

# Работа №25

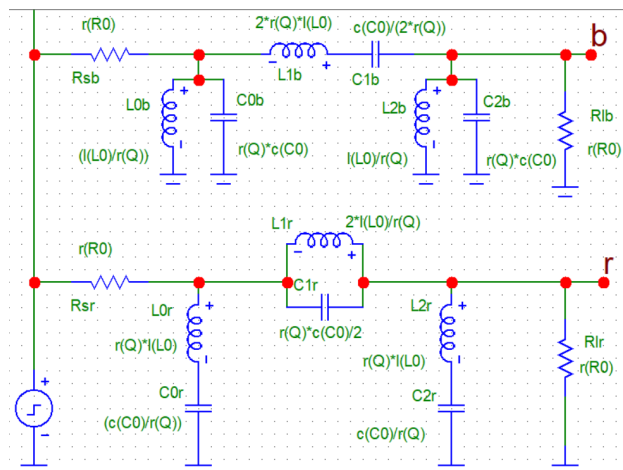
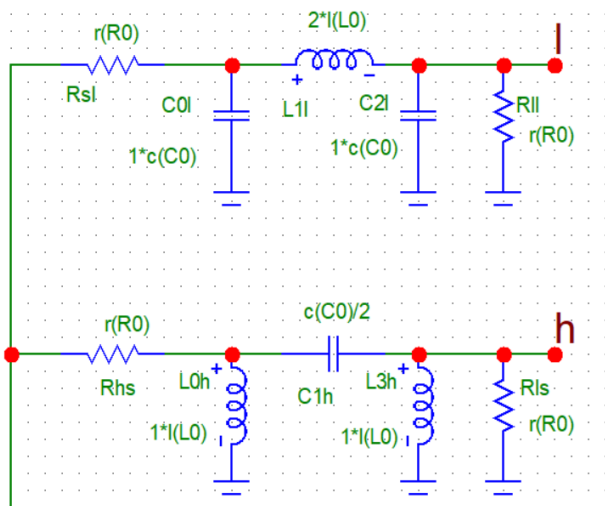
## Лестничные фильтры

Симанкович Александр  
Б01-104

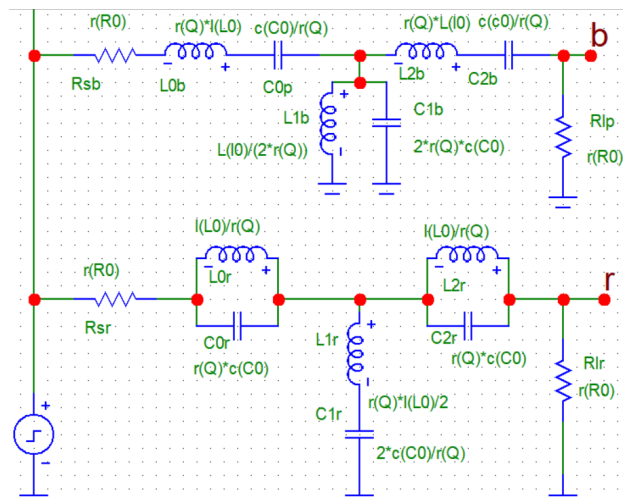
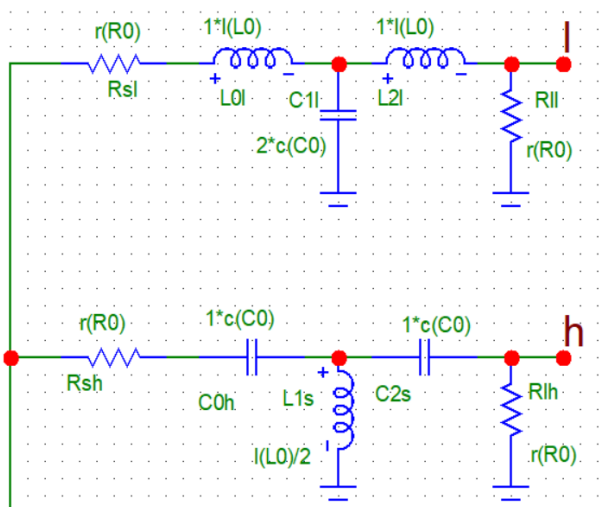
24 сентября 2023 г.

### 2. Активные звенья с двойным Т-мостом

Изучим АЧХ и ФЧХ полосового фильтра.



Схемы ФНЧ, ФВЧ, ПФ, РФ через адмиттанс



Схемы ФНЧ, ФВЧ, ПФ, РФ через импеданс

Приведем графики АЧХ для фильтров.

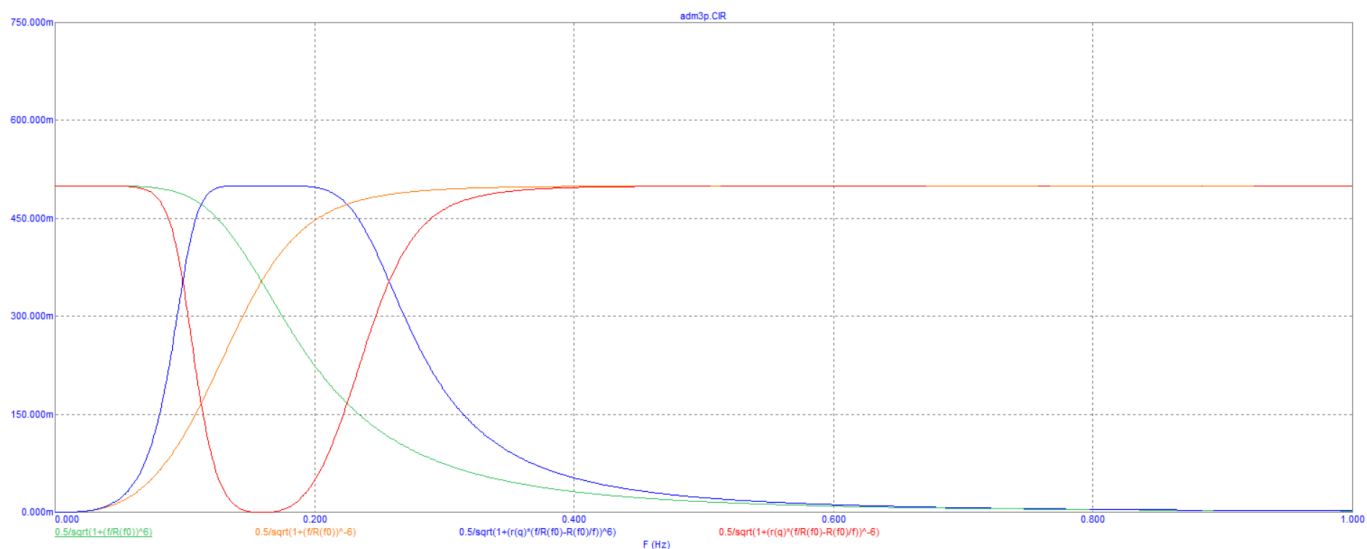


Рис. 1: АЧХ фильтров

## 9.2 Трехполосные лестничные фильтры

1

Реализуем лестничные фильтры через импеданс.

Параметры фильтра:  $R_0 = 50$ ,  $f_0 = 1 \text{ MHz}$ ,  $Q = 10$ .

Вычислим параметры  $L_0 = \frac{R_0}{2\pi f_0} = 8 \text{ мкГн}$ ,  $C_0 = \frac{1}{2\pi f_0 R_0} = 3.2 \text{ нФ}$ .

2

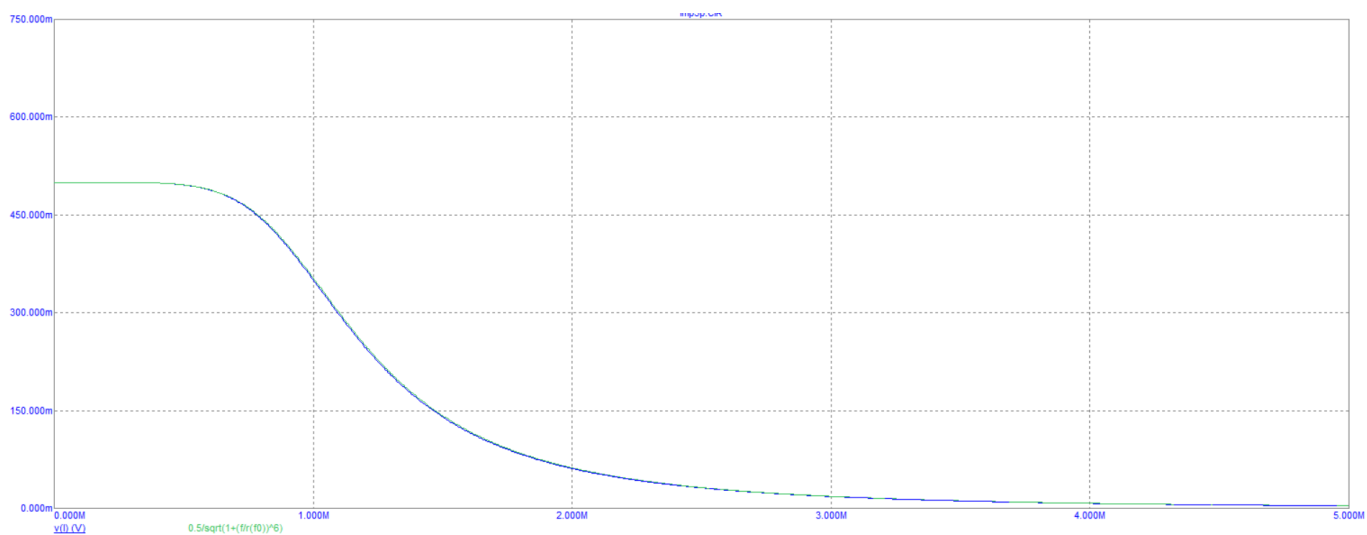


Рис. 2: Сравнение с теорией ФНЧ

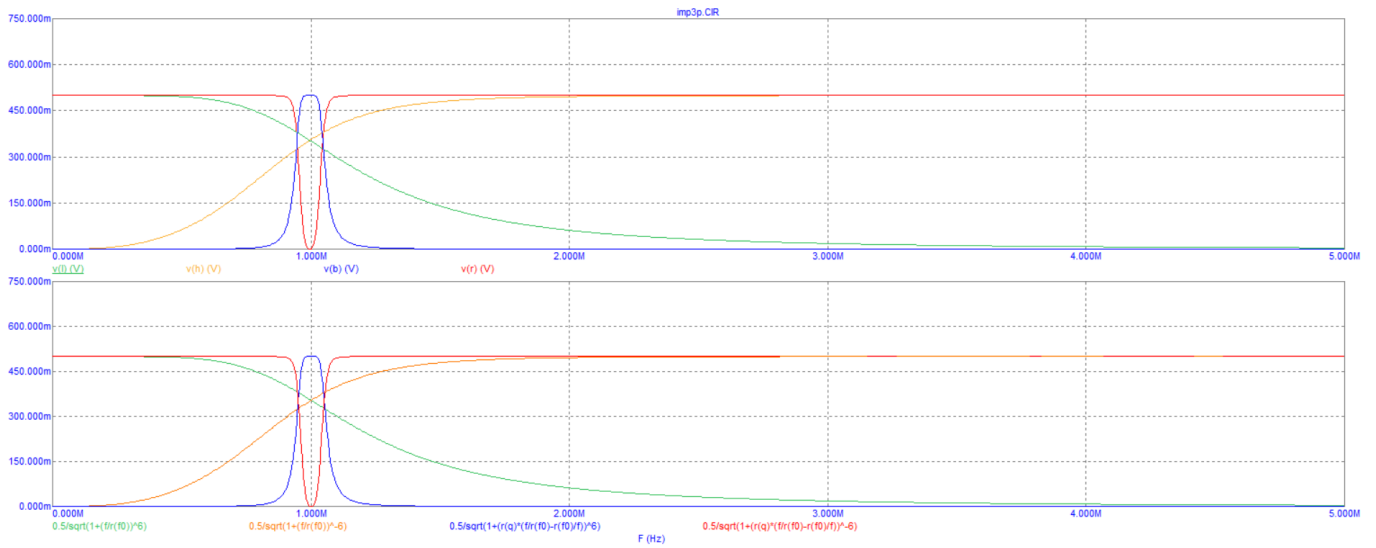


Рис. 3: Сравнение с теорией, все

3

Проварьруем  $RLL$  и  $RSL$ .

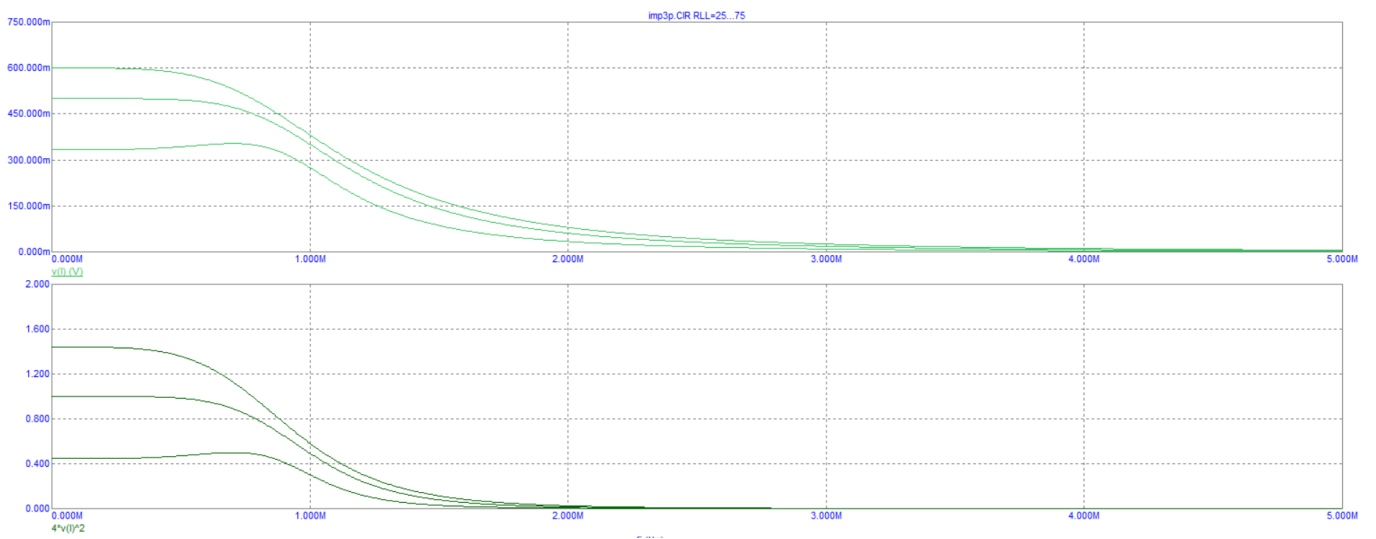


Рис. 4: ФНЧ, вариация  $RLL$

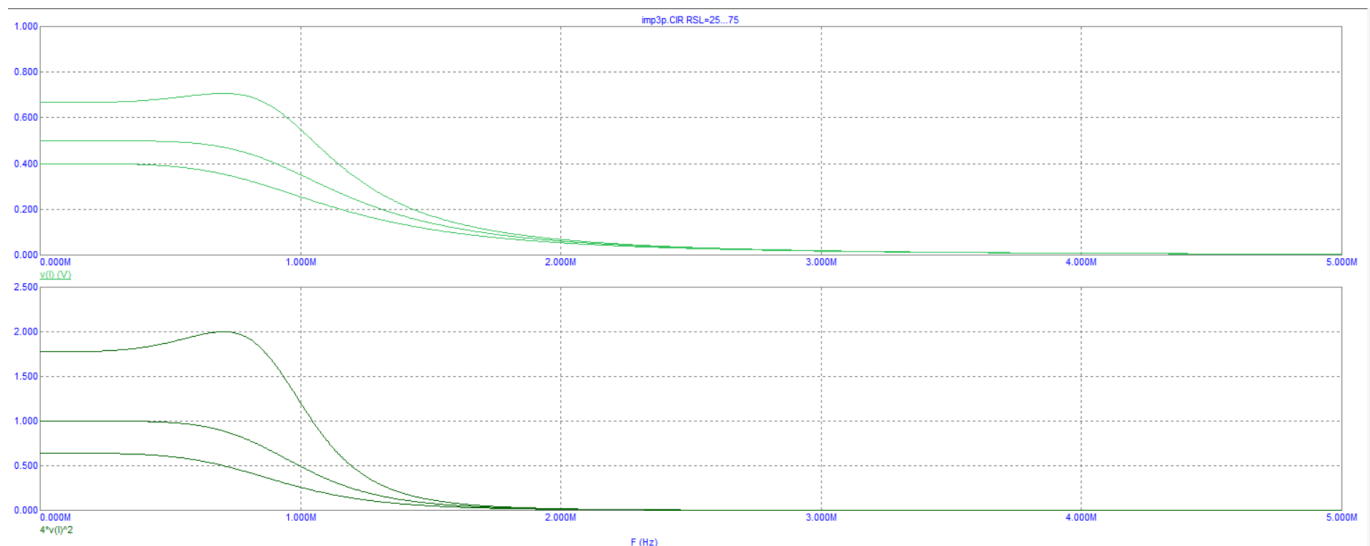


Рис. 5: ФНЧ, вариация  $R_{SL}$

Мы видим, что при повышении сопротивления фильтр "деградирует".

$R_s$	25	50	75
$ K $	0.66	0.50	0.40
$G$	0.89	1.00	0.96

Таблица 1: Деградация при варьировании  $R_s$

$R_l$	25	50	75
$ K $	0.33	0.50	0.60
$G$	0.88	1.00	0.96

Таблица 2: Деградация при варьировании  $R_l$

#### 4

Определим ФЧХ фильтров.

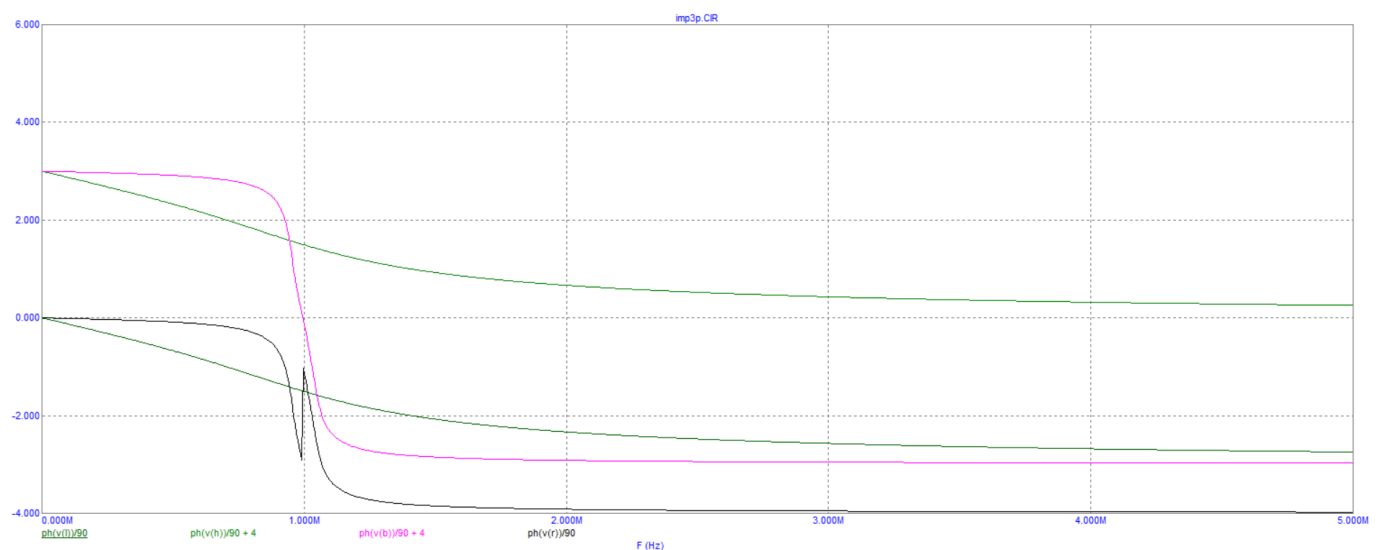


Рис. 6: ФЧХ

Тип	ФНЧ	ФВЧ	ПФ	РФ
$\varphi_0$	0	270°	270°	0
$\varphi_\infty$	-270°	0	-270°	-360°

5

Рассмотрим частотную характеристику ФНЧ, укажем на ней уровни затухания на  $0$ ,  $f_0$ ,  $2f_0$ ,  $10f_0$ .

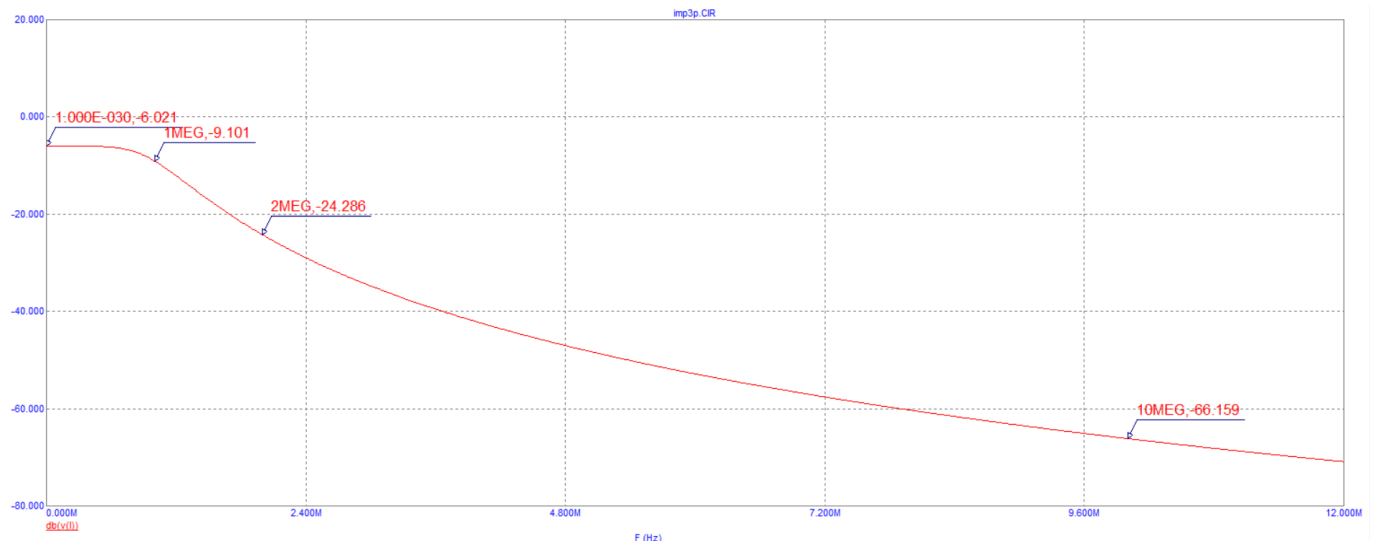


Рис. 7: ФНЧ, затухание

6

Аналогично, частотную характеристику ПФ. Отобразим полосу пропускания  $\Delta f$  и затухание на  $2\Delta f$  и  $10\Delta f$ .

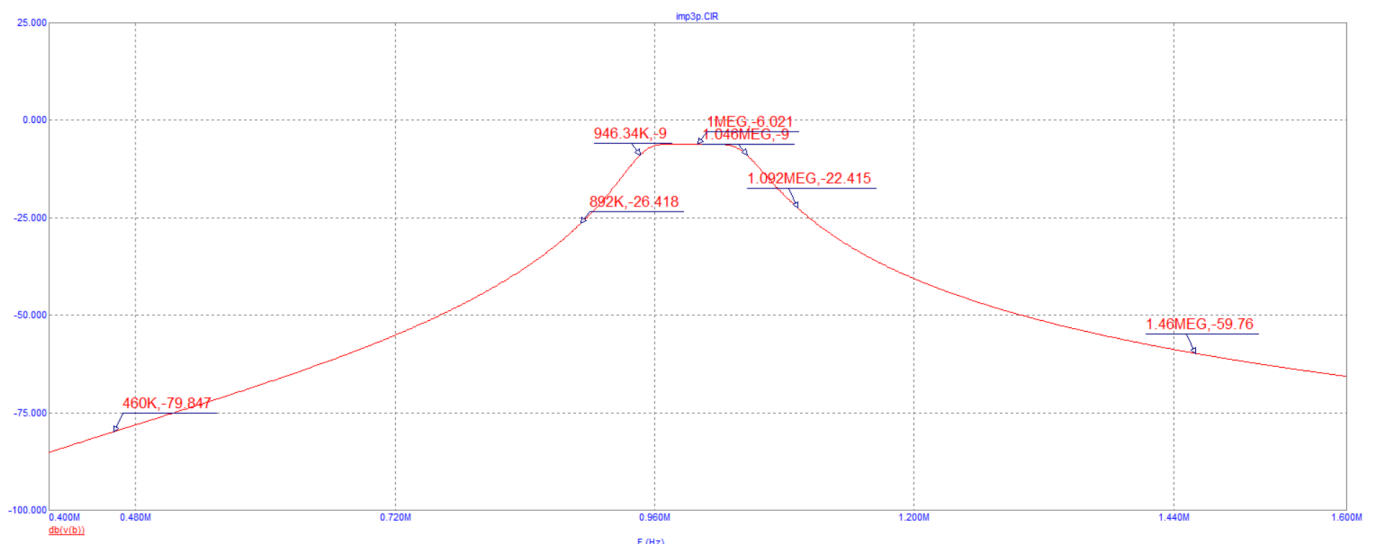


Рис. 8: ПФ, затухание

7

Наконец, рассмотрим режекторный фильтр. Измерим ширины полос режекции на заданных уровнях.

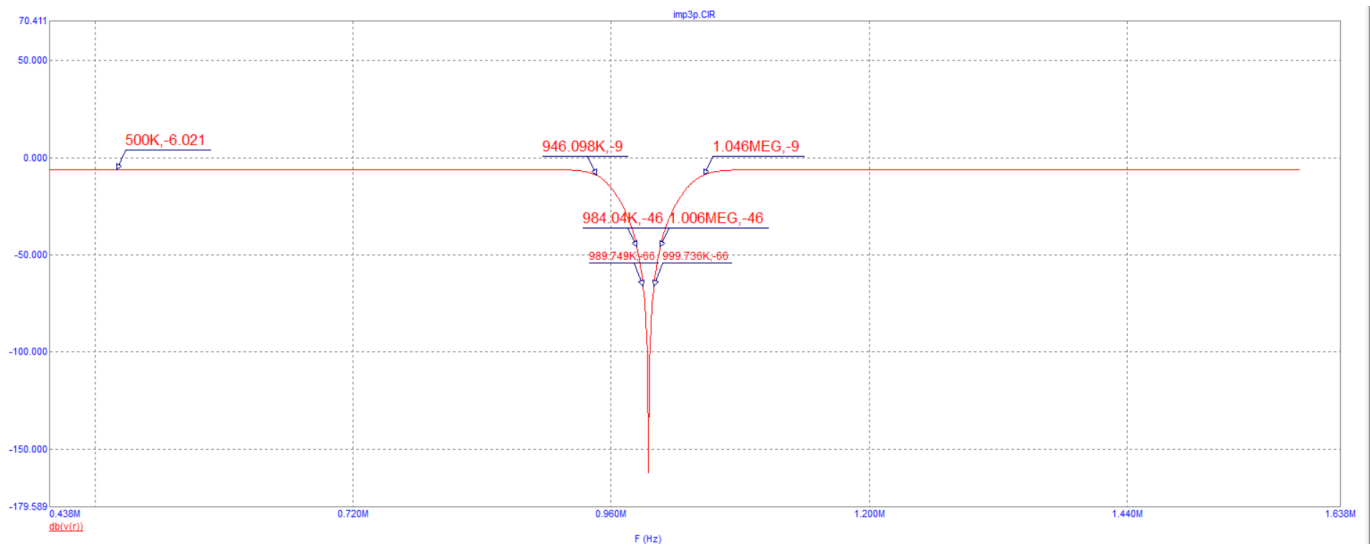


Рис. 9: РФ, затухание

Затухание	$-3 \text{ dB}$	$-43 \text{ dB}$	$-63 \text{ dB}$
$\Delta f$	100 k	22 k	10 k

Таблица 3: Ширина полосы от уровня затухания

### 9.3 Фильтры нижних частот высших порядков

Рассмотрим графики ФНЧ Баттерворта с различным числом полюсов. Приведем значения затухания.

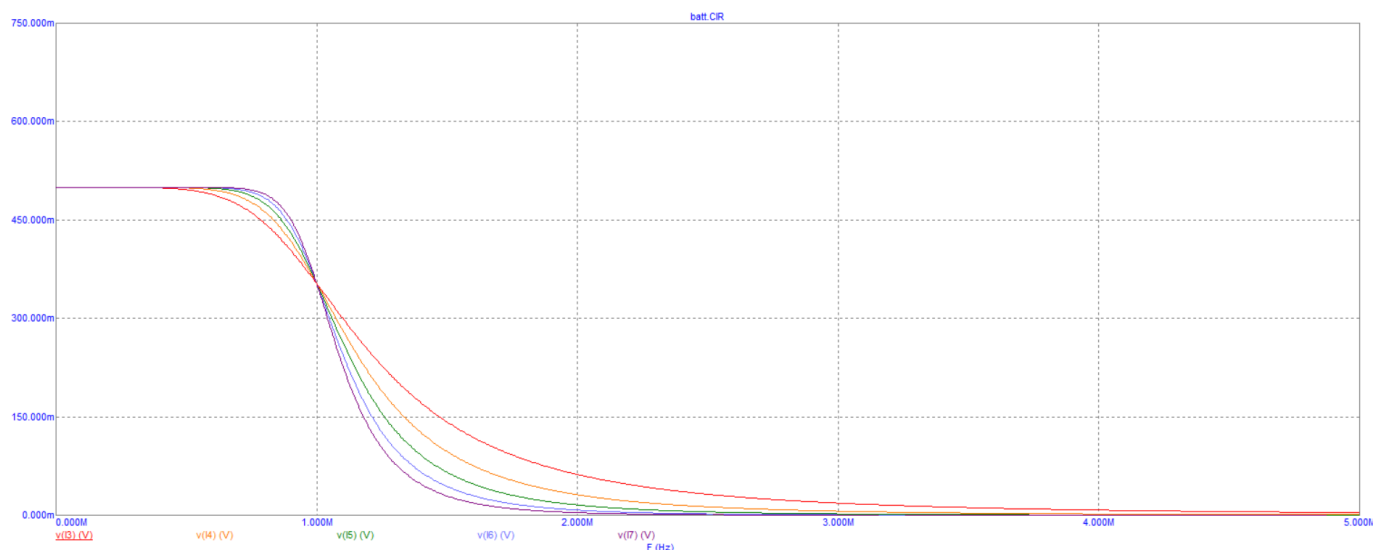


Рис. 10: ФНЧ Баттерворта высших порядков

$n \backslash f$	$f_0$	$2f_0$	$10f_0$
3	-3	-18	-60
4	-3	-24	-80
5	-3	-30	-100
6	-3	-36	-120
7	-3	-42	-140

Таблица 4: Уровни затухания ФНЧ Баттерворта от порядка фильтра

Проведем те же измерения для фильтров Чебышева с неравномерностью 0.5 dB и 3.0 dB.

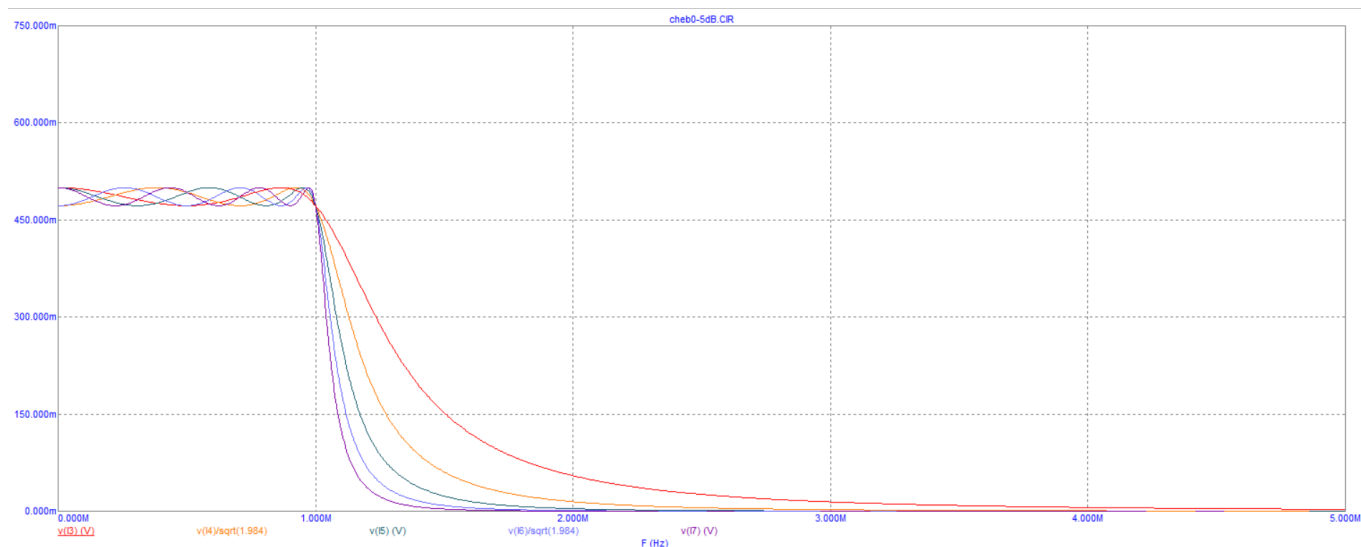


Рис. 11: ФНЧ Чебышева, неравномерность = 0.5 dB

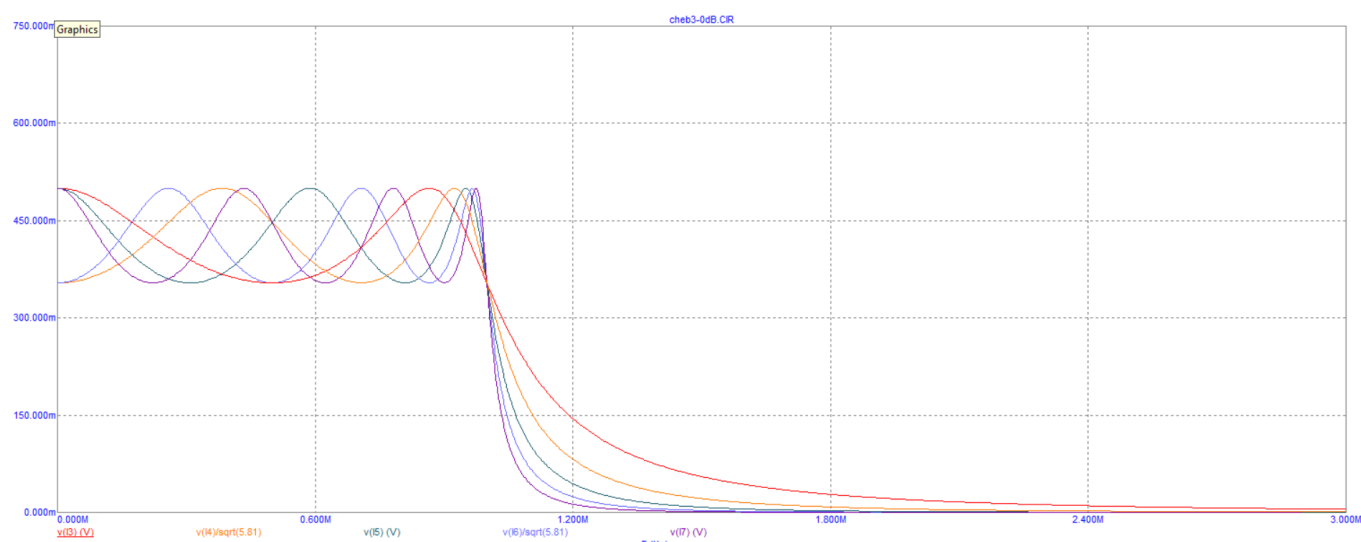


Рис. 12: ФНЧ Чебышева, неравномерность = 3.0 dB

Составим таблицы затуханий для всех трех фильтров на частотах  $f = 2f_0$  и  $f = 10f_0$ .

$n$	3	4	5	6	7
Баттерворт	-18	-24	-30	-36	-42
Чебышев (0.5 dB)	-19	-30	-42	-53	-64
Чебышев (3.0 dB)	-28	-39	-51	-62	-74

Таблица 5: Неравномерности ФНЧ,  $f = 2f_0$

$n$	3	4	5	6	7
Баттерворт	-60	-80	-100	-120	-140
Чебышев (0.5 dB)	-62	-88	-114	-140	-166
Чебышев (3.0 dB)	-71	-98	-123	-149	-175

Таблица 6: Неравномерности ФНЧ,  $f = 10f_0$

## 9.4 Фильтры пятого порядка

Нормализуем фильтры к фильтрам Баттерворта. Аналогично нормализуем к фильтрам Чебышева с неравномерностью  $0.5\text{ dB}$  и  $3.0\text{ dB}$ .

Настроим фильтры на  $Q = 5$ ,  $R_0 = 50$ ,  $f_0 = 1\text{ MHz}$ .

Сделана в MicroCap.

## 9.5 Семиполусной фильтр

Нормализуем семиполусной фильтр к ПФ Баттерворта и ПФ Чебышева с неравномерностью  $0.5\text{ dB}$  и  $3.0\text{ dB}$ .

Настроим фильтры на  $Q = 19.375$ ,  $R_0 = 600$ ,  $f_0 = 465\text{ kHz}$ ,  $\Delta f = 24\text{ kHz}$ .

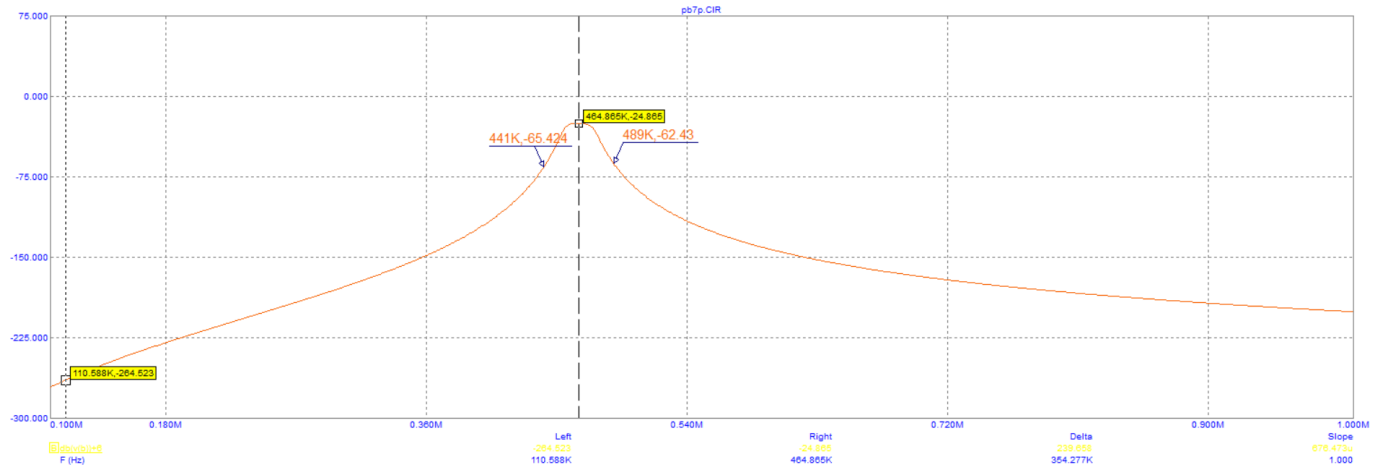


Рис. 13: ПФ Баттерворта

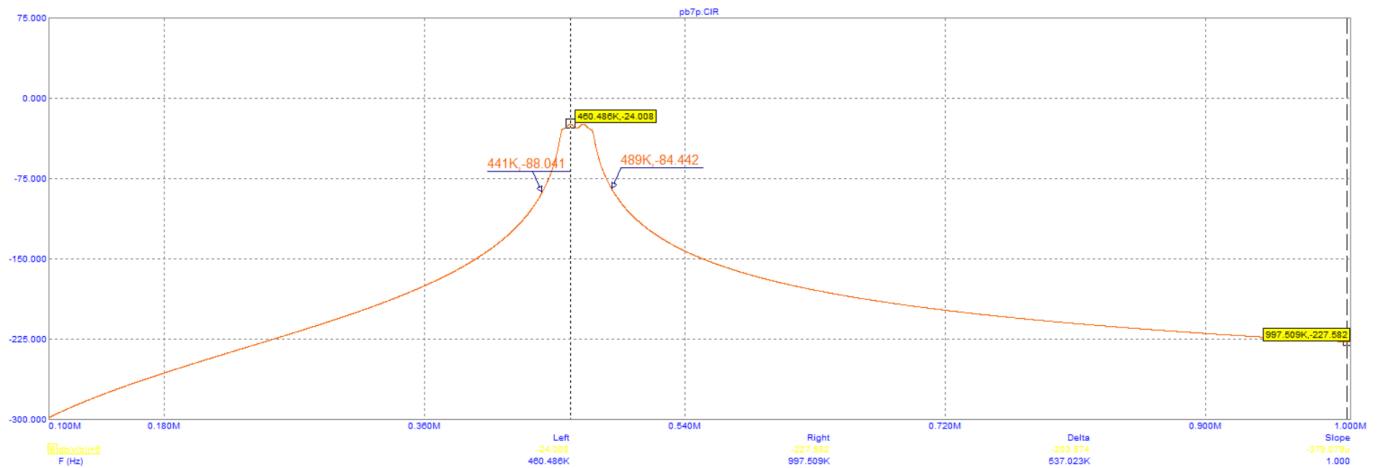


Рис. 14: ПФ Чебышева, неравномерность =  $0.5\text{ dB}$



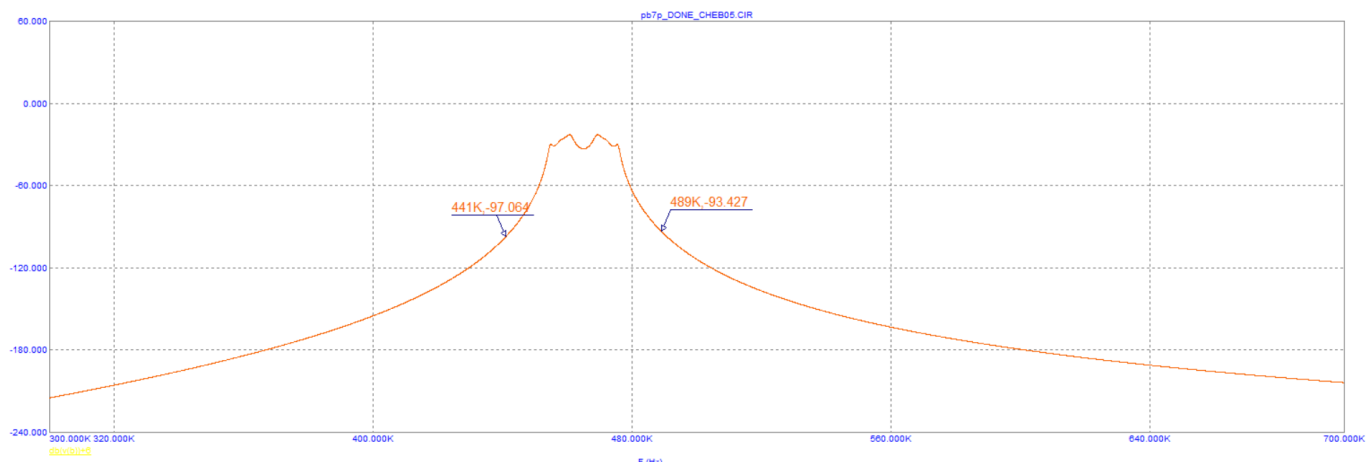


Рис. 15: ПФ Чебышева, неравномерность = 3.0 dB