

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный Исследовательский Университет ИТМО»



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5
ПРЕДМЕТ «ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ»
ТЕМА «АКТИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ НА ОПЕРАЦИОННЫХ
УСИЛИТЕЛЯХ»

Вариант №10

Преподаватель:
Жданов В. А.

Выполнил:
Румянцев А. А.

Факультет: СУиР
Группа: R3341
Поток: ЭлУСУ R22 бак 1.2

Санкт-Петербург
2025

Содержание

1	Цель работы	2
2	Исходные данные	2
2.1	Активные фильтры первого порядка	2
2.1.1	ФНЧ инвертирующий	2
2.1.2	ФВЧ неинвертирующий	2
2.2	Активные фильтры второго порядка	3
2.2.1	ФВЧ Салена-Ки	3
2.2.2	ПФ многопетлевая ОС	3
2.2.3	Режекторный фильтр	3
3	Исследование активных фильтров первого порядка	4
3.1	Схема инвертирующего ФНЧ	4
3.2	ЛАФЧХ характеристика инв. ФНЧ	4
3.3	Схема неинвертирующего ФВЧ	5
3.4	ЛАФЧХ характеристика неинв. ФВЧ	5

Цель работы

Цель работы – исследование схем активных фильтров.

Исходные данные

Операционный усилитель берем как в лабораторной работе №3 – LT1037.

Активные фильтры первого порядка

ФНЧ инвертирующий

Исходные данные ФНЧ инвертирующий

R_1 , Ом	R_2 , Ом	C_1 , нФ	K_U^*	f_{cp}^* , кГц
442.1	2650	10	6	6

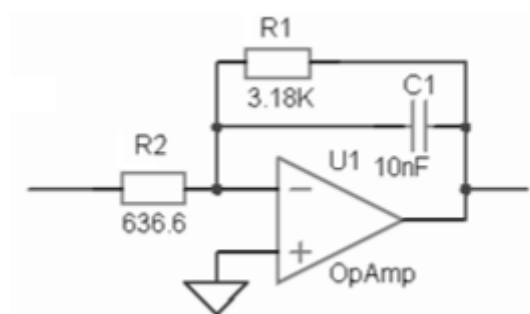


Рис. 1: Схема ФНЧ инвертирующий

ФВЧ неинвертирующий

Исходные данные ФВЧ неинвертирующий

R_1 , Ом	R_2 , кОм	R_3 , кОм	C_1 , нФ	K_U^*	f_{cp}^* , кГц
3180	1	4	10	5	5

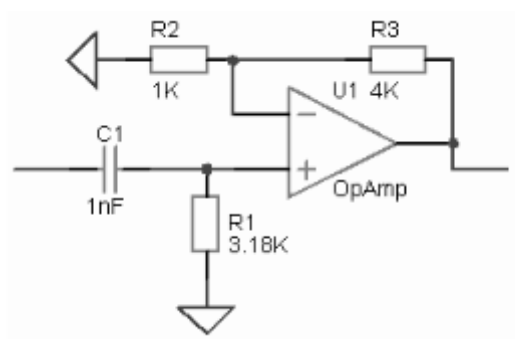


Рис. 2: Схема ФВЧ неинвертирующий

Активные фильтры второго порядка

ФВЧ Салена-Ки

Исходные данные ФВЧ Салена-Ки

C_1 , нФ	C_2 , нФ	R_1 , Ом	R_2 , кОм	R_3 , кОм	R_4 , кОм	K_U^*	f_{cp}^* , кГц
100	100	292.2	0.8766	1	3	4	4

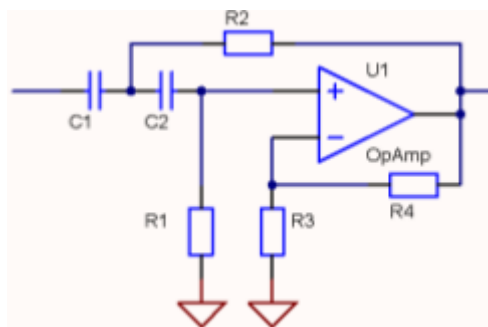


Рис. 3: Схема ФВЧ Салена-Ки

ПФ многопетлевая ОС

Исходные данные ПФ многопетлевая ОС

C_1 , нФ	C_2 , нФ	R_1 , Ом	R_2 , кОм	R_3 , кОм	K_U^*	f_{cp}^* , кГц	Δf^* , кГц
10	10	530.5	4.78	5.3	5	10	6

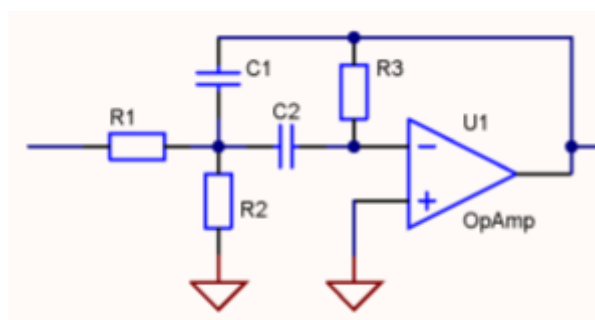


Рис. 4: Схема ПФ с многопетлевой ОС

Режекторный фильтр

Исходные данные для режекторного фильтра

C_1 , нФ	C_2 , нФ	C_3 , нФ	R_1 , кОм	R_2 , кОм	R_3 , Ом	R_4 , кОм	R_5 , кОм
10	10	20	0.7958	0.7958	397.9	∞	0

K_U^*	f_{cp}^* , кГц	Δf^* , кГц
1	20	20

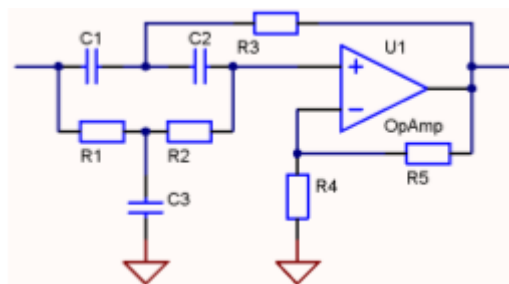


Рис. 5: Схема РФ

Исследование активных фильтров первого порядка

Схема инвертирующего ФНЧ

Построим схему инвертирующего ФНЧ в LTspice

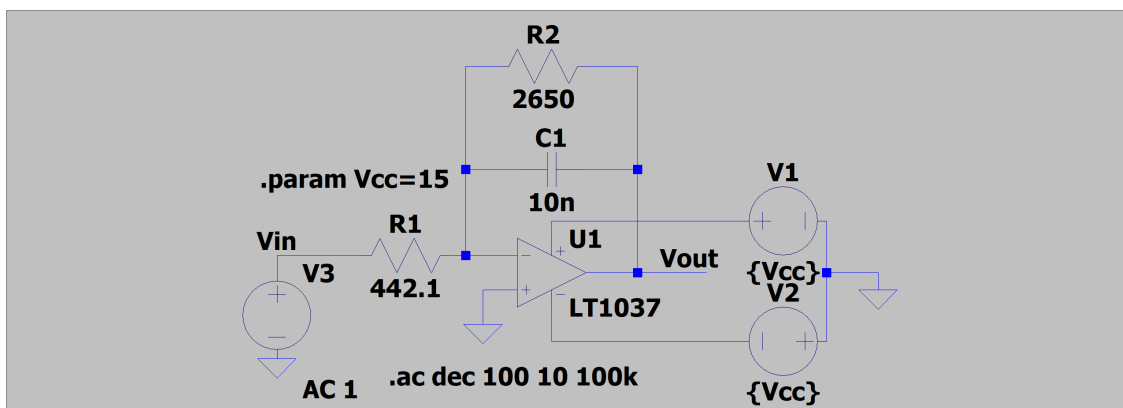


Рис. 6: ФНЧ инвертирующий

ЛАФЧХ характеристика инв. ФНЧ

Зададим на входной сигнал AC 1 и снимем ЛАЧХ на выходе через .ac dec 100 10 100k (sweep по частоте от 10 Гц до 100 кГц с 100 точками на декаду)

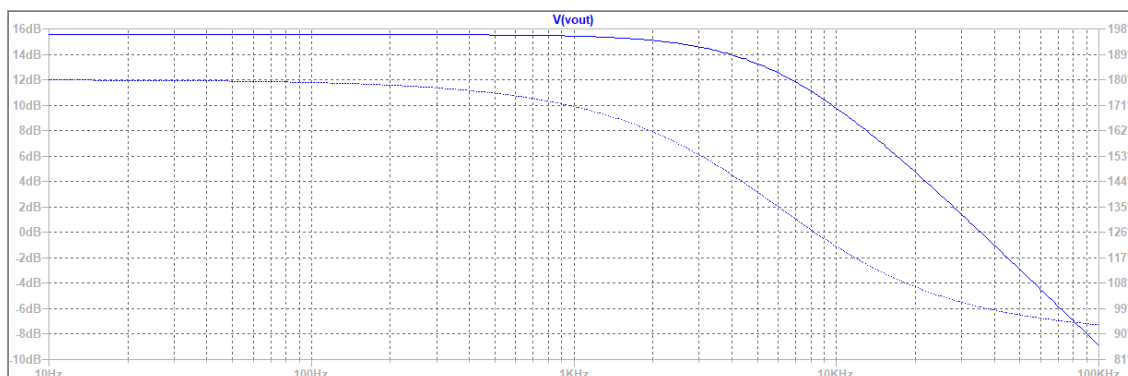


Рис. 7: ЛАФЧХ характеристика инвертирующего ФНЧ

Курсором снимем значения A_n дБ, A_{n-3} дБ, f_n дБ, f_{n-3} дБ, φ_n дБ, φ_{n-3} дБ, где $n - 3$ – амплитуда, на которой находится полоса пропускания фильтра

$$f_n \text{ дБ} = 10 \text{ Гц} : A_n \text{ дБ} = 15.554492 \text{ дБ}, \varphi_n \text{ дБ} = 179.90453^\circ;$$

$$f_{n-3 \text{ дБ}} = 5.9961892 \text{ кГц}; A_{n-3 \text{ дБ}} = 12.548454 \text{ дБ}, \varphi_{n-3 \text{ дБ}} = 135.02205^\circ;$$

Имеем

$$\Delta A = 3.006038 \text{ дБ}, f_{n-3 \text{ дБ}} = 5.9961892 \approx f_{\text{ср}}^* = 6 \text{ кГц};$$

Экспериментально полученная полоса пропускания фильтра равна теоретически рассчитанной.

Схема неинвертирующего ФВЧ

Построим схему неинвертирующего ФВЧ в LTspice

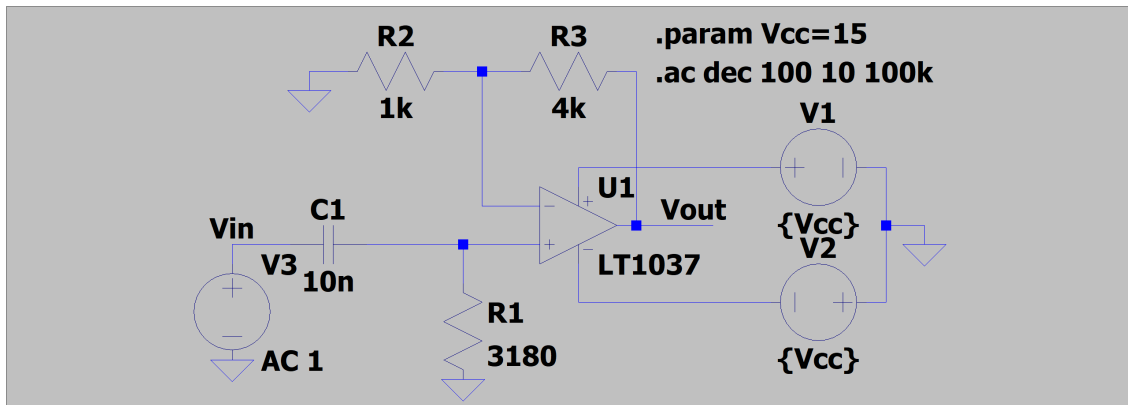


Рис. 8: ФВЧ неинвертирующий

ЛАФЧХ характеристика неинв. ФВЧ

Аналогично найдем ЛАФЧХ характеристику фильтра

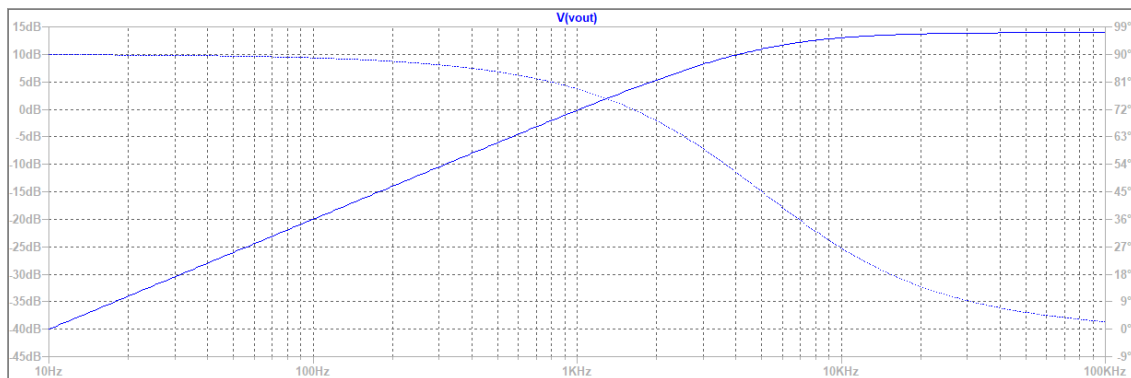


Рис. 9: ЛАФЧХ характеристика неинвертирующего ФВЧ

Аналогично курсором снимем значения

$$f_{n \text{ дБ}} = 100 \text{ кГц}; A_{n \text{ дБ}} = 13.977885 \text{ дБ}, \varphi_{n \text{ дБ}} = 2.4062551^\circ;$$

$$f_{n-3 \text{ дБ}} = 5.0300312 \text{ кГц}; A_{n-3 \text{ дБ}} = 10.990257 \text{ дБ}, \varphi_{n-3 \text{ дБ}} = 44.830656^\circ;$$

Имеем

$$\Delta A = 2.987628 \text{ дБ}, f_{n-3 \text{ дБ}} = 5.0300312 \approx f_{\text{ср}}^* = 5 \text{ кГц};$$

Экспериментально полученная полоса пропускания фильтра равна теоретически рассчитанной.