

Задача 1. Рассчитать двусторонне нагруженный ФВЧ Баттерворта. В полосе пропускания (ПП) $f > f_1 = 1.75$ кГц ослабление не должно превышать $\Delta A = 0,5$ Дб, а в полосе задерживания (ПЗ) $0 < f < f_s = 1$ кГц ослабление должно быть не менее $A_s = 15$ Дб. Сопротивления генератора и нагрузки одинаковы, $R_r = R_n = R = 600$ Ом.

Условия задачи: $\Delta A := 0.5$ Дб $A_s := 15$ Дб

$f_1 := 1.75 \cdot 10^3$ Гц $f_s := 1 \cdot 10^3$ Гц

$R := 600$ Ом

Решение. Вычисляем нормированную частоту:

$$\Omega_s := \frac{f_1}{f_s} \quad \Omega_s = 1.75$$

Вычисляем порядок фильтра:

$$n := \text{ceil} \left(\frac{A_s - 10 \cdot \log(10^{0.1 \cdot \Delta A} - 1)}{20 \cdot \log(\Omega_s)} \right)$$

Необходимо рассчитать фильтр порядка: $n = 5$

Имея в виду одну из двух схем рисунка 7 методических указаний, соответствующую нечетному n , и данные таблицы 5, находим её параметры (схема с источником напряжения на входе):

$c_1 := 0.618$ $l_2 := 1.618$ $c_3 := 2$ $l_4 := 1.618$ $c_5 := 0.618$

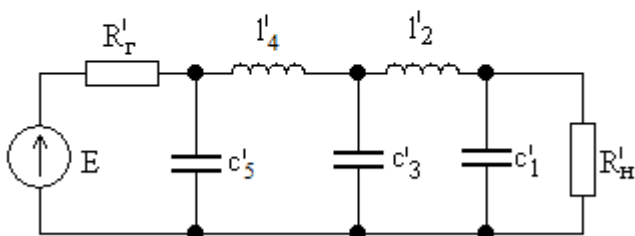


Рисунок 1 - Схема ФПНЧ с источником ЭДС для $n = 5$

Так как по условию на частоте f_1 полосы его пропускания A имеет значение не равное 3дБ, то рассчитываем нормированную частоту для ФВЧ:

$$f_c := \frac{2 \cdot n \cdot \sqrt{10^{0.1 \cdot \Delta A} - 1}}{20} \cdot f_1 \quad f_c = 1.418 \times 10^3 \text{ Гц}$$

Определяем денормирующие множители:

$$k_l := \frac{R}{2 \cdot 3.141 \cdot f_c} \quad k_l = 0.067355$$

$$k_c := \frac{1}{2 \cdot 3.141 \cdot R \cdot f_c} \quad k_c = 1.870985 \times 10^{-7}$$

Определяем истинные значения элементов схемы:

$$L1 := kl \cdot lb1$$

$$C2 := kc \cdot cb2$$

$$L3 := kl \cdot lb3$$

$$L1 = 0.1089894 \quad \Gamma\text{H}$$

$$C2 = 1.156356 \times 10^{-7} \quad \Phi$$

$$L3 = 0.03367772 \quad \Gamma\text{H}$$

$$C4 := kc \cdot cb4$$

$$L5 := kl \cdot lb5$$

$$C4 = 1.156356 \times 10^{-7} \quad \Phi$$

$$L5 = 0.1089894 \quad \Gamma\text{H}$$

Схема ФВЧ имеет вид:

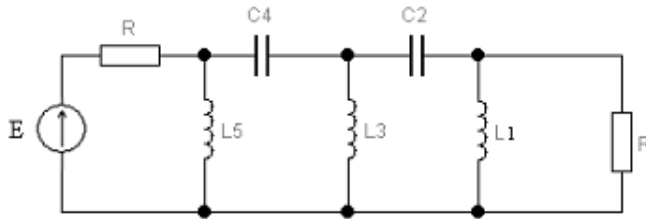


Рисунок 2 - Схема ФВЧ

рассчитаем ослабление на частотах: 0,2fS; 0,5fS; fS; fC; f1:

$$f := \begin{pmatrix} 0.2 \cdot fs \\ 0.5 \cdot fs \\ fs \\ fc \\ fl \end{pmatrix} \quad f = \begin{pmatrix} 200 \\ 500 \\ 1 \times 10^3 \\ 1.418 \times 10^3 \\ 1.75 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$\Omega(f) := \frac{fl}{f}$$

$$A(f) := 10 \cdot \log \left[1 + \left(10^{0.1 \cdot \Delta A} - 1 \right) \cdot \Omega(f)^{2 \cdot n} \right]$$

$$A(f) = \begin{pmatrix} 85.065 \\ 45.271 \\ 15.298 \\ 3.01 \\ 0.5 \end{pmatrix} \quad f = \begin{pmatrix} 200 \\ 500 \\ 1 \times 10^3 \\ 1.418 \times 10^3 \\ 1.75 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$f := 0.01 \cdot fs, 0.01 \cdot fs + 1 .. 10000$$

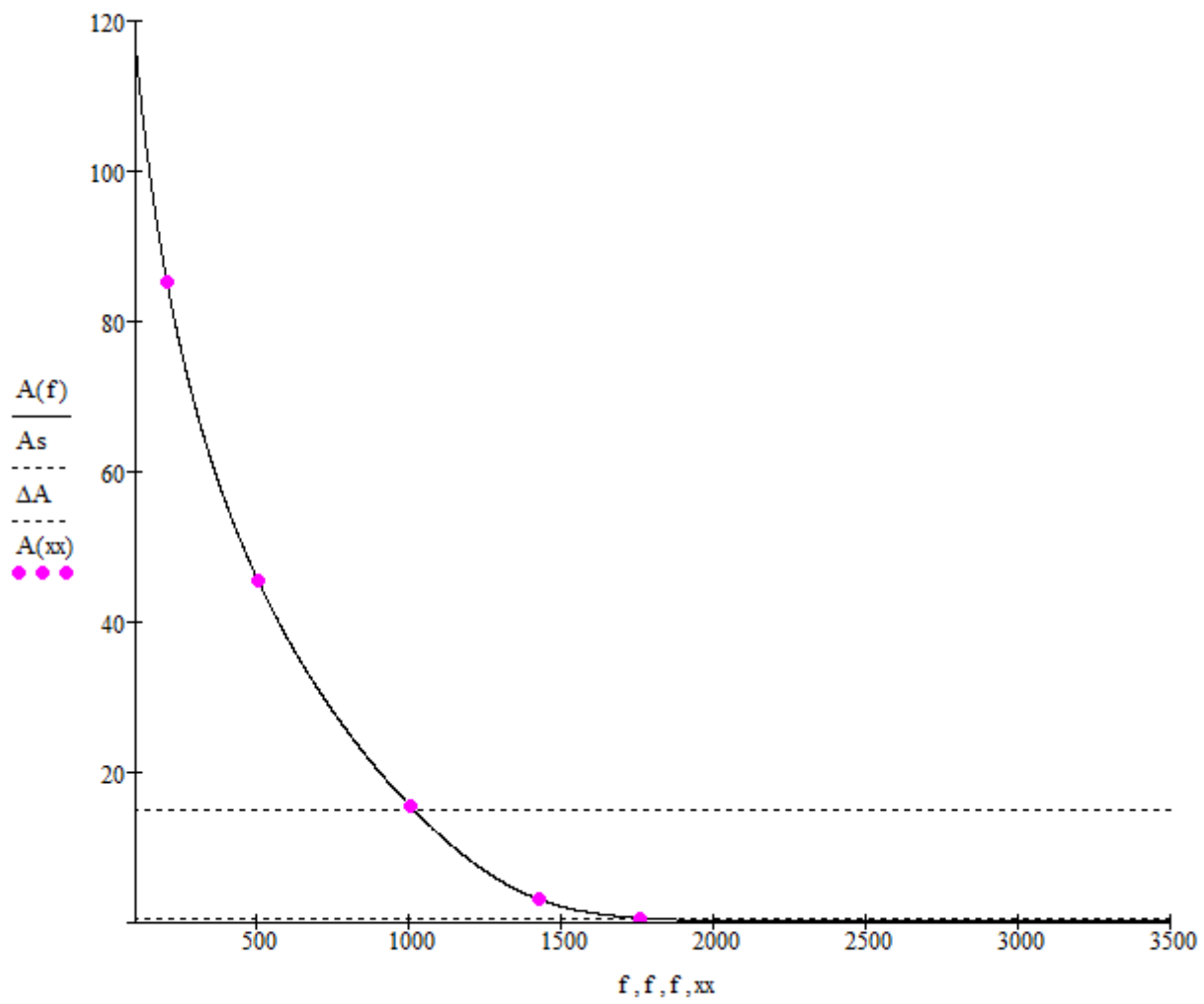


Рисунок 3- График рабочего ослабления ФВЧ

С помощью пакета ElectronicsWorkbench5.12 моделируем полученную схему фильтра с рассчитанными значениями элементов:

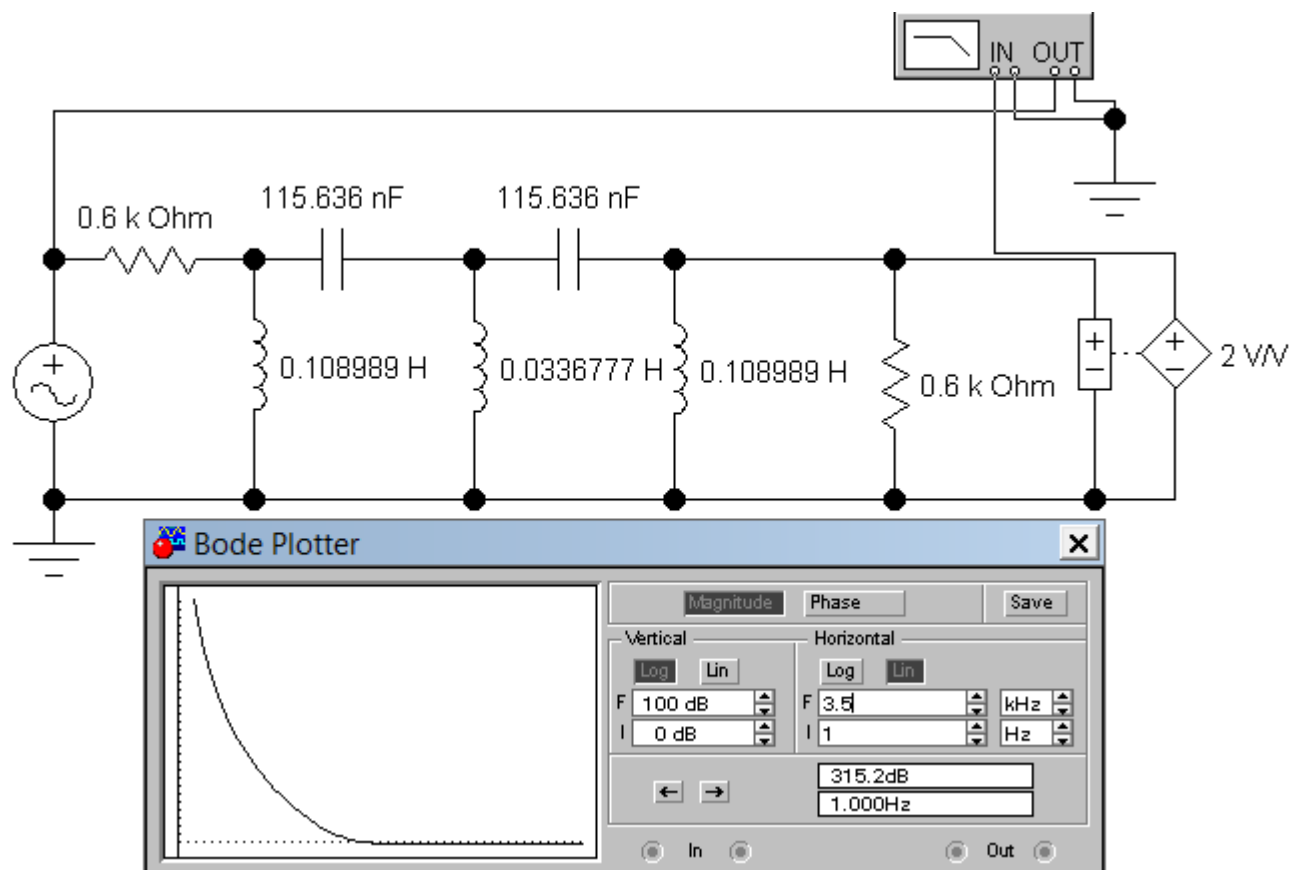


Рисунок 4 – Схема ФВЧ на Electronics Workbench

f =	A(f) =
100	115.168
200	85.065
300	67.456
400	54.962
500	45.271
600	37.354
700	30.662
800	24.873
900	19.79
1·10 ³	15.298
1.1·10 ³	11.359
1.2·10 ³	7.999
1.3·10 ³	5.295
1.4·10 ³	3.297
1.5·10 ³	1.959
1.6·10 ³	1.136
1.7·10 ³	0.656
1.8·10 ³	0.382
1.9·10 ³	0.227
2·10 ³	0.137

Вывод: Результаты расчета и компьютерного моделирования совпали с большой точностью. Рассчитанный фильтр полностью удовлетворяет условиям задачи.