

Лабораторна робота №6. Дослідження схем ФВЧ вищих порядків

© Коломієць Р. О.

Грудень, 2020

Мета роботи: дослідити роботу фільтрів високих частот, зібраних по схемі Саллена–Кея та схемі з багатопетлевим зворотним зв'язком; дослідити, як впливає порядок фільтра на його АЧХ.

1 Перехід від ФНЧ до ФВЧ

Зазвичай схема ФВЧ отримується із схеми ФНЧ шляхом заміни резисторів на конденсатори, а конденсаторів на резистори (рис. 1). АЧХ ФВЧ в такому випадку отримується як дзеркальне відображення АЧХ ФНЧ відносно частоти зрізу (рис. 2) шляхом заміни нормалізованої частоти Ω на $1/\Omega$ і S на $1/S$.

Класичні схеми активних фільтрів Саллена–Кея та з багатопетлевим зворотним зв'язком є фільтрами другого порядку і вони забезпечують крутизну спаду АЧХ приблизно на 40 дБ/дек. У

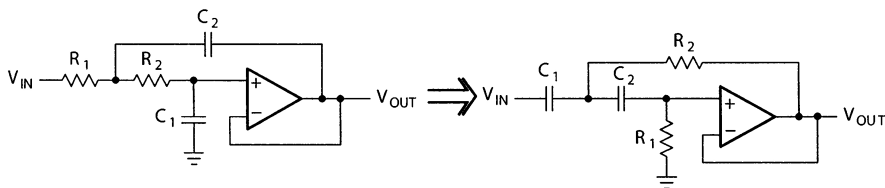


Рис. 1 – Перехід від ФНЧ до ФВЧ

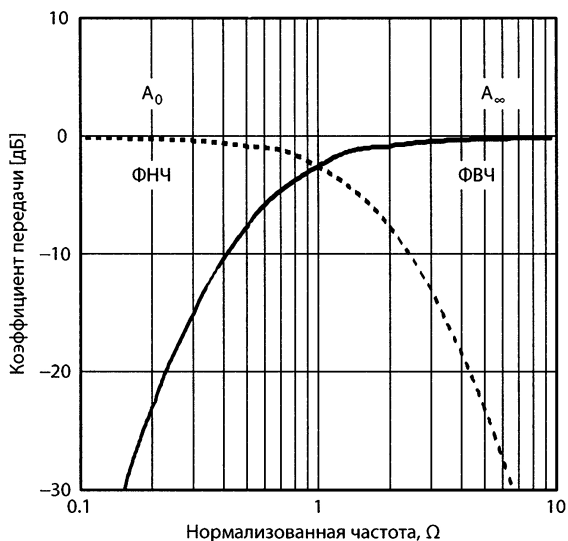


Рис. 2 – Отримання АЧХ ФВЧ

багатьох випадках на практиці потрібна більша крутизна спаду АЧХ, і тому порядок фільтра нарощують. Нарощування порядку фільтра відбувається шляхом дублювання схеми, тобто додаванням до виходу схеми ФНЧ/ФВЧ точно такої же схеми, але з дещо іншими номіналами елементів.

Завданням цієї лабораторної роботи є розрахунок схеми ФВЧ та створення фільтра шостого порядку.

2 ФВЧ Саллена–Кея

Схема ФВЧ Саллена–Кея показана на рис. 3. Для розрахунку схеми у першу чергу потрібно визначитися із типом апроксимації (по Чебишеву, Баттерворту чи Бесселю). Потім із спеціальних довідникових таблиць (Картер, Манчіні) вибираються коефіцієнти a_k та b_k для k -ї ланки фільтра. Для ФВЧ Саллена–Кея справедливі співвідношення:

$$a_1 = \frac{1}{\omega_0 C R_1},$$

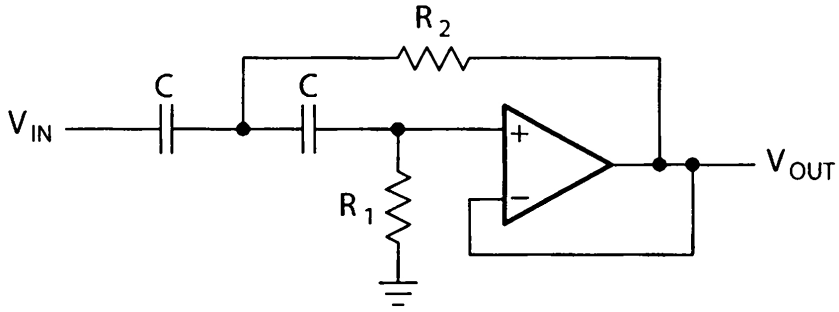


Рис. 3 – ФВЧ Саллена–Кея

$$b_1 = \frac{1}{\omega_0^2 C^2 R_1 R_2}.$$

Таким чином, для розрахунку фільтра спочатку задають ємність конденсатора C . Потім із таблиць в залежності від виду апроксимації та порядку ланки беруть значення коефіцієнтів a_k і b_k , і обчислюють номінали опорів:

$$R_{1k} = \frac{1}{\pi f_0 C a_k},$$

$$R_{2k} = \frac{a_1}{4\pi f_0 C b_k}.$$

3 ФВЧ із багатопетльовим зворотним зв'язком

Схема ФВЧ із багатопетльовим зворотним зв'язком показана на рис. 4. Порядок її розрахунку в цілому такий самий, як і схеми Саллена–Кея, але самі розрахункові співвідношення дещо інші:

$$a_1 = \frac{2C_2 + C}{\omega_0 C C_2 R_1},$$

$$b_1 = \frac{2C_2 + C}{\omega_0^2 R_1 R_2 C_2 C}.$$

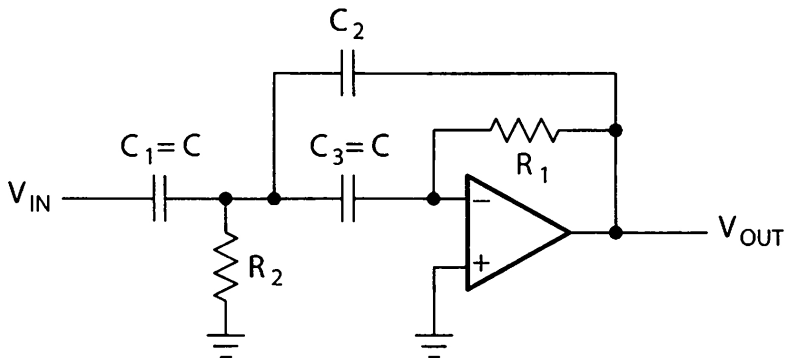


Рис. 4 – ФВЧ із багатопетльовим зворотним зв'язком

Тоді для першої ланки номінали резисторів обчислюються за формулами:

$$R_1 = \frac{1 - 2\frac{C}{C_2}}{2\pi f_0 C a_1},$$

$$R_2 = \frac{a_1}{2\pi f_0 C_2 b_1 \left(1 - 2\frac{C}{C_2}\right)}.$$

Для того, щоб ці вирази мали сенс, необхідно, щоб виконувалася умова:

$$1 - 2\frac{C}{C_2} > 0,$$

тобто

$$C > \frac{C_2}{2}.$$

4 Порядок виконання роботи

1. Частота зрізу та вид апроксимації точно такі ж, як і у попередній роботі. Прорядок фільтра — шостий. За власним вподобанням вибрати схему фільтра (Саллена–Кея чи з багатопетльовим зворотним зв'язком).

2. Розрахувати схему за відповідними формулами.

3. У середовищі LTspice зібрати розраховану схему. В якості операційного підсилювача використовувати AD824 або ADTL084 (близькі аналоги LM324, який використовується в лабораторних роботах “в залізі”).

4. Промоделювати роботу схеми. Обов'язково показати АЧХ окремих ланок і показати, що частота зрізу практично співпадає із тим значенням, що було задано в таблиці.

5 Зміст звіту

Звіт рекомендується оформлювати у наступній послідовності.

- Назва роботи та мета її виконання.
- Варіант та параметри схем.
- Розрахунок схеми.
- Скріншот результатів симуляції роботи розрахованої схеми з вказанням того, яка АЧХ відповідає якій ланці фільтра.
- Висновки. Чи співпадає розрахункова частота зрізу із заданою в таблиці? Як оцінити крутизну спаду АЧХ? Чому вона дорівнює у вашій схемі?