

Лабораторная работа № 6

Частотные характеристики пассивных электрических цепей второго порядка

Подготовка к работе

1. Частотные характеристики RLC цепей.

1.1. Вывод выражения для комплексной передаточной функции RLC цепи – рис.6.1.

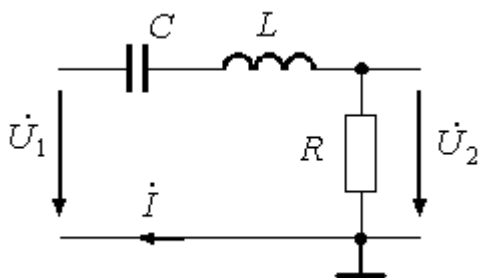


Рис.6.1. – Схема фильтра второго порядка.

Параметры цепи:

 $R = 1080 \text{ Ом}$, $L = 30 \text{ мГн}$, $C = 6 \text{ нФ}$, N – номер студента по журналу, M – номер группы.Определение $H(p)$

$$H(p) = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} = R / (R + pL + 1/pC) = RpC / (LCp^2 + RpC + 1) = p(R/L) / (p^2 + p(R/L) + 1/(LC)) =$$

$$p(\omega_0/Q) / (p^2 + p(\omega_0/Q) + \omega_0^2)$$

$$p \rightarrow j\omega$$

$$H(j\omega) = j\omega(\omega_0/Q) / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega\omega_0/Q)^2} =$$

$$(\omega(\omega_0/Q) \angle 90^\circ) / (\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega\omega_0/Q)^2} \angle \arctg((\omega\omega_0/Q) / (\omega_0^2 - \omega^2)))$$

$$\omega_0 = \sqrt{1/LC} = 74535.599 \text{ рад/с}$$

$$f_0 = 11.86271 \text{ кГц}$$

1.2. Расчет АЧХ и ФЧХ фильтра для двух значений R : найденного в п.1.1 (R_1) и имеющего значение в 10 раз больше найденного в п.1.1 ($R_2 = 10 R_1$).

Для упрощения процесса построения графиков целесообразно, введя обозначение $f_k = k f_0$, получить выражения относительно переменной k и рассчитать АЧХ и ФЧХ для значений k , приведенных в таблице: $k = 0.3, 0.5, 0.8$ и т.д. Результаты расчета занести в таблицу этого пункта и построить графики АЧХ и ФЧХ в зависимости от соответствующих значений частоты f_k .

$$H(\omega) = \omega(\omega_0/Q) / \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega\omega_0/Q)^2} = ||\omega = k\omega_0|| = k(\omega_0^2/Q) / \sqrt{(\omega_0^2 - k\omega_0^2)^2 + (k\omega_0^2/Q)^2} =$$

$$(k/Q)/\sqrt{(1-k^2)^2+(k/Q)^2}$$

$$\varphi(w)=90-\arctg((ww_0/Q)/(w_0^2-w^2)), w<w_0$$

$$\varphi(w)=-90-\arctg((ww_0/Q)/(w_0^2-w^2)), w>w_0$$

$$//w=kw_0//$$

$$\varphi(w)=90-\arctg((k/Q)/(1-k^2)), w<w_0$$

$$\varphi(w)=-90-\arctg((k/Q)/(1-k^2)), w>w_0$$

	f	0.3 f_0	0.5 f_0	$0.$ $8f_0$	$1.$ $2f_0$	$1.$ $5f_0$	1.8 f_0	2.0 f_0	2.5 f_0	3.0 f_0
$R_1 = 1.08 \kappa \text{ Ом}$	H (f)	0,1 57 3	0,3 06 6	0, 73 17	0, 79 65	0, 50 15	0,3 61 9	0,3 06 6	0,2 24 2	0,1 78 3
	Ψ (f)	80. 95 1	72. 14 8	42 .9 69	- 37 .1 98	- 59 .8 99	- 68. 78 4	- 72. 14 8	- 77. 04 5	- 79. 73 2
$R_2 = 10.8 \kappa \text{ Ом}$	H (f)	0.8 46 9	0.9 55 0	0. 99 57	0. 99 71	0. 98 54	0.9 68 4	0.9 55 0	0.9 17 1	0.8 75 5
	Ψ (f)	32. 12 47	17. 24 96	5. 32 17	- 4. 34 04	- 9. 78 72	- 14. 44 53	- 17. 24 96	- 23. 49 46	- 28. 89 87

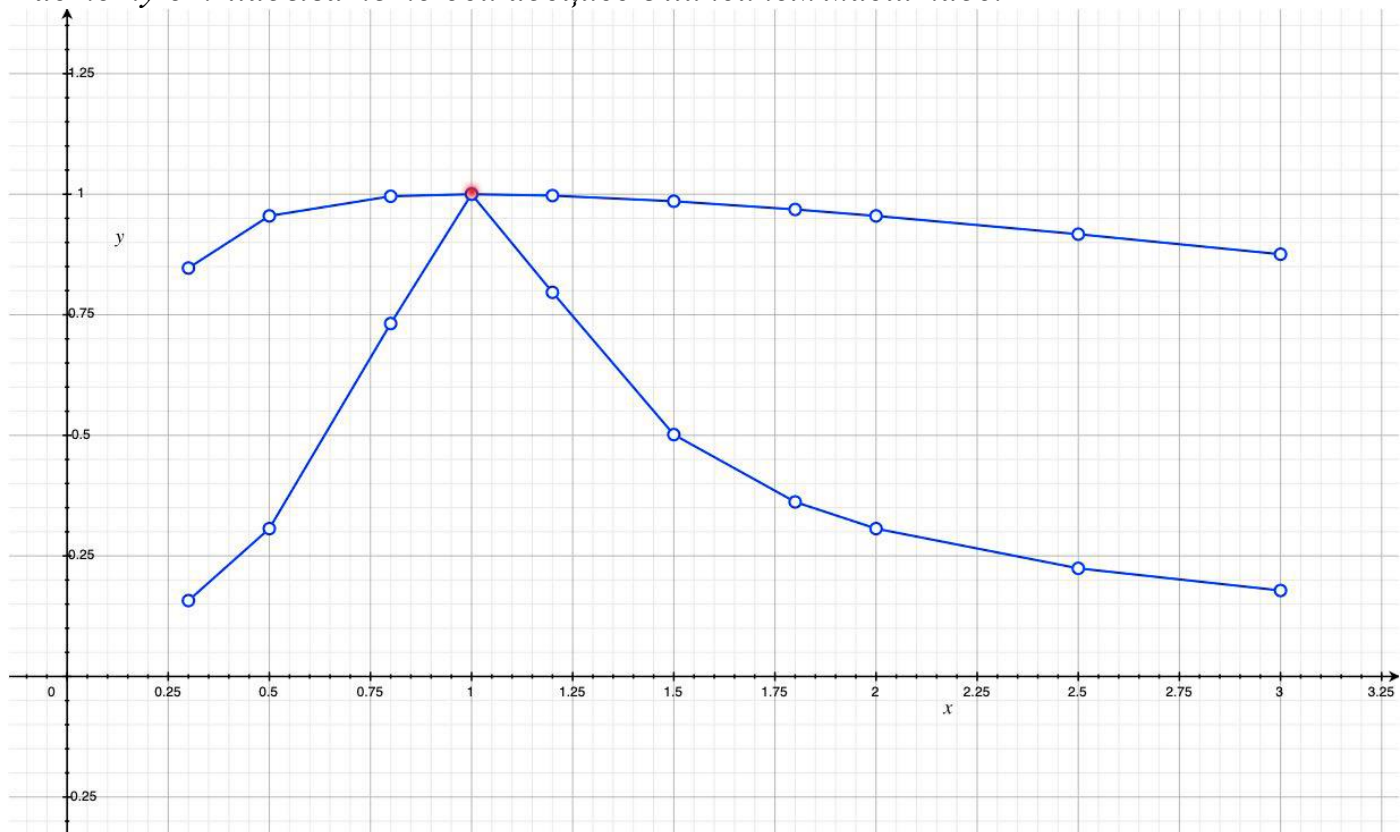
Определение резонансной линейной частоты и добротности контура.

Расчетные формулы: $\omega_0 = \sqrt{1/LC}$ $f_0 = \omega_0/2\pi$ $Q = \omega_0 L/R$

$R_1 = 1.08 \kappa \text{ Ом}$	$R_2 = 10.8 \kappa \text{ Ом}$
$\omega_0 = 74535.599 \text{ рад/с}$ $f_0 = 11.86271 \text{ кГц}$ $Q = 2.07$	$\omega_0 = 74535.599 \text{ рад/с}$ $f_0 = 11.86271 \text{ кГц}$ $Q = 0.207$

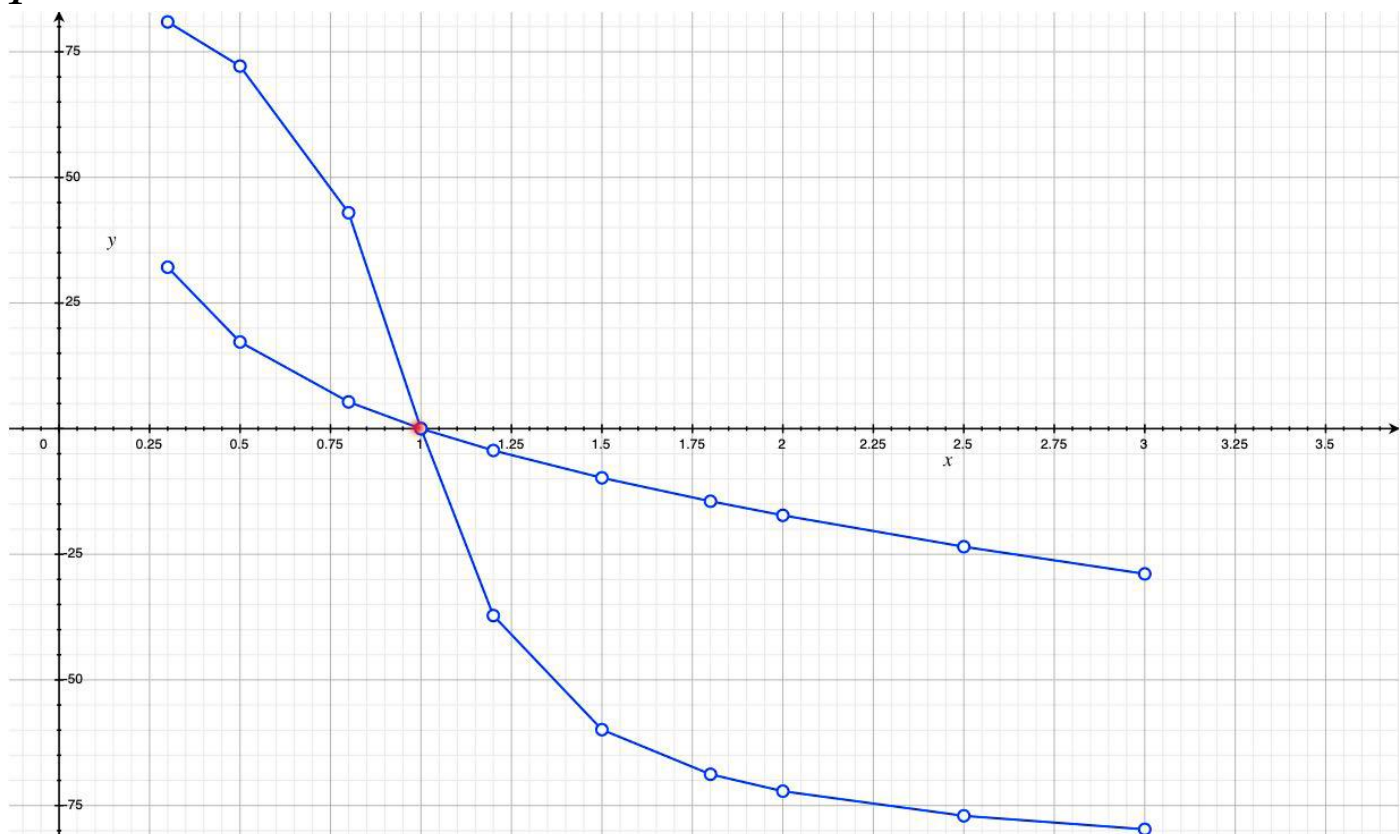
Построить на миллиметровой бумаге формата А4 АЧХ и ФЧХ схемы 6.1 (частотные характеристики при разных величинах R совместить на одном графике; частоту откладывать в Герцах, **фазу – в градусах**). Отметить на полученных характеристиках резонансную частоту фильтра.

Частоту откладывать по оси абсцисс в линейном масштабе.



$H(f)$

1



$\phi(f)$ 1

1.3. Вывод выражения для комплексной передаточной функции схемы рис. 6.2.
Расчет АЧХ схемы.

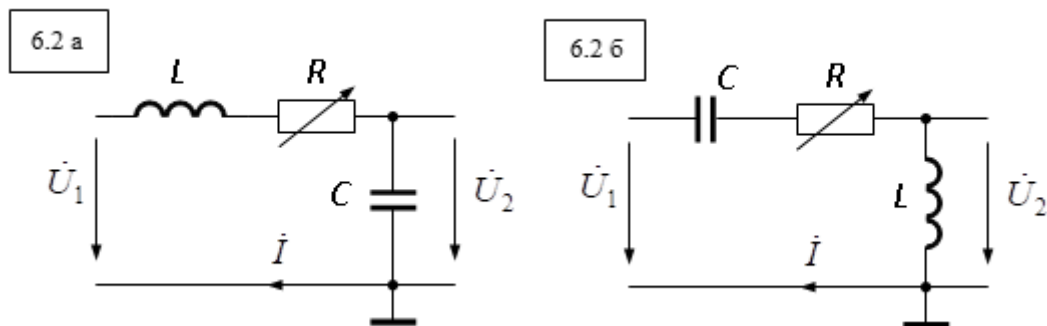


Рис.6.2. Схемы фильтров второго порядка. Схема 6.2 а для нечетных номеров N , схема 6.2 б – для четных номеров N .

Параметры цепи:

$R = 1080 \text{ Ом}$, $L = 30 \text{ мГн}$, $C = 6 \text{ нФ}$,

N – номер студента по журналу, M – номер группы.

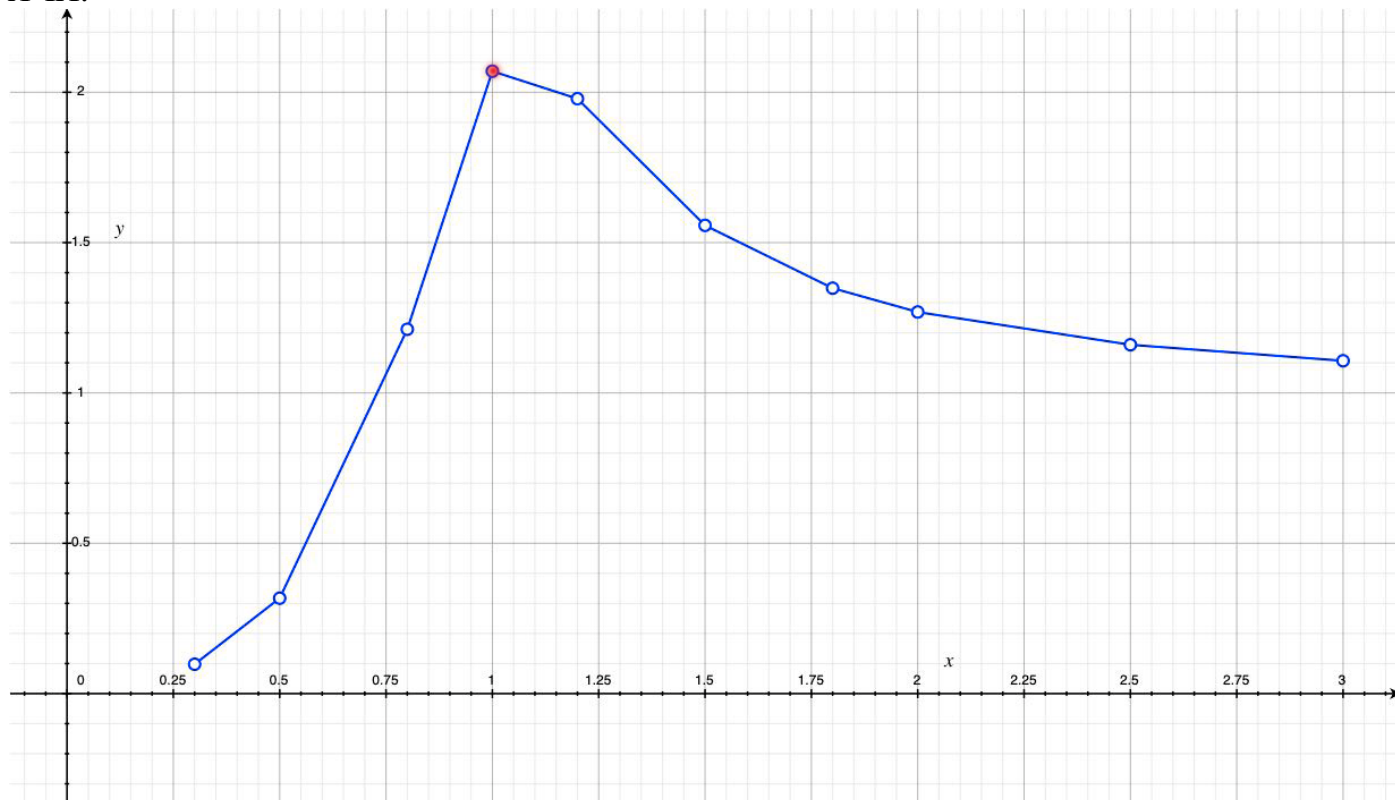
$$H(p) = pL / (pL + 1/(pC) + R) = p^2 CL / (p^2 CL + RpC + 1) = p^2 / (p^2 + pRC/(CL) + 1/(CL)) = p^2 / (p^2 + pw_0/Q + w_0^2) \quad p \rightarrow jw$$

$$H(jw) = -w^2 / (\sqrt{((w_0^2 - w^2)^2 + (ww_0/Q)^2)}) = (w^2 \angle 180) / (\sqrt{((w_0^2 - w^2)^2 + (ww_0/Q)^2)}) \arctg((ww_0/Q)/(w_0^2 - w^2))$$

$$H(w) = w^2 / \sqrt{((w_0^2 - w^2)^2 + (ww_0/Q)^2)} = 1/w = kw_0 / \sqrt{((1 - k^2)^2 + (k/Q)^2)}$$

f	$0.3f_o$	$0.5f_o$	$0.8f_o$	f_o	$1.2f_o$	$1.5f_o$	$1.8f_o$	$2.0f_o$	$2.5f_o$	$3.0f_o$
$H(f)$	0.09	0.3	1.2	2.	1.9	1.5	1.3	1.2	1.1	1.10
	767	17	11	0	78	57	48	69	60	698
	3	7	7	6	3	4	1	2		

Построить на миллиметровой бумаге формата А5 АЧХ схемы, отметить резонансную частоту фильтра и частоту, соответствующую максимуму АЧХ.

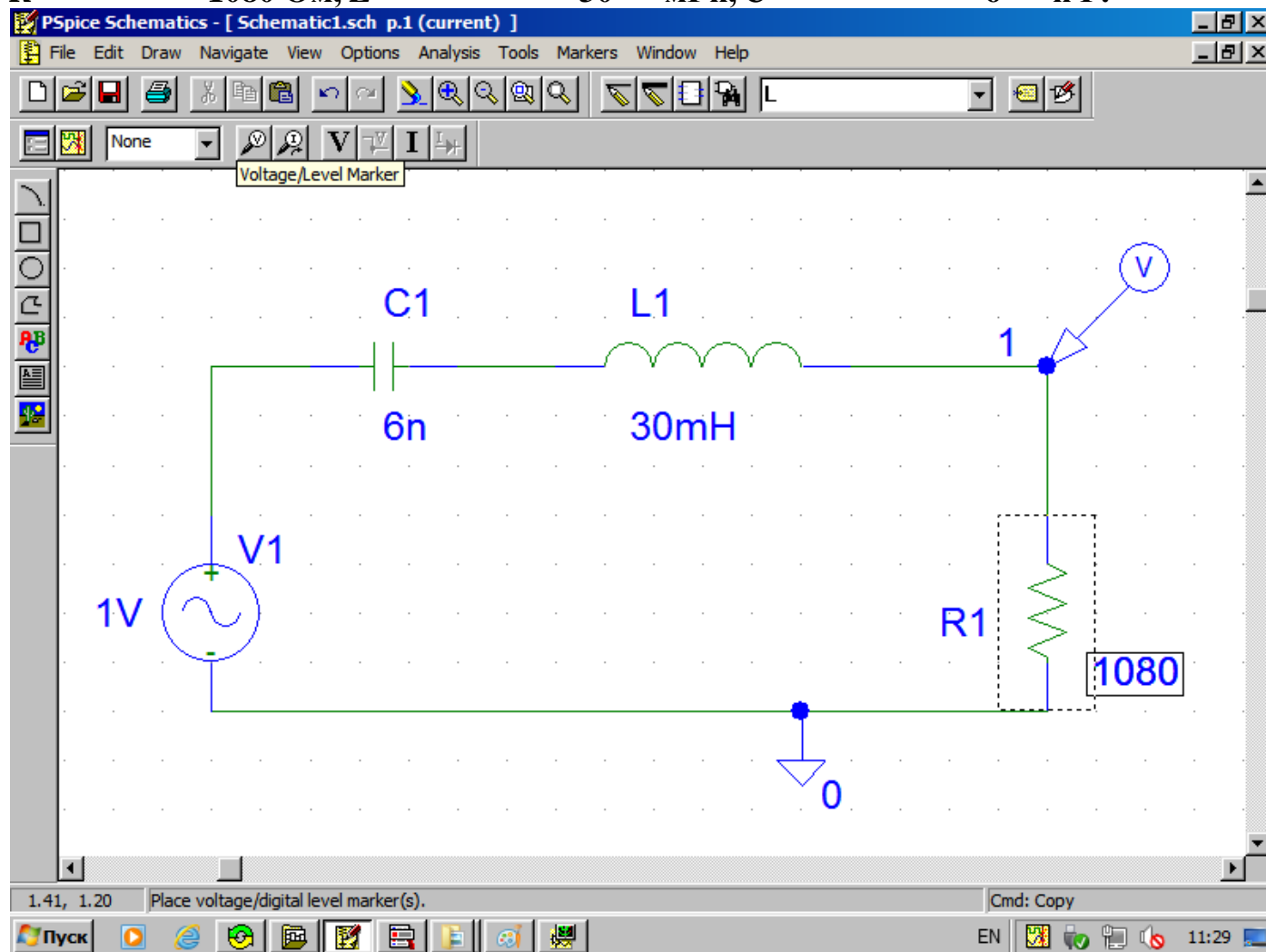


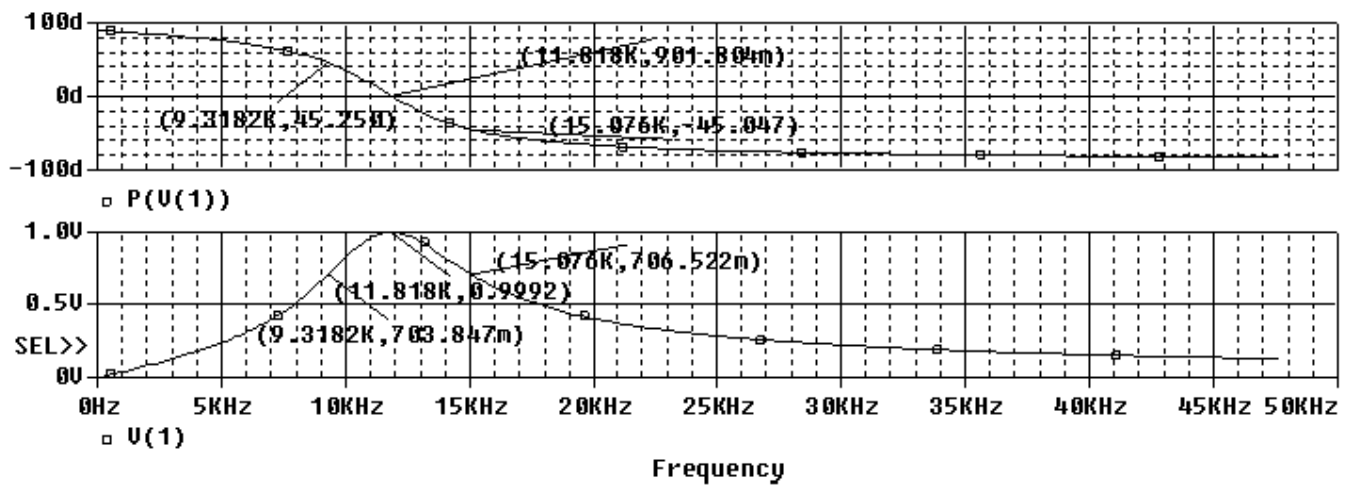
Рабочее задание

2. Экспериментальное определение частотных характеристик цепей второго порядка.

2.1. Рассчитать АЧХ и ФЧХ для схемы рис 6.1.

Собрать виртуальную схему рис. 6.1 и провести расчет АЧХ и ФЧХ фильтра при значении $R = R_1$, сохранить результаты в электронном виде. Амплитуду источника напряжения установить 1 В. По полученным характеристикам с помощью курсора и маркера курсора определить резонансную и граничные частоты фильтра. Определить по экспериментальным данным добротность контура. Результаты занести в таблицы.

 $M = 8, N = 4,$ $R = \quad = 1080 \text{ Ом}, L = \quad = 30 \text{ мГн}, C = \quad = 6 \text{ нФ}.$ 



	резонанс	Нижняя частота	Верхняя частота
φ	0°	45°	-45°
f , кГц	11.818	9.3182	15.076
$H(f)$	0.9992	703.847m	706.522m

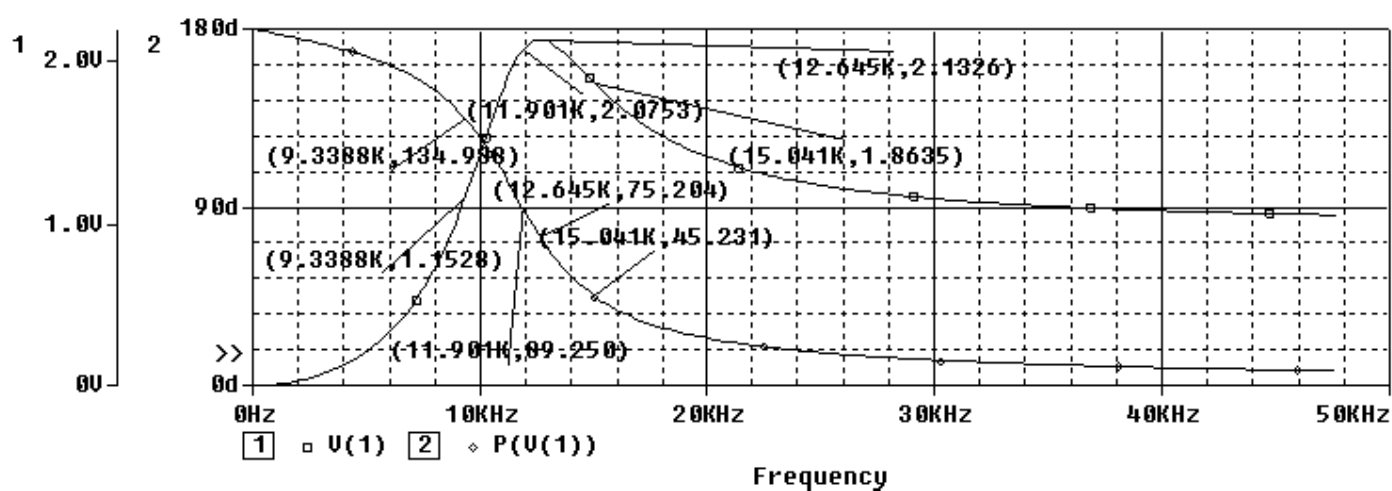
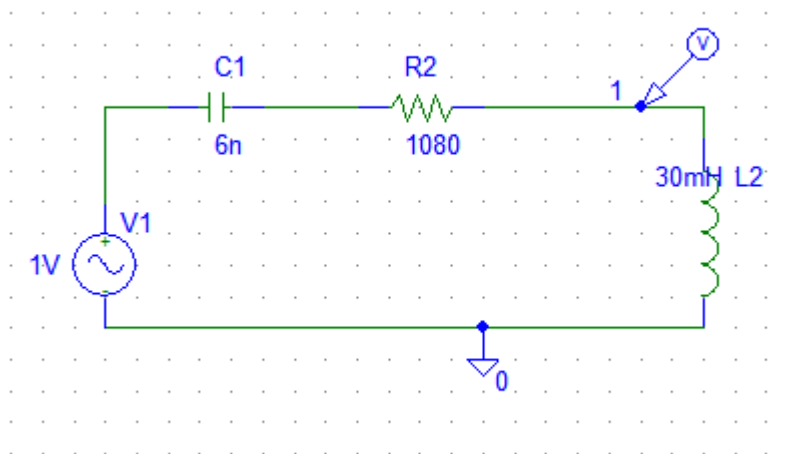
Расчет добротности.

$$Q = \frac{f_o}{f_s - f_n} = 2.0388$$

Добротность	Теоретический расчет	Эксперимент
Q	2.07	2.0388

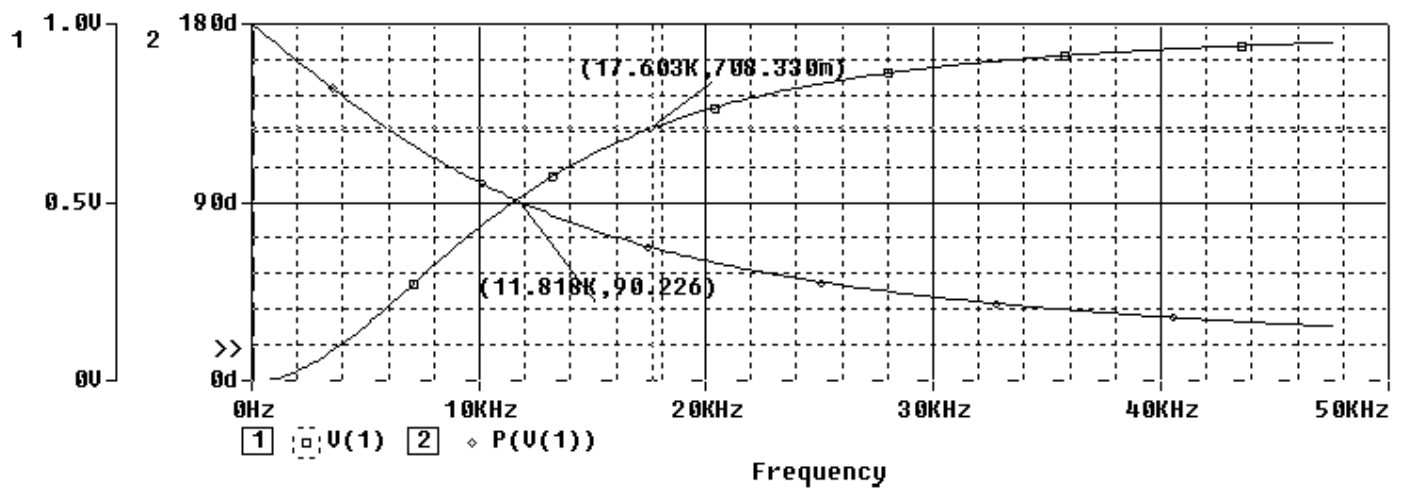
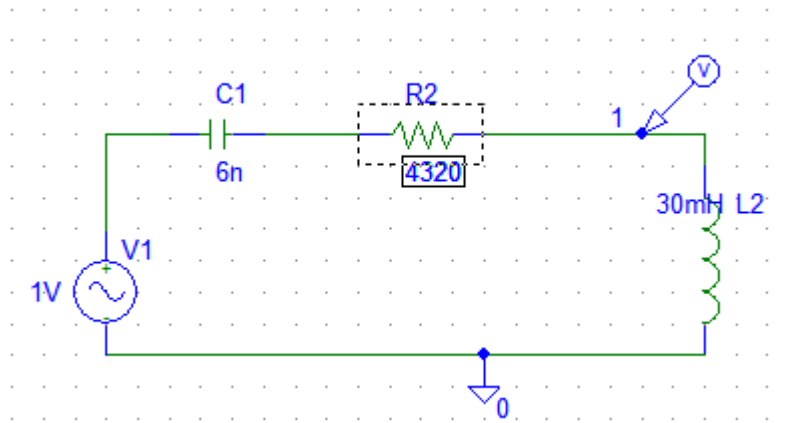
2.2. Рассчитать АЧХ и ФЧХ для схемы рис 6.2 в зависимости от варианта для двух значений сопротивления $R = R_1$ и $R = R_2$.

Собрать виртуальную схему рис. 6.2 и провести расчет АЧХ и ФЧХ фильтра для значения $R = R_1$, сохранить результаты в электронном виде. Амплитуду источника напряжения установить 1 В. По полученным характеристикам с помощью курсора и маркера курсора определить для фильтра резонансную, граничные частоты и частоту, соответствующую максимуму АЧХ. Результаты занести в таблицу.



	<i>резонанс</i>	<i>максимум</i>	<i>Нижняя частота</i>	<i>Верхняя частота</i>
φ	$\pm 90^\circ$	75.204	$\pm 45^\circ$	$\pm 135^\circ$
f , кГц	11.901	12.645	15.041	9.3388
$H(f)$	2.0753	2.1326	1.8635	1.1528

Собрать виртуальную схему рис. 6.2 и провести расчет АЧХ и ФЧХ фильтра для значения $R = R_2$, сохранить результаты в электронном виде. Амплитуду источника напряжения установить 1 В. По полученным характеристикам с помощью курсора и маркера курсора определить резонансную и граничную частоты фильтра.



$$f_0 = 11.818 \text{ кГц}$$

$$f_{\Gamma\Gamma} = 17.603 \text{ кГц}$$