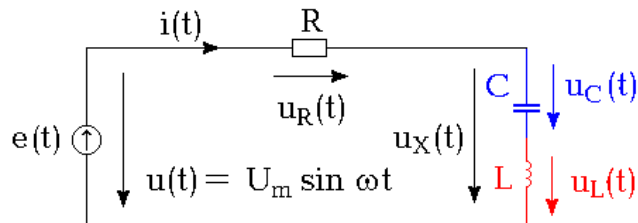


**Лабораторная работа №3**  
**«Исследование резонансных цепей»**  
**Вариант №1**

**Задание 1**



$$L=49\text{мГн}$$

$$C=0,0075\text{мкФ}$$

$$R=2150\text{ Ом}$$

**Волновое сопротивление:**

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{49 \cdot 10^{-3}}{0,0075 \cdot 10^{-6}}} = \sqrt{6533333} = \mathbf{2556\text{ Ом}}$$

**Резонансная частота:**

$$F_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{49 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0075 \cdot 10^{-6}}} = \mathbf{8306\text{ Гц}}$$

**Добротность контура:**

$$Q = \frac{\rho}{R} = \frac{2556}{2150} = \mathbf{1,19}$$

**Относительная полоса пропускания:**

$$d = \frac{1}{Q} = \frac{F_B - F_H}{F_p} = \frac{1}{1,19} = \mathbf{0,84}$$

**Частота, на которой действующее значение напряжения  $U_L$  достигает максимума**

$$F_L = F_p \sqrt{\frac{1}{1-R/2\rho}} = 8306 * \sqrt{\frac{1}{1-2150/(2*2556)}} = 8306 * \sqrt{\frac{1}{0.58}} =$$

**10906,31 Гц**

**Частота, на которой действующее значение напряжения  $U_C$  достигает максимума**

$$F_C = \frac{F_p^2}{F_L} = \frac{8306^2}{10906,31} = \mathbf{6325,66 \text{ Гц}}$$

## Задание 2

Параметры		Значения параметров								
		Частота, Гц								
		Fr Гц	0,1Fr Гц	0,3Fr Гц	0,5Fr Гц	0,7Fr Гц	2Fr, Гц	3Fr, Гц	FL, Гц	FC, Гц
F, Гц	расч.	8306	830,6	2491,8	4153	5814,2	16612	24918	10906,31	6325,66
I, mA	расч.	4,6	0,394	1,243	2,28	3,5	2,27	1,4	3,9	3,9
	эксп.	4,648	0,394	1,246	2,292	3,566	2,236	1,378	3,831	3,95
UR, В	расч.	10	0,847	2,67	4,9	7,6	4,9	3	8,4	8,4
	эксп.	9,994	0,847	2,68	4,929	7,669	4,809	2,963	8,235	8,489
UL, В	расч.	11,89	0,1007	0,954	2,9	6,3	11,6	10,7	13	7,6
	эксп.	12,043	0,1008	0,958	2,948	6,457	11,588	10,709	13,029	7,791
UC, В	расч.	11,88	10,07	10,59	11,65	12,8	2,9	1,2	7,6	13
	эксп.	11,723	10,065	10,59	11,649	12,874	2,82	1,158	7,357	13,075
j, град	расч.	0,064	-85,1	-74,5	-60,7	-40,9	60,7	72,5	33,3	-33,2
	эксп.	-0,152	-84,97	-75,39	-58,83	-39,94	59,614	71,925	32,197	

### Частота

$$F_p = 8306 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 52188$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 52188 * 49 * 10^{-3} = 2557,2 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(52188 * 0,0075 * 10^{-6}) = 2554,8 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (2557,2 - 2554,8)^2} = 2150 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{2150} = 0,0046 \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 0,0046 * 2150 = 10 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

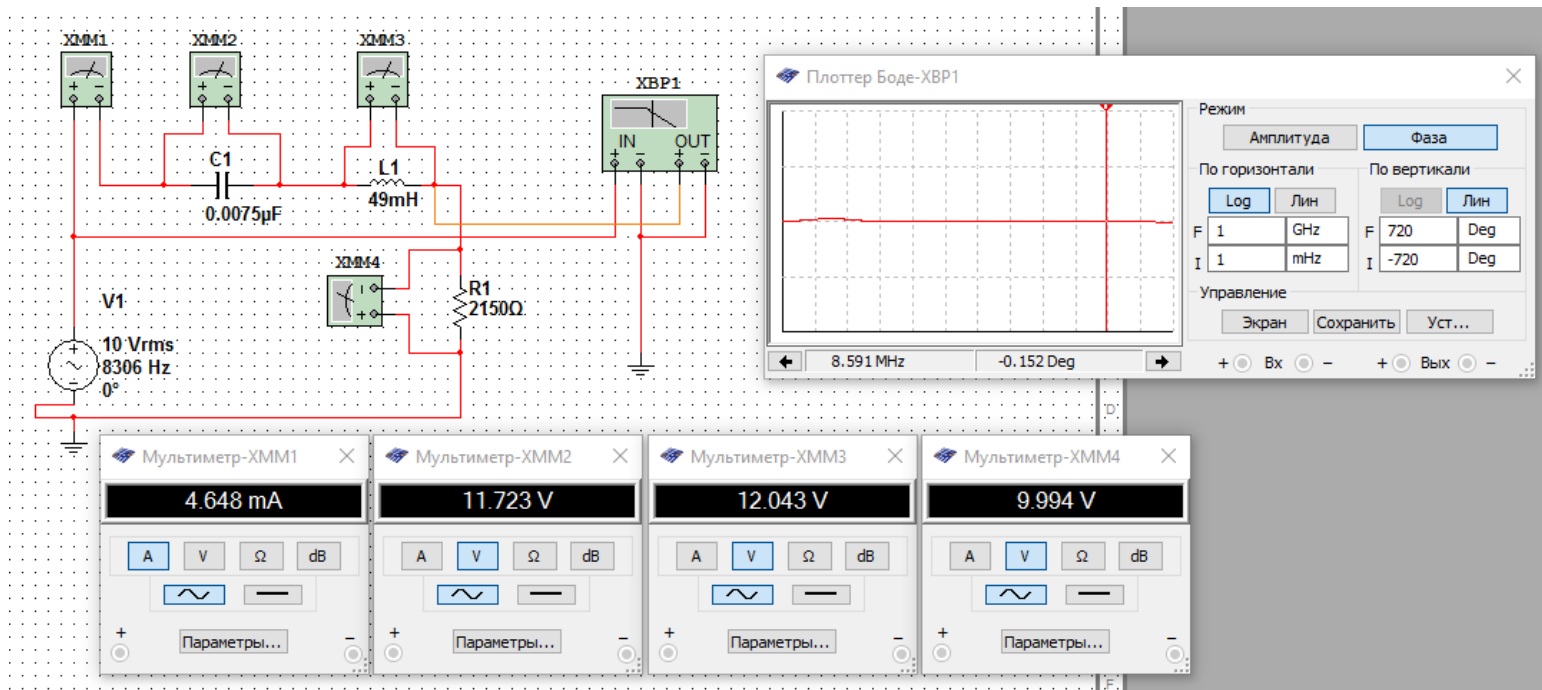
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 0,0046 * 2557,2 = 11,89 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 0,0046 * 2554,8 = 11,88 \text{ В}$$

### Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{2557,2 - 2554,8}{2150} = \arctg(0,00112) = 0,064^\circ$$



### Частота

$$F_p = 830,6 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 5219$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 5219 * 49 * 10^{-3} = 255,7 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(5219 * 0,0075 * 10^{-6}) = 25547,7 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (255,7 - 25547,7)^2} = 25383,2 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{25383,2} = 394 * 10^{-6} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 394 * 10^{-6} * 2150 = 0,847 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

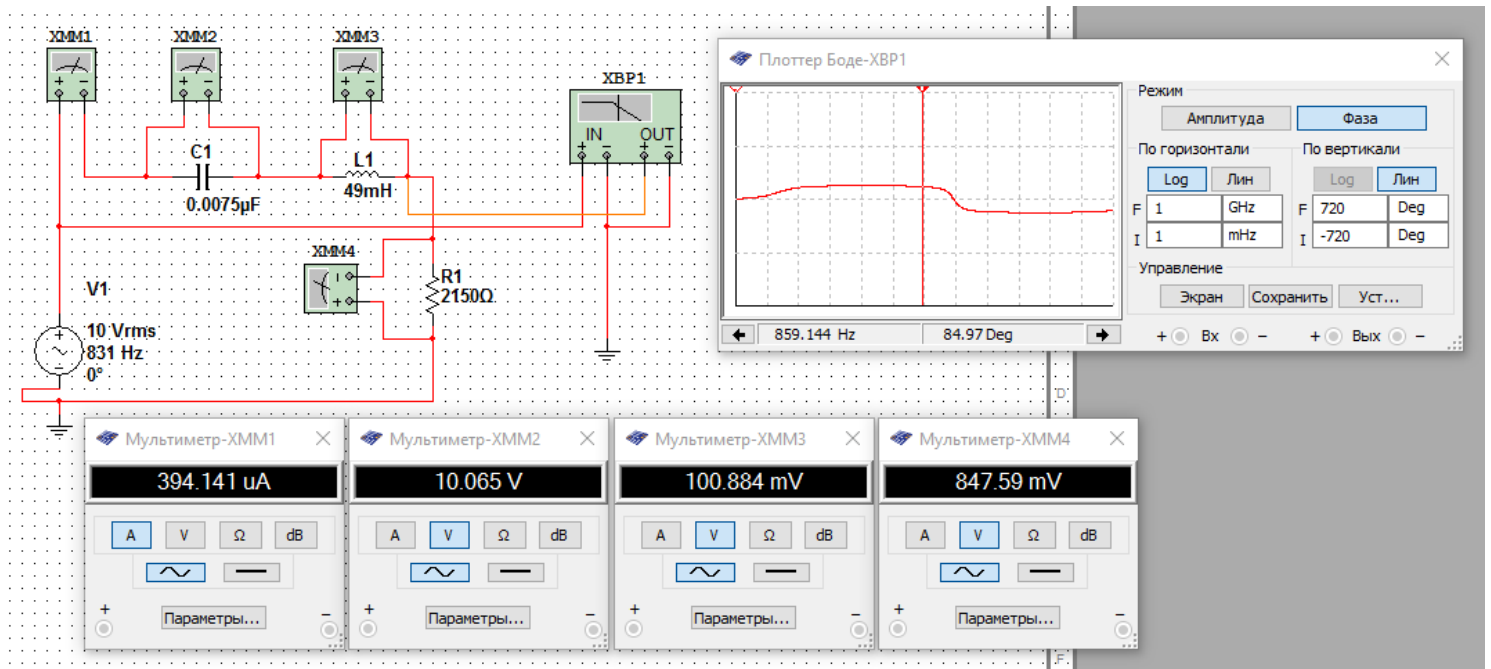
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 394 * 10^{-6} * 255,7 = 100,7 \text{ мВ}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 394 * 10^{-6} * 25547,7 = 10,07 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{255,7 - 25547,7}{2150} = \arctg(-11.7) = -85.1^\circ$$



### Частота

$$F_p = 2491,8 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 15656,4$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 15656,4 * 49 * 10^{-3} = 767,2 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(15656,4 * 0,0075 * 10^{-6}) = 8516,2 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (767,2 - 8516,2)^2} = 8041,7 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{8041,7} = 1243,5 * 10^{-6} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 1243,5 * 10^{-6} * 2150 = 2,67 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

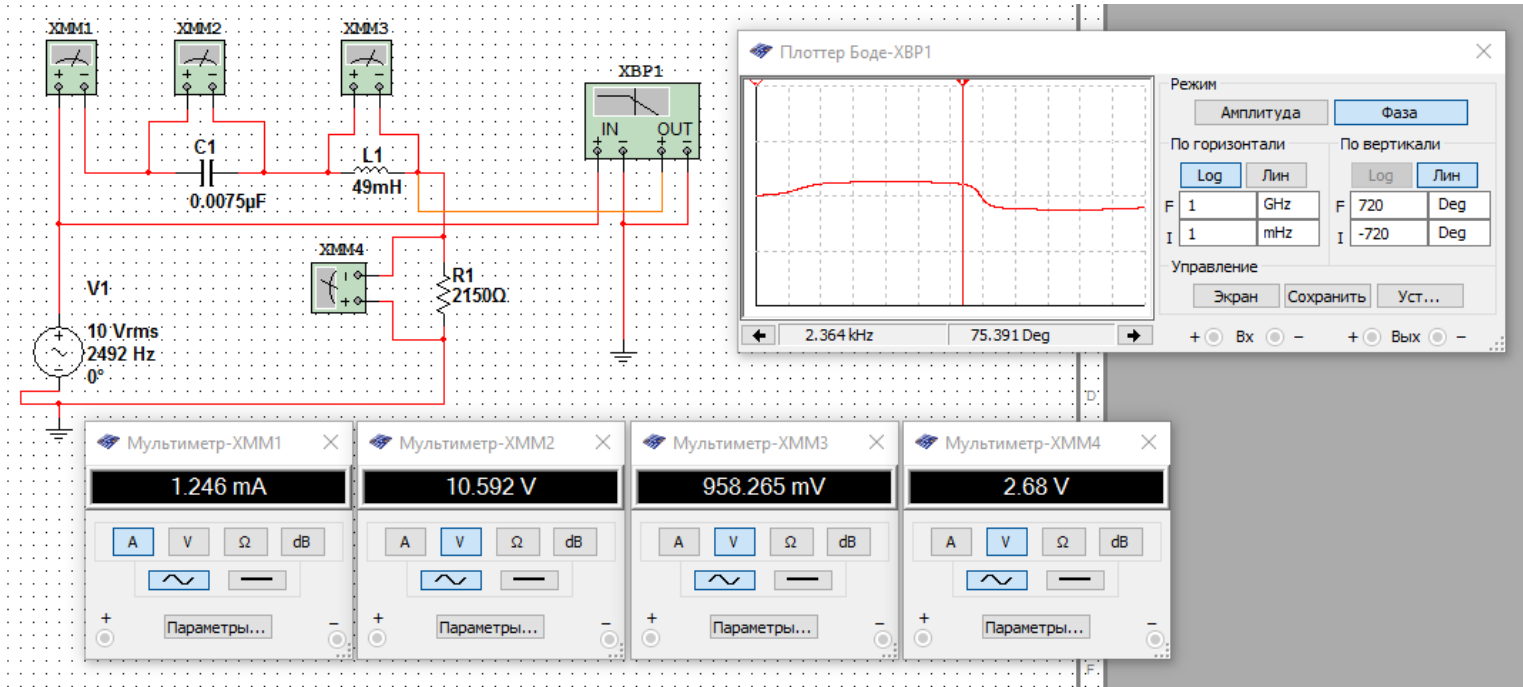
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 1243,5 * 10^{-6} * 767,2 = 0,954 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 1243,5 * 10^{-6} * 8516,2 = 10,59 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{767,2 - 8516,2}{2150} = \arctg(-3,6) = -74,5^\circ$$





### Частота

$$F_p = 4153 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 26094$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 26094 * 49 * 10^{-3} = 1278,6 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(26094 * 0,0075 * 10^{-6}) = 5109,7 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (1278,6 - 5109,7)^2} = 4393,2 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{4393,2} = 2,28 * 10^{-3} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 2,28 * 10^{-3} * 2150 = 4,9 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

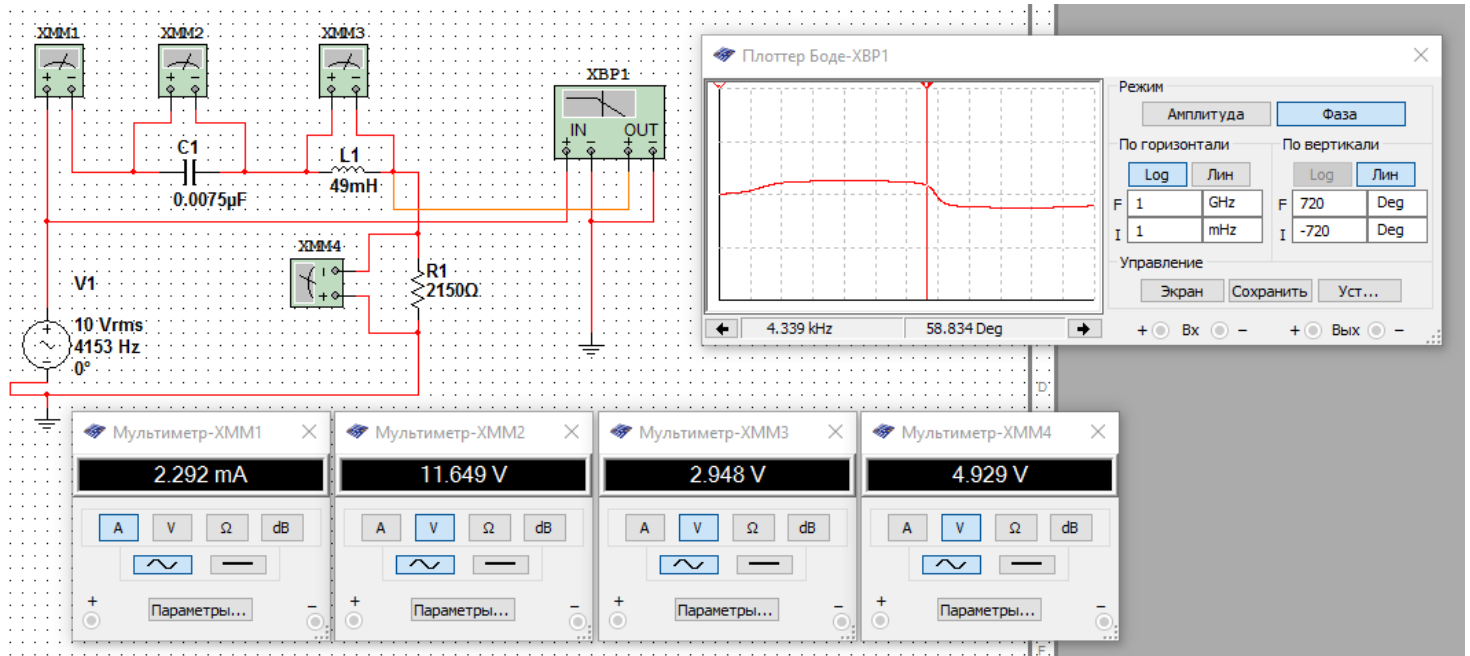
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 2,28 * 10^{-3} * 1278,6 = 2,9 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 2,28 * 10^{-3} * 5109,7 = 11,65 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{1278,6 - 5109,7}{2150} = \arctg(-1,78) = -60,7^\circ$$



### Частота

$$F_p = 5814,2 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 36531,7$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 36531,7 * 49 * 10^{-3} = 1790 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(36531,7 * 0,0075 * 10^{-6}) = 3649,8 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (1790 - 3649,8)^2} = 2842,8 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{2842,8} = 3,5 * 10^{-3} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 3,5 * 10^{-3} * 2150 = 7,6 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

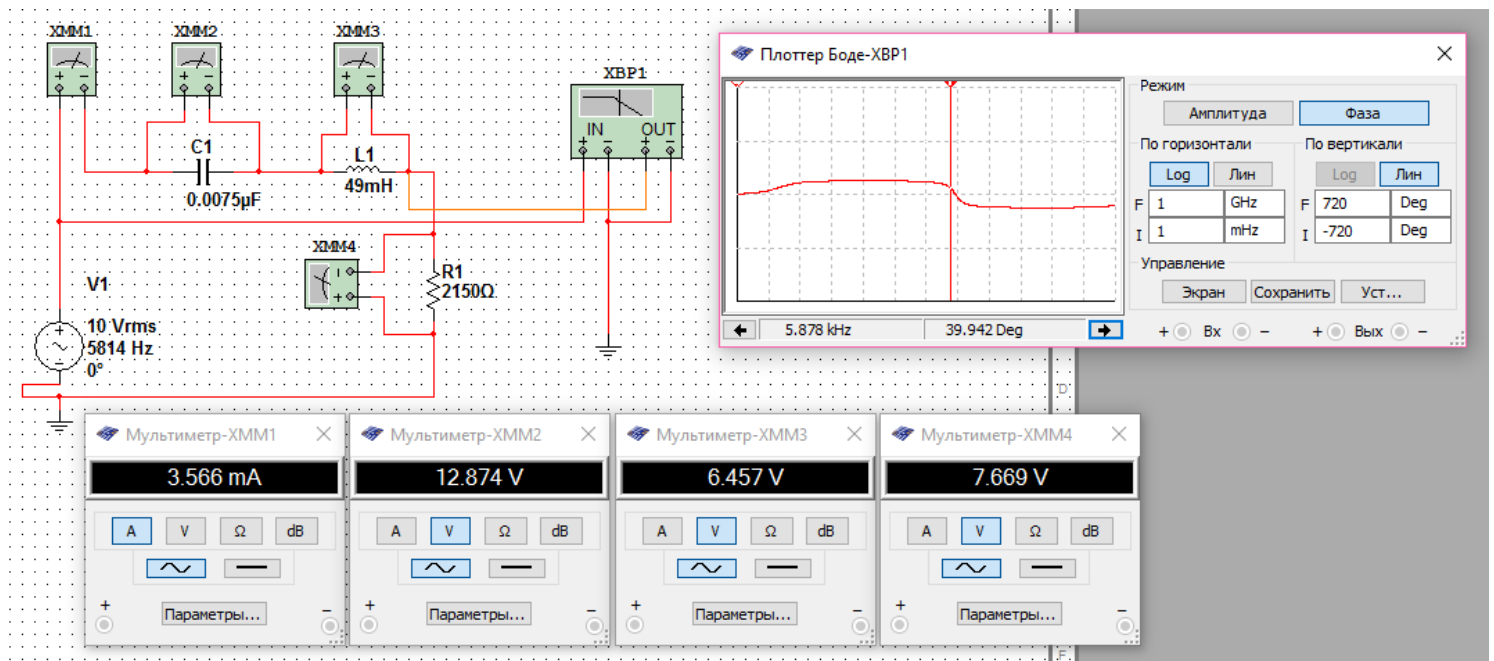
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 3,5 * 10^{-3} * 1790 = 6,3 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 3,5 * 10^{-3} * 3649,8 = 12,8 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{1790 - 3649,8}{2150} = \arctg(-0,87) = -40,9^\circ$$



### Частота

$$F_p = 16612 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 104376,3$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 104376,3 * 49 * 10^{-3} = 5114,4 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(104376,3 * 0,0075 * 10^{-6}) = 1277,4 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (5114,4 - 1277,4)^2} = 4398,3 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{4398,3} = 2,27 * 10^{-3} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 2,27 * 10^{-3} * 2150 = 4,9 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

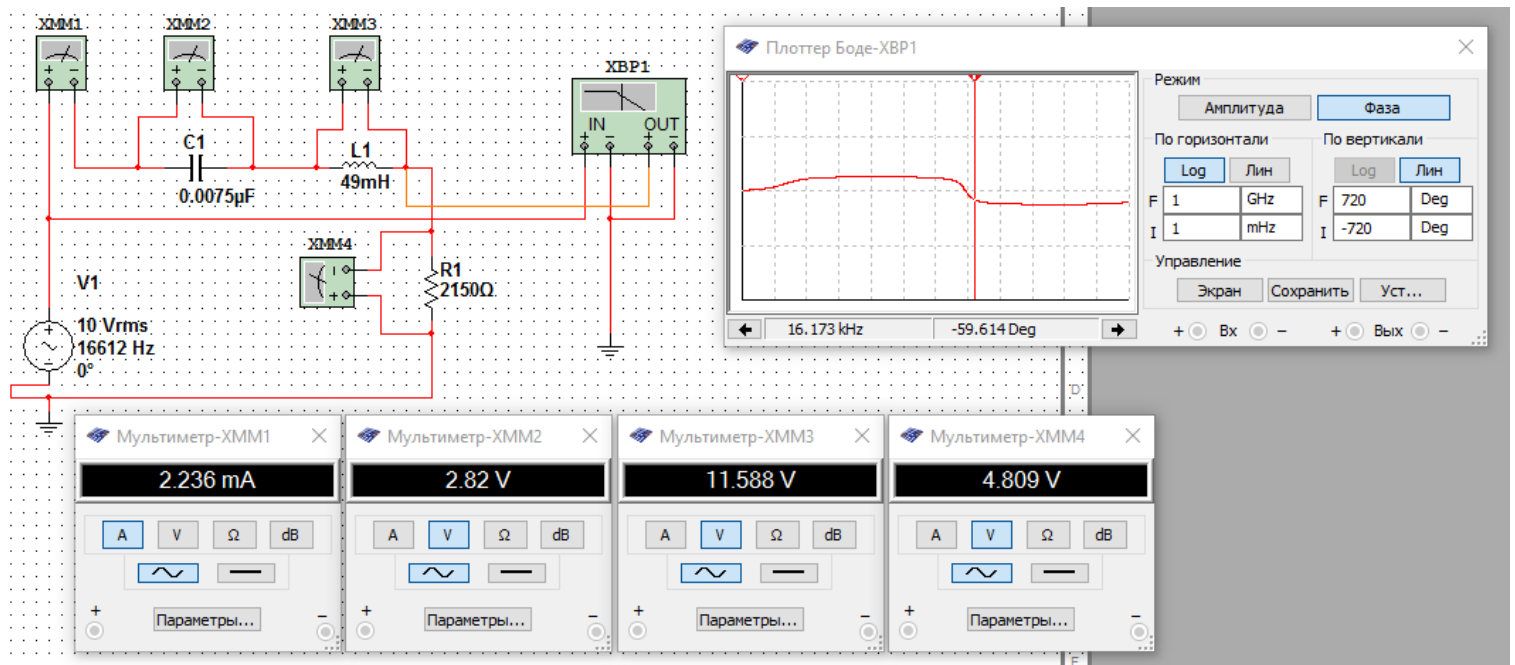
$$U_L = I * \omega L = \frac{U \omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 2,27 * 10^{-3} * 5114,4 = 11,6 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 2,27 * 10^{-3} * 1277,4 = 2,9 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{5114,4 - 1277,4}{2150} = \arctg(1,78) = 60,7^\circ$$



### Частота

$$F_p = 24918 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 156564,4$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 156564,4 * 49 * 10^{-3} = 7671,7 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(15654,4 * 0,0075 * 10^{-6}) = 851,6 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (7671,7 - 851,6)^2} = 7150,9 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{7150,9} = 1,4 * 10^{-3} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 1,4 * 10^{-3} * 2150 = 3 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

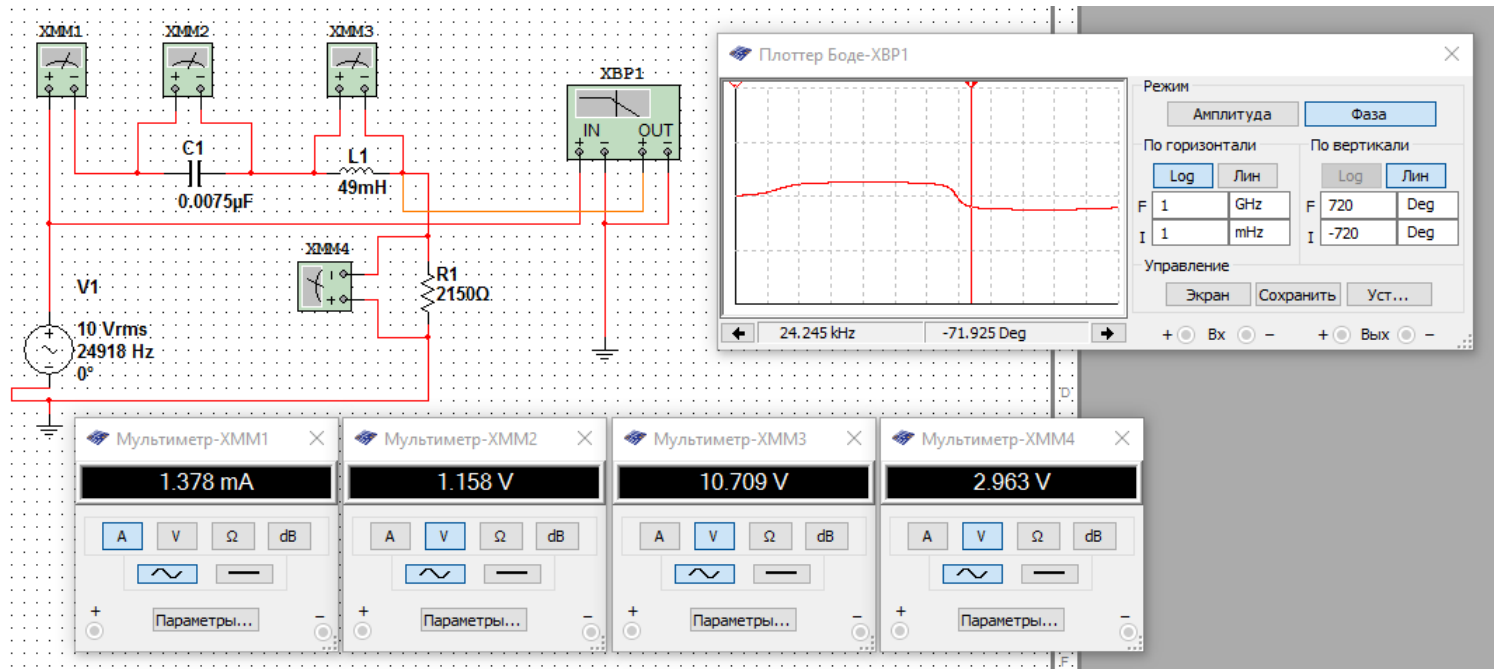
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 1,4 * 10^{-3} * 7671,7 = 10,7 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 1,4 * 10^{-3} * 851,6 = 1,2 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{7671,7 - 851,6}{2150} = \arctg(3.17) = 72,5^\circ$$





### Частота

$$F_p = 10906,31 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 68526,4.$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 68526,4 * 49 * 10^{-3} = 3357,8 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(68526,4 * 0,0075 * 10^{-6}) = 1945,7 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (3357,8 - 1945,7)^2} = 2572,3 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{2572,3} = 3,9 * 10^{(-3)} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 3,9 * 10^{(-3)} * 2150 = 8,4 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

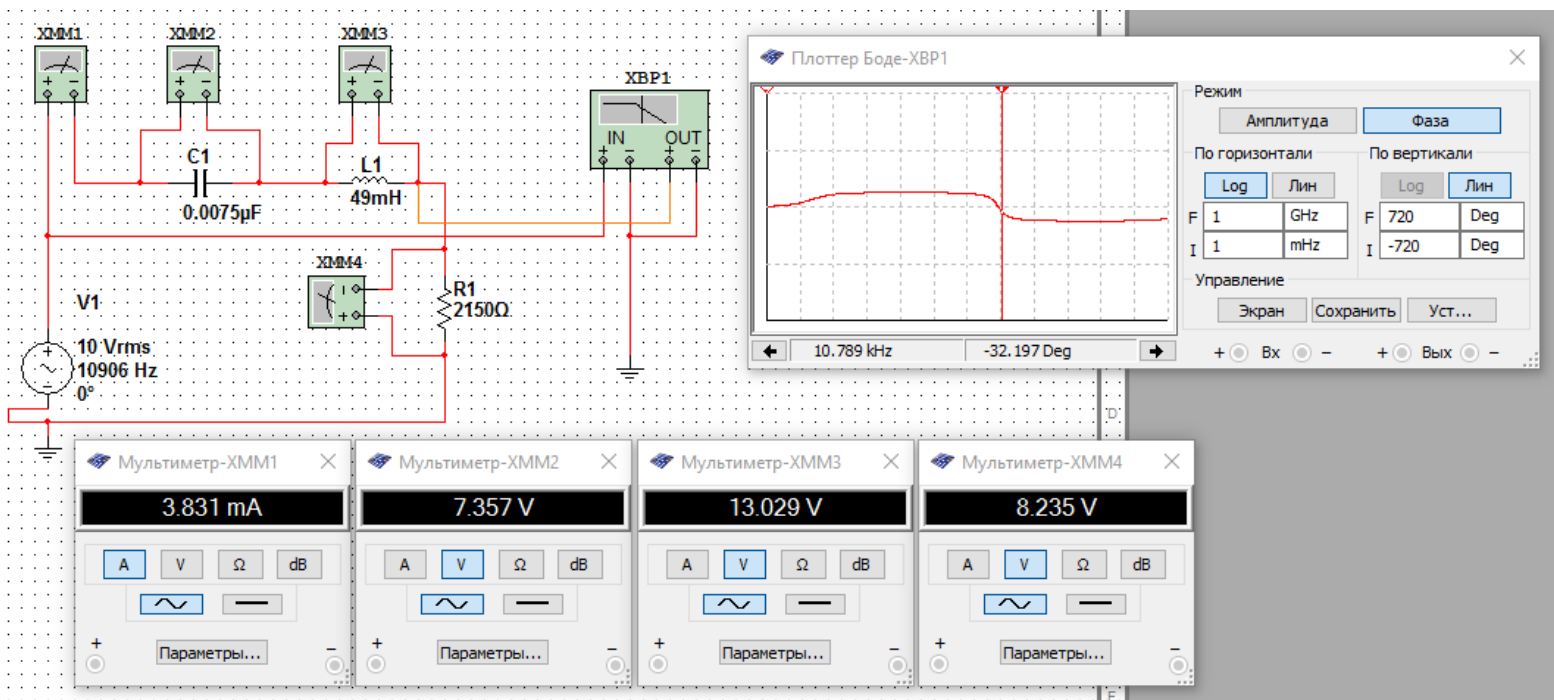
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 3,9 * 10^{(-3)} * 3357,8 = 13 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 3,9 * 10^{(-3)} * 1945,7 = 7,6 \text{ В}$$

## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{3357,8 - 1945,7}{2150} = \arctg(0,66) = 33,3^\circ$$



### Частота

$$F_p = 6325,66 \text{ Гц}$$

### Угловая частота

$$\omega = 2\pi F_p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 39745,3$$

### Сопротивление на катушке

$$\omega L = 39745,3 * 49 * 10^{-3} = 1947,5 \text{ Ом}$$

### Сопротивление на конденсаторе

$$1/\omega C = 1/(39745,3 * 0,0075 * 10^{-6}) = 3354,7 \text{ Ом}$$

### Полное сопротивление

$$\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} = \sqrt{2150^2 + (1947,5 - 3354,7)^2} = 2569,6 \text{ Ом}$$

### Действующее значение тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = \frac{10}{2569,6} = 3,9 * 10^{-3} \text{ А}$$

### Напряжение на резисторе

$$U_R = I * R = \frac{UR}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 3,9 * 10^{-3} * 2150 = 8,4 \text{ В}$$

### Напряжение на катушке

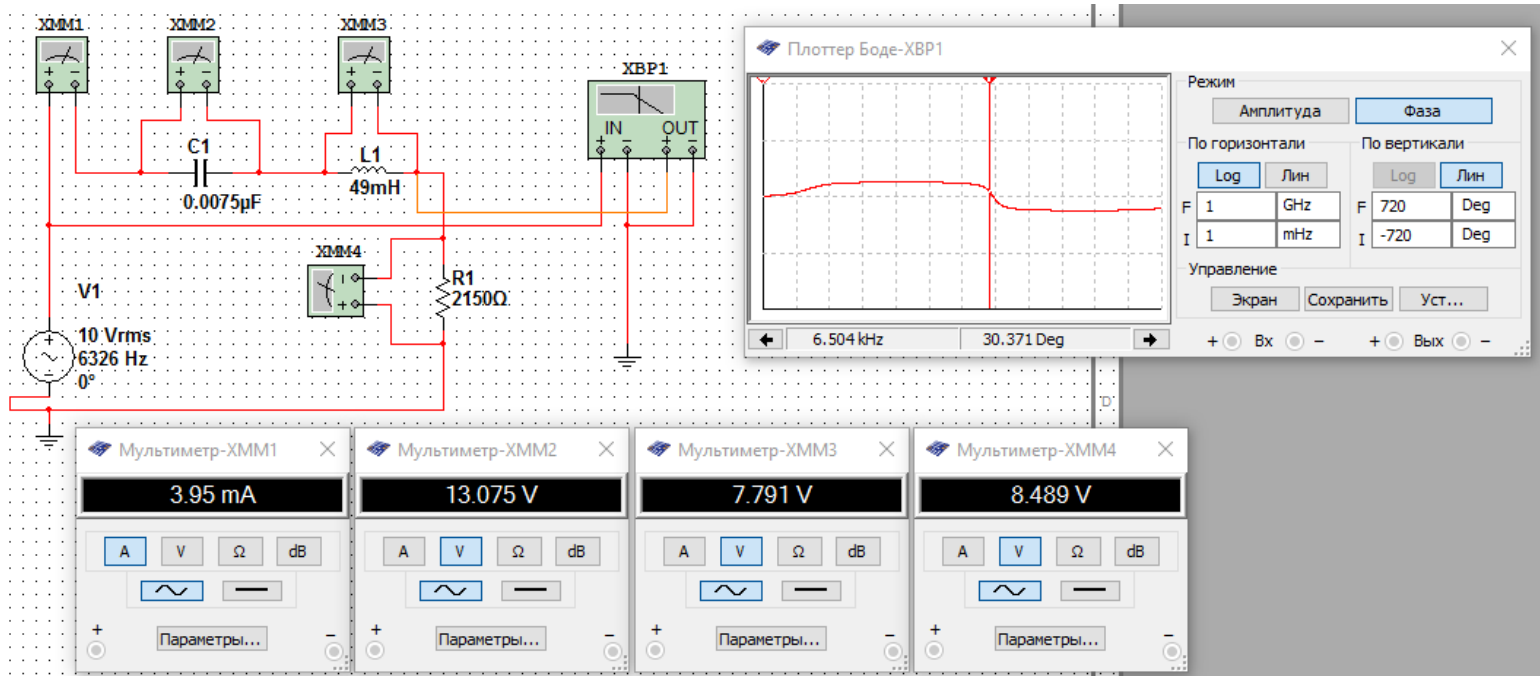
$$U_L = I * \omega L = \frac{U\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} = 3,9 * 10^{-3} * 1947,5 = 7,6 \text{ В}$$

### Напряжение на конденсаторе

$$U_C = I * 1/\omega C = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} * \frac{1}{\omega C} = 3,9 * 10^{-3} * 3354,7 = 13 \text{ В}$$

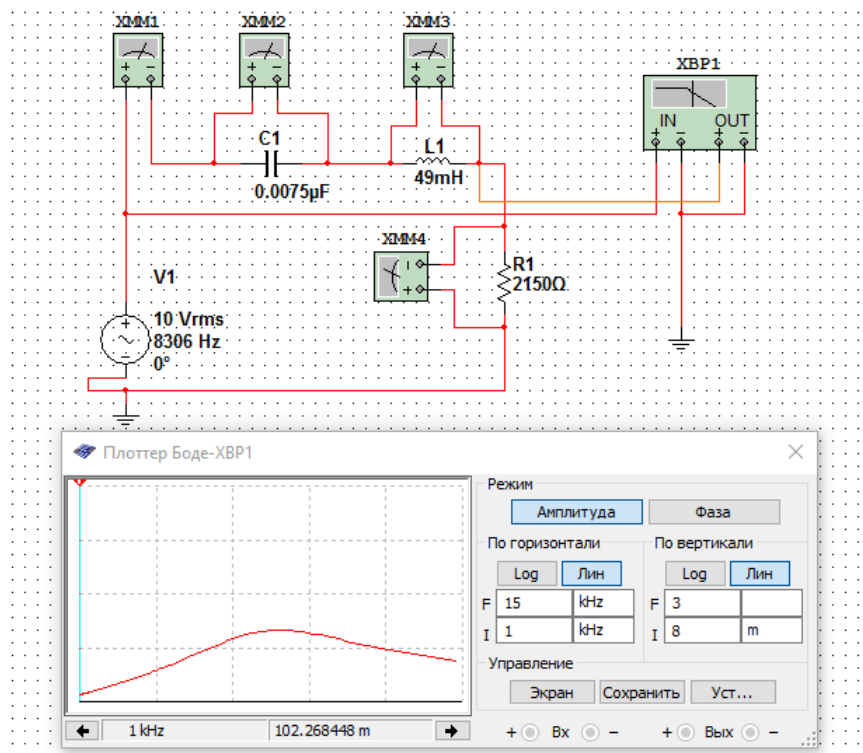
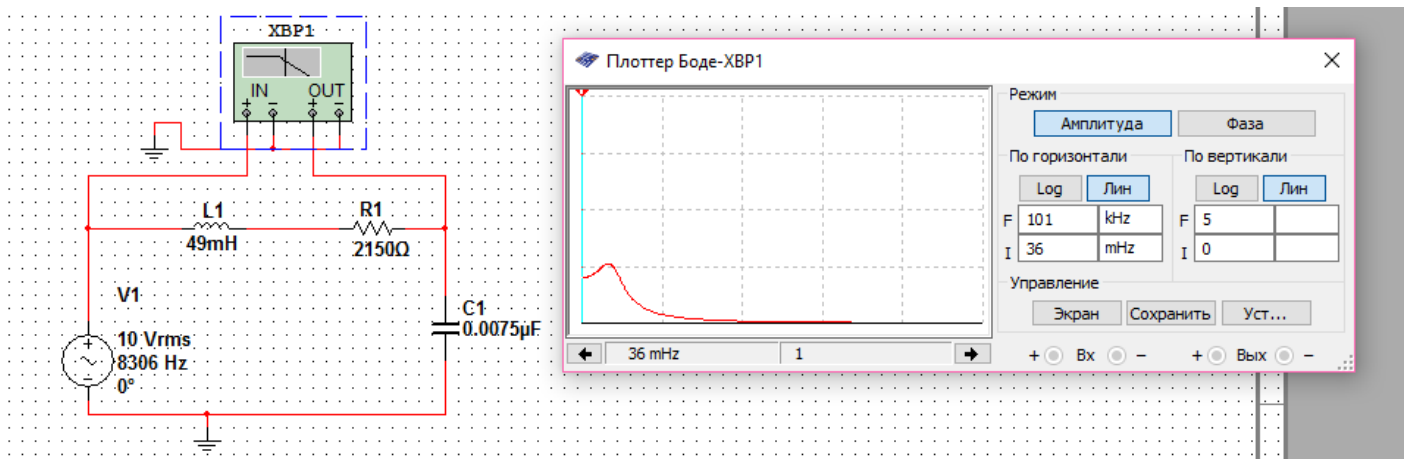
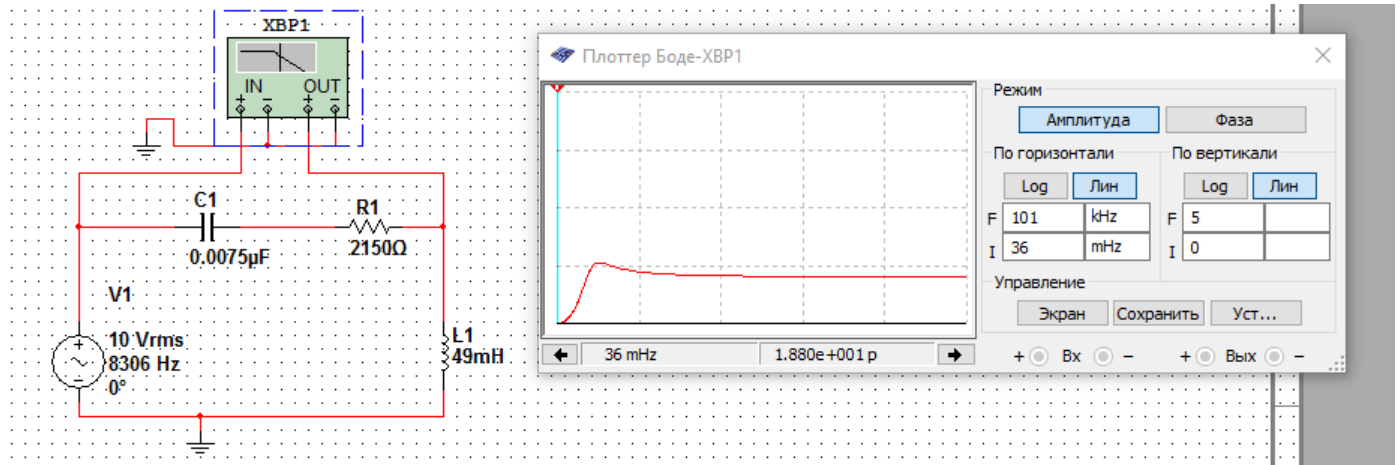
## Угол сдвига фаз между входным током и напряжением

$$\phi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} = \arctg \frac{1947,5 - 3354,7}{2150} = \arctg(-0,65) = -33,2^\circ$$

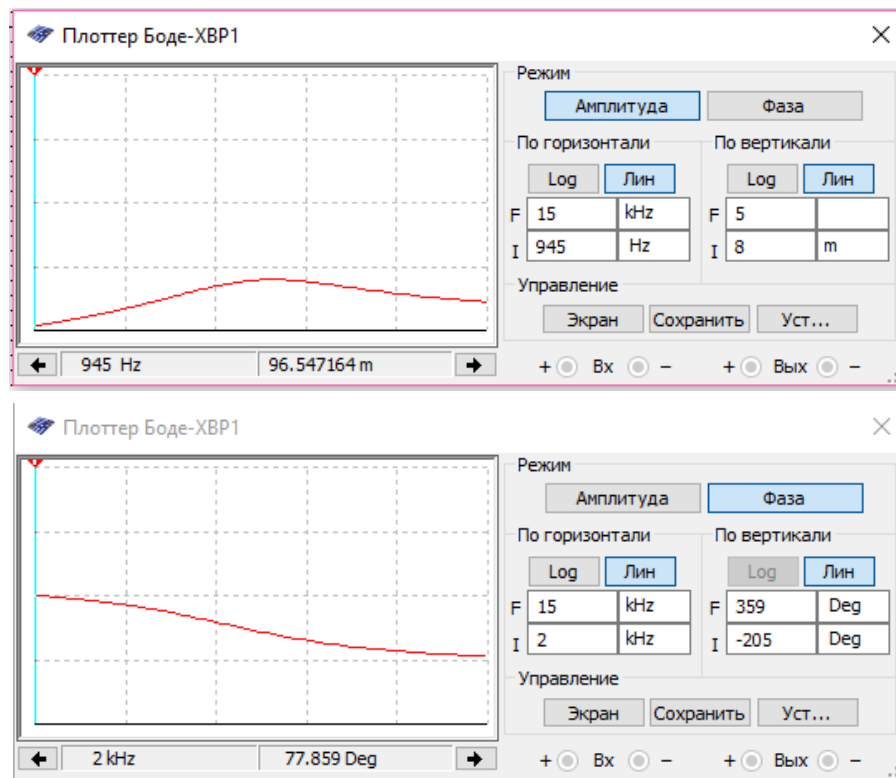


## Лабораторное задание

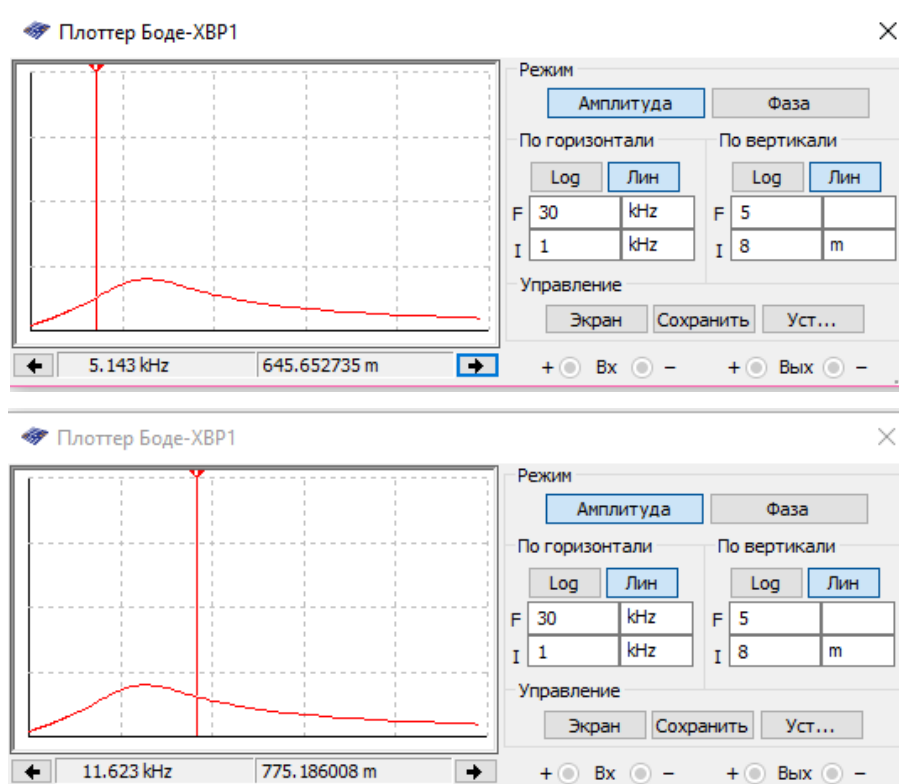
Включив в схему рис.1 амперметр и три вольтметра определите экспериментальные значения токов и напряжений, заданных в табл. 2.



**Получите АЧХ и ФЧХ с помощью Бode-плоттера.**



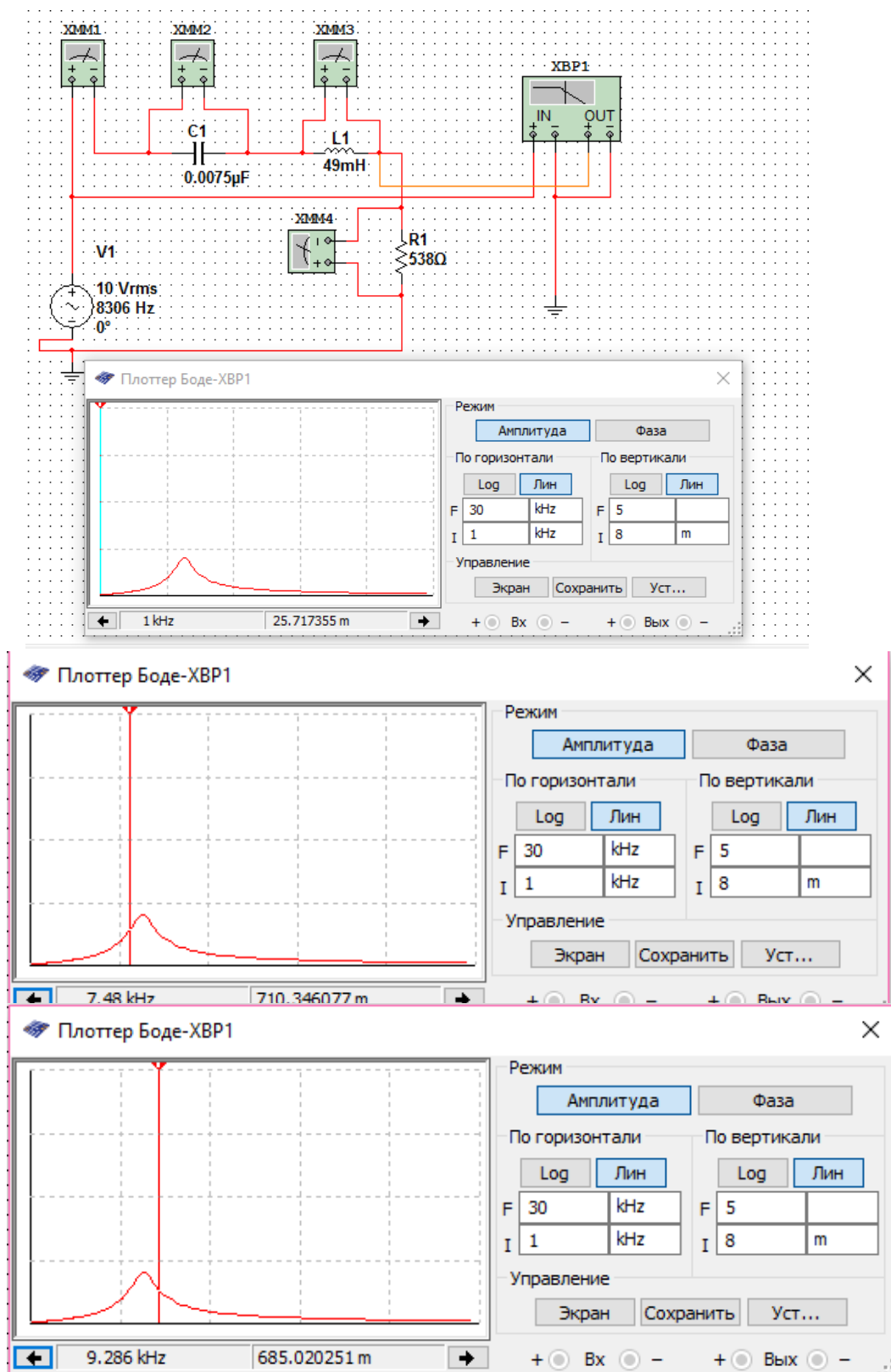
**Определите экспериментально относительную полосу пропускания, считая выходным элементом резистор R.**



$$d_3 = (F_B - F_H) / F_P = (11,623 - 5,143) / 8.306 = \mathbf{0.78}$$

$$d_T = \mathbf{0.84}$$

**Уменьшите величину сопротивления R в 4 раза. Определите снова полосу пропускания.**



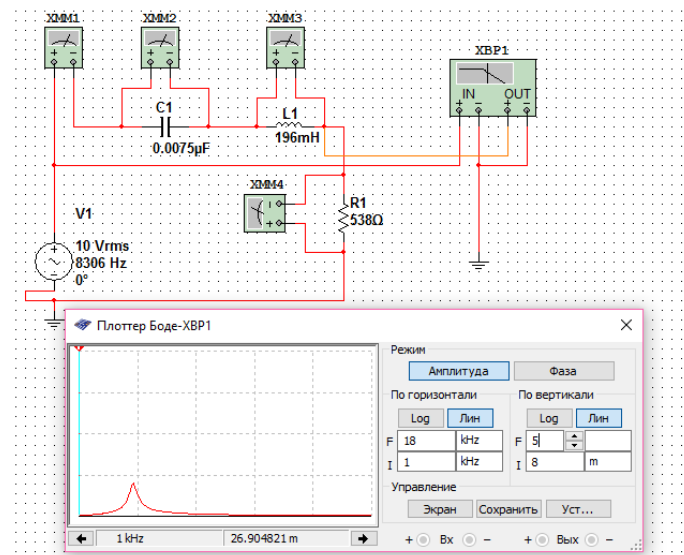
$$d_3 = (F_B - F_H) / F_P = (9,286 - 7,48) / 8,306 = \mathbf{0,217}$$

$$d_T = \mathbf{0,84}$$

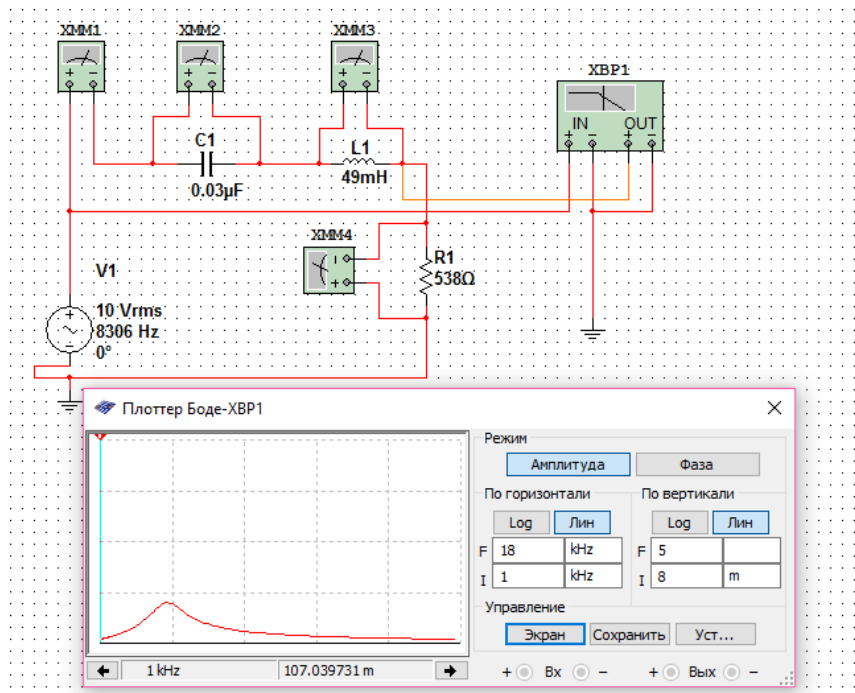
**Уменьшите в два раза резонансную частоту:**

$$\omega/2 = 1/\sqrt{4LC}$$

- За счет величины индуктивности L. Увеличим L в 4 раза.  $L = 196\text{мГн}$



- За счет величины емкости C. Увеличим C в 4 раза.  $C = 0,03\text{мкФ}$



$$\text{Добротность } Q = (1/R) \sqrt{L/C}$$

Если L увеличится в 4 раза, то добротность **увеличится** в 2 раза.

Если C увеличится в 4 раза, то добротность **уменьшится** в 2 раза.