$ мкф; $R = 2,2$ к.