Обратите, пожалуйста, внимание, что выполнять Лаб.4 следует по новой Программе работы (и оформлять отчёт по новому Содержанию отчёта), сформулированной в файле Лаб.4.

Полученное задание:
Параллельный колебательный контур.
Резонансная частота: 5 МГц.
Добротность: 35.

Расчёт параметров колебательного контура:
Для расчёта были использованы формулы

$$f_{\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 5\,000\,000\,\text{Гц}$$

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 35.$$

Поскольку формул только 2, а неизвестных – 3, одно из неизвестных можно принять равным любому значению. Пусть $R = 1000\,\text{Ом}$. Тогда получается система уравнений:

$$\begin{cases} \sqrt{LC} = \dfrac{1}{2\pi \times 5\,000\,000\,\text{Гц}} = \dfrac{10^{-7}}{\pi}\,\text{с} \approx 31{,}83 \times 10^{-9}\,\text{с}^{-1} \\ \sqrt{\dfrac{C}{L}} = \dfrac{35}{1000\,\text{Ом}} = 0{,}035\,\text{Ом}^{-1}. \end{cases}$$

Перемножение уравнений этой системы даёт

$$C = 31{,}83 \times 10^{-9}\,\text{с}^{-1} \times 0{,}035\,\text{Ом}^{-1} = 1{,}114\,\text{нФ},$$

а деление первого уравнения на второе даёт

$$\begin{cases} \sqrt{LC} = \dfrac{1}{2\pi \times 5\,000\,000\,\text{Гц}} = \dfrac{10^{-7}}{\pi}\,\text{с} \approx 31{,}83 \times 10^{-9}\,\text{с}^{-1} \\ \sqrt{\dfrac{C}{L}} = \dfrac{35}{1000\,\text{Ом}} = 0{,}035\,\text{Ом}^{-1} \end{cases}$$

$$L = \frac{31{,}83 \times 10^{-9}\,\text{с}^{-1}}{0{,}035\,\text{Ом}^{-1}} = 0{,}9046\,\text{мкГн}.$$

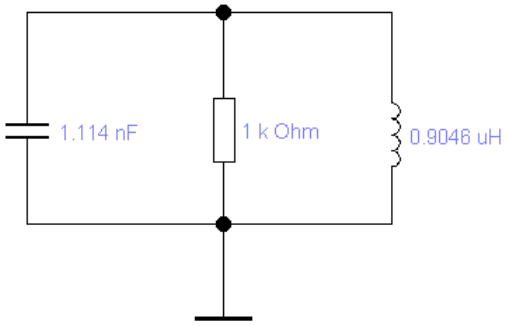
Характеристическое сопротивление контура при этом равно

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0{,}9046\,\text{мкГн}}{1{,}114\,\text{нФ}}} = 28{,}497\,\text{Ом}$$

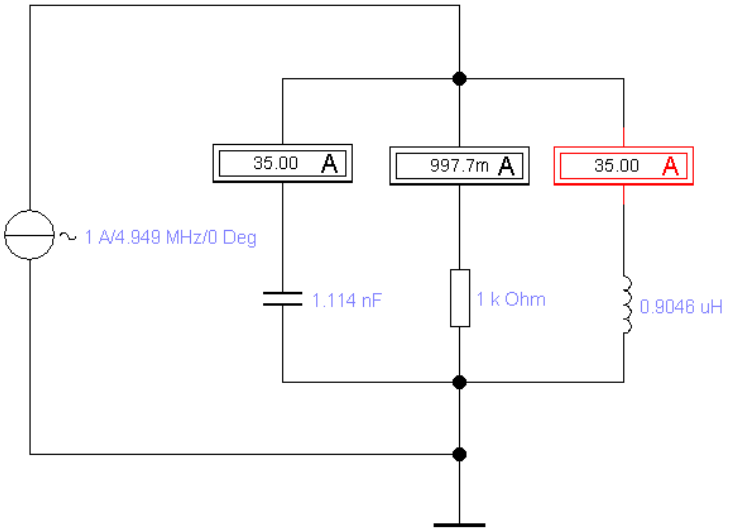
Сопротивление резистора колебательного контура с такими параметрами равно

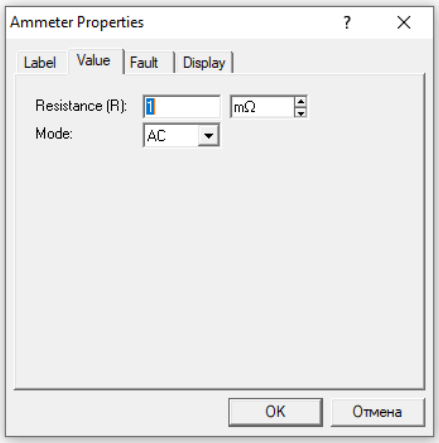
$$R = Q\sqrt{\frac{L}{C}} = 35\rho = 997,36\,\text{Ом}$$

Схема колебательного контура с рассчитанными номиналами элементов была собрана в программе-симуляторе EWB5.12:



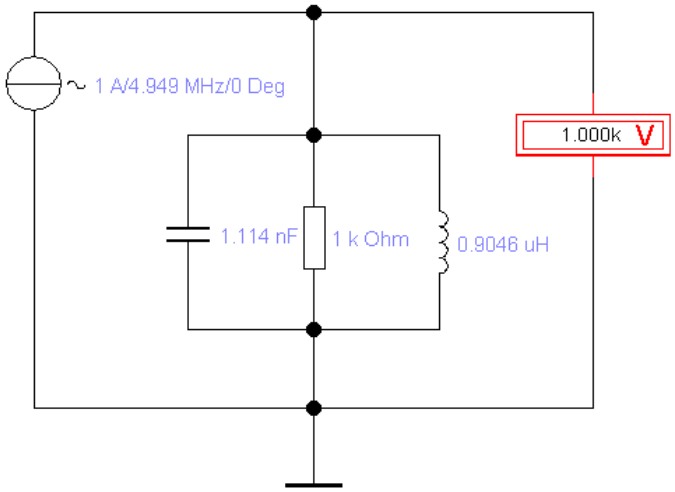
Для определения резонансной частоты контура последовательно с элементами R, L и C контура были включены амперметры АС с внутренним сопротивлением $1\text{мОм} \ll \rho \approx 1\text{кОм}$. Резонансная частота контура была определена как частота входного сигнала, при которой ток через конденсатор и через индуктивность принимают равные значения:

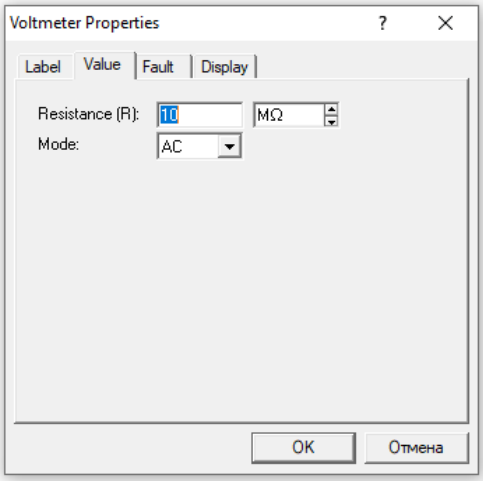




Из приведённого рисунка следует, что добротность контура равна 35, так как в резонансе $I_C = I_L = 35I_{\text{ВХ}}$.

Для снятия резонансной кривой параллельно контуру был подключен вольтметр АС с внутренним сопротивлением $10\,\text{МОм} \gg \rho \approx 1\text{кОм}$:



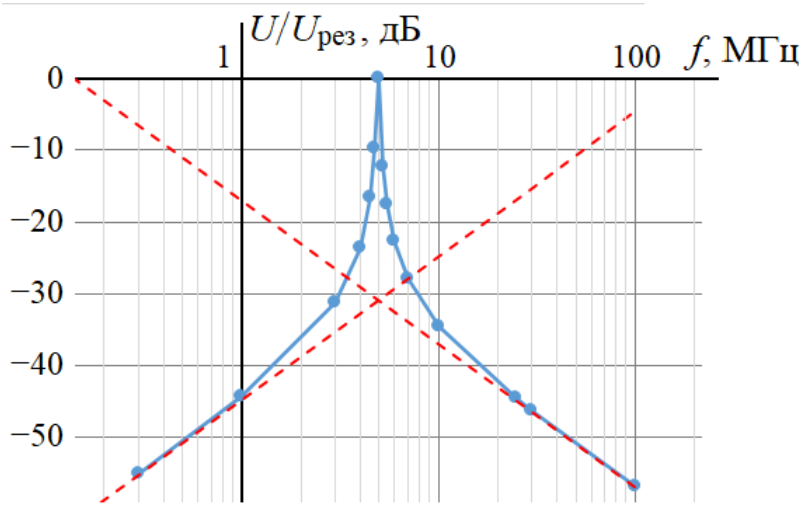


В резонансе напряжение на контуре составило значение $U_{рез} = 1000\,В$

Были измерены значения напряжения на контуре на разных частотах тока через контур:

f, МГц	U, В	$U/U_{рез}$	$U/U_{рез}$, дБ
0,3	1,734	0,001734	-55,219
1	6,003	0,006003	-44,4326
3	27,3	0,0273	-31,2767
4	66,28	0,06628	-23,5724
4,5	148	0,148	-16,5948
4,75	327,9	0,3279	-9,68517
4,949	1000	1	0
5,25	243,4	0,2434	-12,2736
5,5	133,5	0,1335	-17,4904
6	73,34	0,07334	-22,6932
7	40,25	0,04025	-27,9047
10	18,67	0,01867	-34,5771
25	5,871	0,005871	-44,6258
30	4,832	0,004832	-46,3175
100	1,414	0,001414	-56,991
0,3	1,734	0,001734	-55,219
1	6,003	0,006003	-44,4326
3	27,3	0,0273	-31,2767
4	66,28	0,06628	-23,5724
4,5	148	0,148	-16,5948
4,75	327,9	0,3279	-9,68517
4,949	1000	1	0
5,25	243,4	0,2434	-12,2736
5,5	133,5	0,1335	-17,4904
6	73,34	0,07334	-22,6932
7	40,25	0,04025	-27,9047

По полученным значениям была построена резонансная кривая контура:

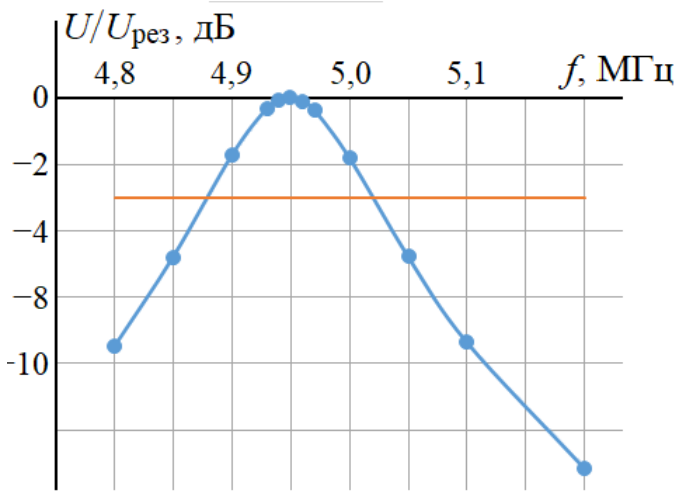


На этой же кривой нанесены асимптоты с наклоном 20 дБ/дек. и – –20 дБ/дек.

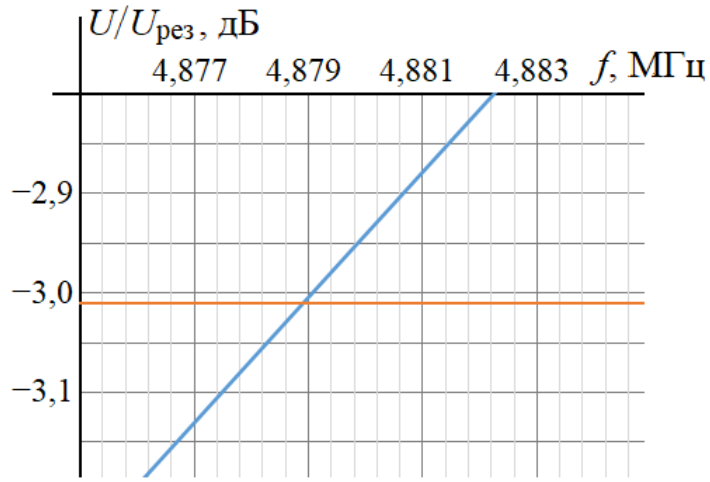
Резонансная кривая также была измерена вблизи её максимума:

f, МГц	U, В	$U/U_{рез}$	$U/U_{рез}$, дБ
4,8	422,4	0,4224	-7,48552
4,85	576,2	0,5762	-4,78853
4,9	819,8	0,8198	-1,72584
4,93	965,3	0,9653	-0,30675
4,94	991,8	0,9918	-0,07152
4,949	1000	1	0
4,96	987,9	0,9879	-0,10574
4,97	958,5	0,9585	-0,36816
5	811,7	0,8117	-1,81209
5,05	576,3	0,5763	-4,78703
5,1	428,3	0,4283	-7,36504
5,2	276,7	0,2767	-11,1598

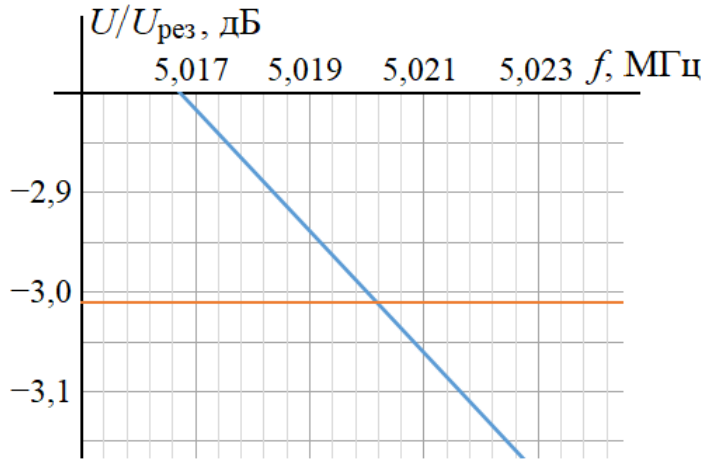
По полученным значениям была построена резонансная кривая контура: в окрестности её максимума:



На том же графике проведена горизонтальная прямая –3,01 дБ, точки пересечения которой с резонансной кривой определяют границы полосы пропускания контура:



Нижняя граница полосы пропускания $f_{Н} = 4{,}8788\,МГц$



Верхняя граница полосы пропускания $f_{В} = 5{,}0202\,МГц$

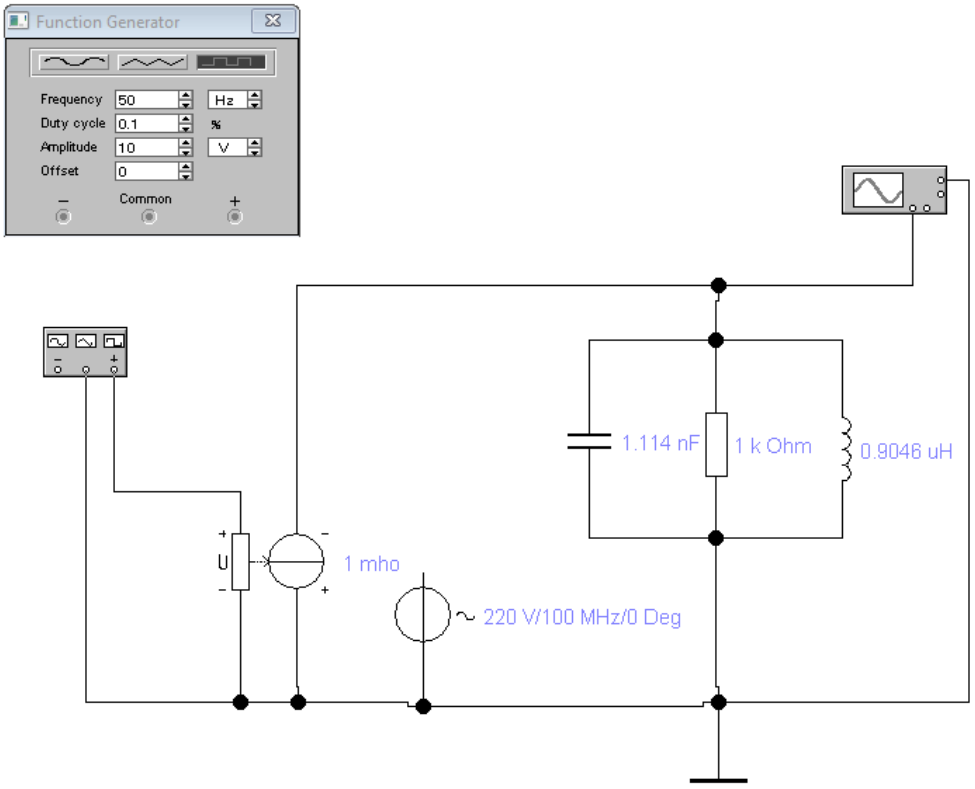
Таким образом, полоса пропускания контура равна

$$\Delta f = f_{В} - f_{Н} = (5{,}0202 - 4{,}8788)\,МГц = 0{,}1414\,МГц,$$

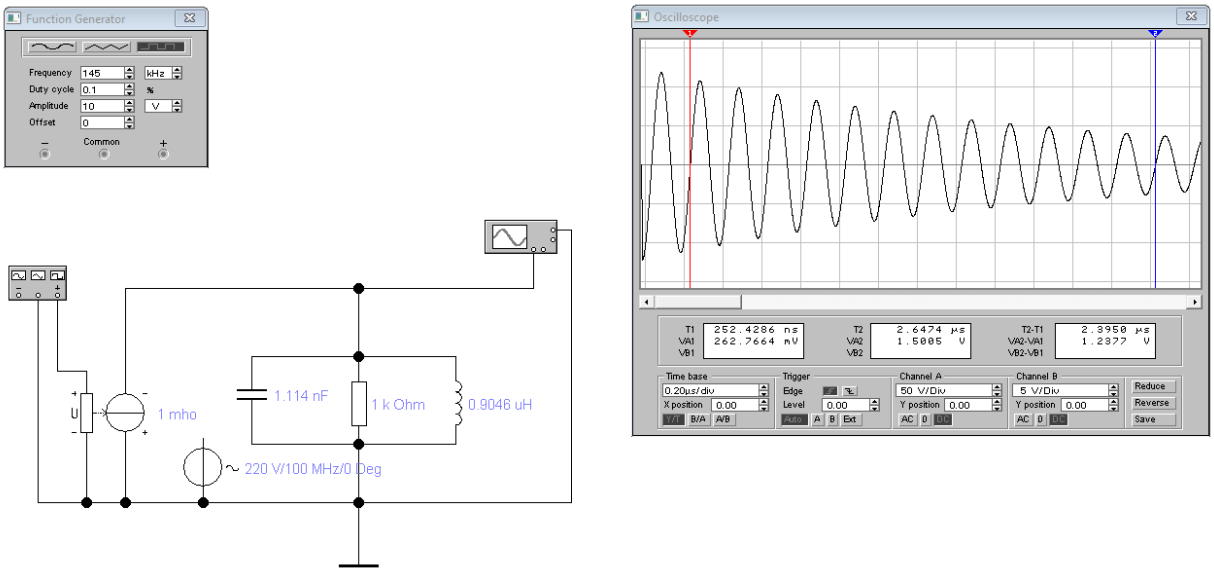
а добротность контура оказывается равной

$$Q = \frac{f_{рез}}{\Delta f} = \frac{4{,}949\,МГц}{0{,}1414\,МГц} = 35$$

Для снятия импульсной характеристики контура в программе-симуляторе EWB5.12 была собрана схема:



Частота следования входных импульсов контура была выбрана $50\,\text{Гц} \ll \frac{f_{\text{рез}}}{Q} = \frac{5000000\,\text{Гц}}{35} \approx 145\,\text{кГц}$. Для снижения дискретности в осциллограмме в схему был введён генератор с частотой $100\,\text{МГц} \gg f_{\text{рез}} = 5\,\text{МГц}$. По осциллограмме выходного сигнала контура была снята его импульсная характеристика:

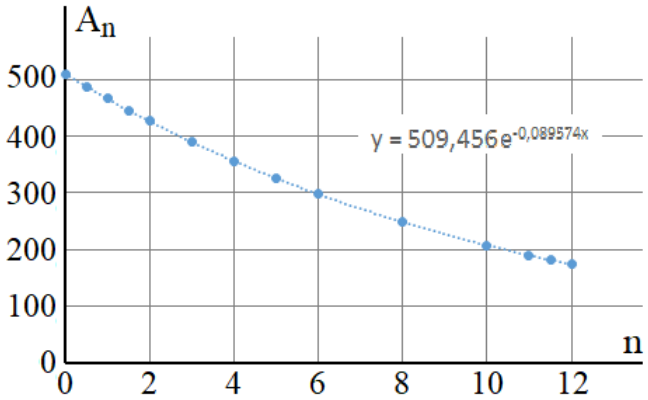


Как это следует из осциллограммы, период собственных колебаний контура составляет $2{,}395\,\text{мкс}/12 = 0{,}19958\,\text{мкс}$, что соответствует частоте $1/0{,}19958\,\text{мкс} = 5{,}0104\,\text{МГц} \approx 5\,\text{МГц}$.

По измерениям амплитуды колебаний была составлена таблица:

Порядковый номер колебания	Амплитуда, В
0	509,68
0,5	487,31
1	465,9
1,5	445,41
2	426,13
3	389,1
4	356,12
5	325,42
6	297,29
8	248,66
10	207,97
11	190,32
11,5	181,94
12	173,95

Эта таблица была представлена в виде графика:



Линия экспоненциального тренда, проведённого в системе Excel через точки графика, описывается уравнением $A_n = A_0 \mathrm{e}^{-0{,}089574n}$, откуда была получена оценка добротности контура:

$$Q = \frac{\pi}{0{,}089574} = 35{,}0726 \approx 35\,.$$

Результаты лабораторной работы можно представить в виде таблицы:

	$f_{\text{рез}}$	Q
Расчёты	5,000	35,000
Непосредственное измерение	4,949	35,00
Анализ резонансной кривой	—	35,000
Анализ импульсной характеристики	5,0193	35,0726