

Отчёт по выполнению КПЗ №1

Есиков С.Д, Иванова А. Я.

22 сентября 2025 г.

1 Задача

1. Выбор конденсатора.
2. Теоретические расчёты.
3. Multisim-модель.
4. АЧХ напряжения на ёмкости, индуктивности и тока в контуре.
5. ПХ напряжений на ёмкости, индуктивности и тока в контуре.
6. Декремент и частота собственных колебаний по ПХ.
7. Добротность и частота резонанса по данным ПХ тока.
8. Декремент и частота собственных колебаний по АЧХ.
9. Исследование ПХ тока с внутренним сопротивлением источника

2 Условия

Был выбран вариант № 16, который соответствует следующим параметрам контура

- Ёмкость катушки (L) – 470 мкГн
- Сопротивление катушки (R_L) – 4 Ом
- Частота резонанса контура (f_o)– 32 кГц

3 Ход работы

3.1 Выбор конденсатора.

Вычислите ёмкость конденсатора, обеспечивающую резонанс на заданной частоте.

Выберите из ряда E24 подходящую ёмкость.

Полагаем: сопротивления потерь конденсатора и катушки одинаковые: $R_C = R_L$

В соответствии с формулой $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C}}$ было получено, что

$$C = \frac{1}{f_0^2 \cdot L} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 3.2^2 \cdot 4.7 \cdot 10^4} = 5.18 \cdot 10^{-8} F = 51.8 \eta F$$

Номинальный ряд E24 содержит следующие номиналы

E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

Учитывая что требуется подобрать ёмкость, так чтобы частота была максимально близкой к заданной слева, ёмкость следует выбирать максимально близкой к требуемой справа - $5.6 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}$ (56 нФ)

$$C = 56 \eta F$$

3.2 Теоретические расчёты.

Вычислите частоту резонанса, добротность контура, ширину резонансной характеристики тока и её отношение к частоте резонанса (сопоставьте с $1/Q$)

Частота резонанса

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{4.7 \cdot 5.6 \cdot 10^{-12}}} = 31021.5 \text{ Hz} = 31.021 \text{ kHz}$$

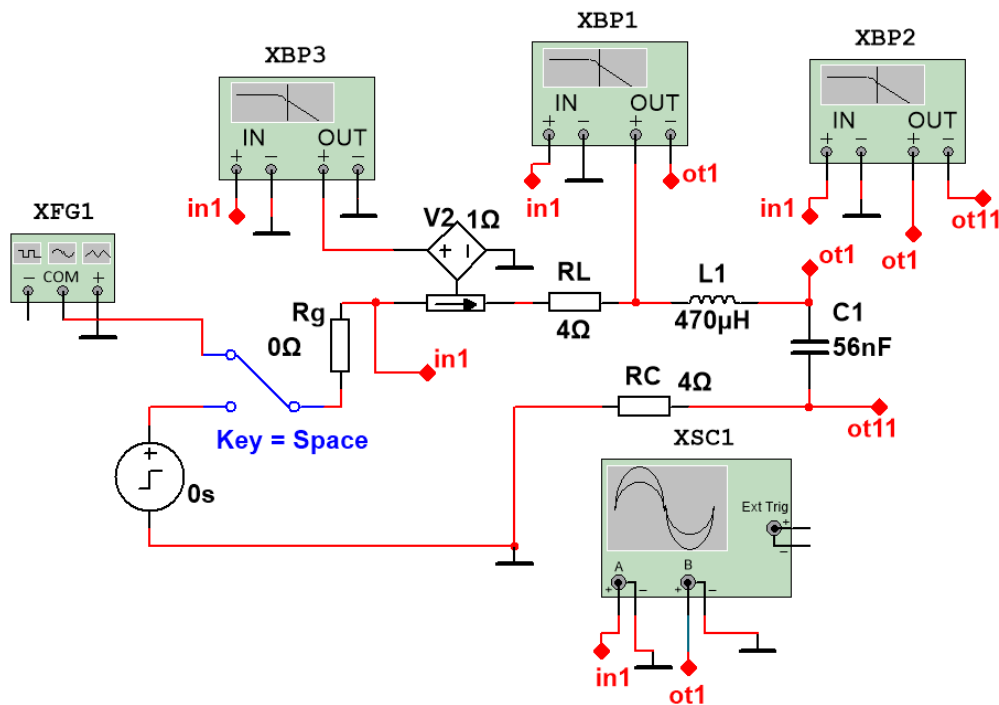
Добротность контура

$$Q = \frac{\sqrt{L \cdot C}}{2R_L} = \frac{\sqrt{4.7 \cdot 10^{-4} / 5.6}}{2 \cdot 4} = 11.451$$

Отношение добротности к частоте резонанса

$$\frac{Q}{f} = \frac{11.451}{31021.5} = 3.691 \cdot 10^{-4}$$

3.3 Multisim-модель.

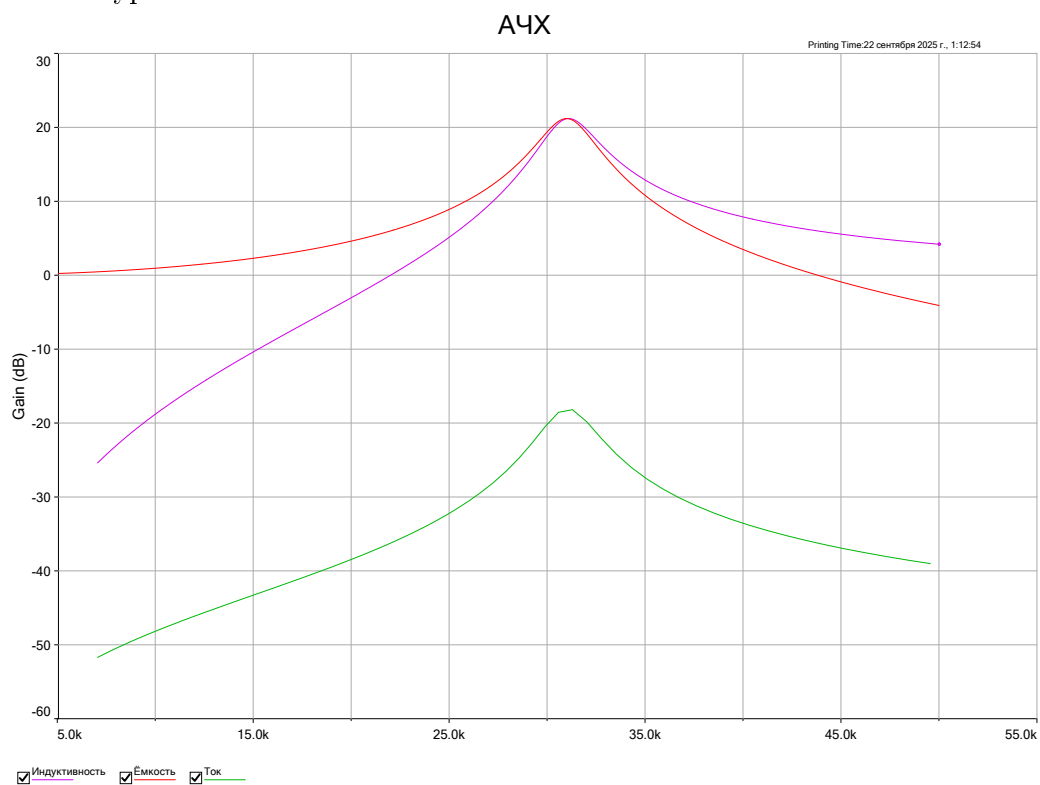


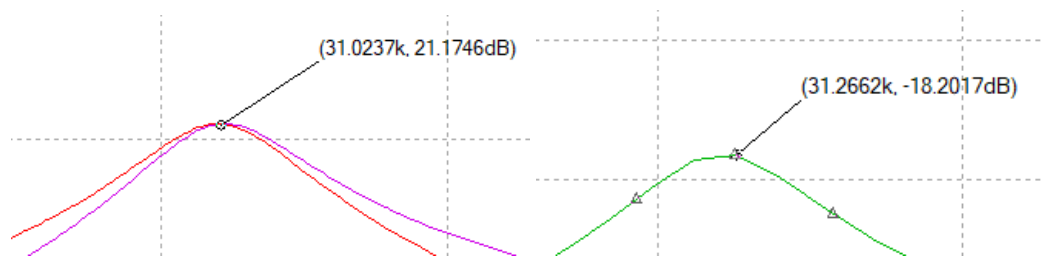
3.4 АЧХ напряжения на ёмкости, индуктивности и тока в контуре.

Исследуйте плоттером Бодe АЧХ напряжения на ёмкости, индуктивности и АЧХ тока в контуре. Выясните:

значения частот в максимумах АЧХ;

относительную ширину резонансной кривой тока и по ней добротность контура.

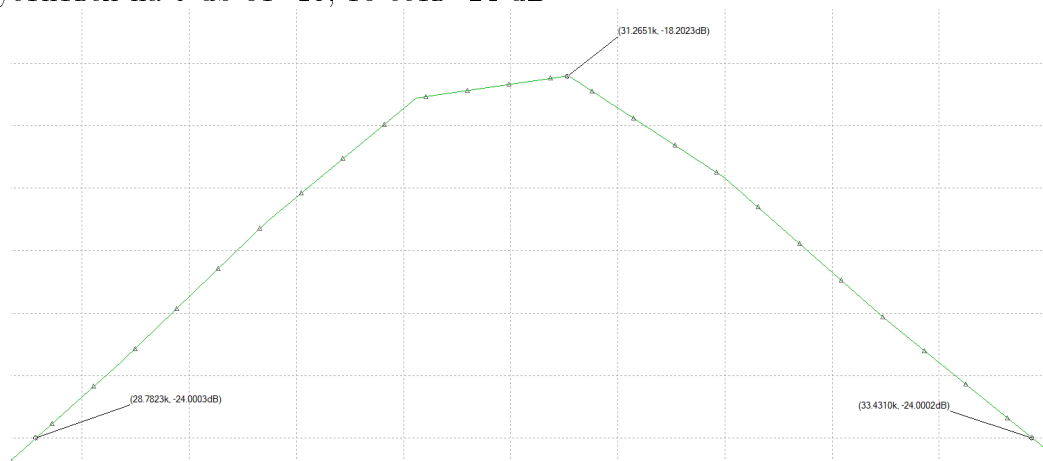




Как видно максимумы амплитуд приходятся примерно на 31 кГц

Чтобы посчитать относительную ширину резонансной кривой, нужно взять 70% от амплитуды и изменить разность частот

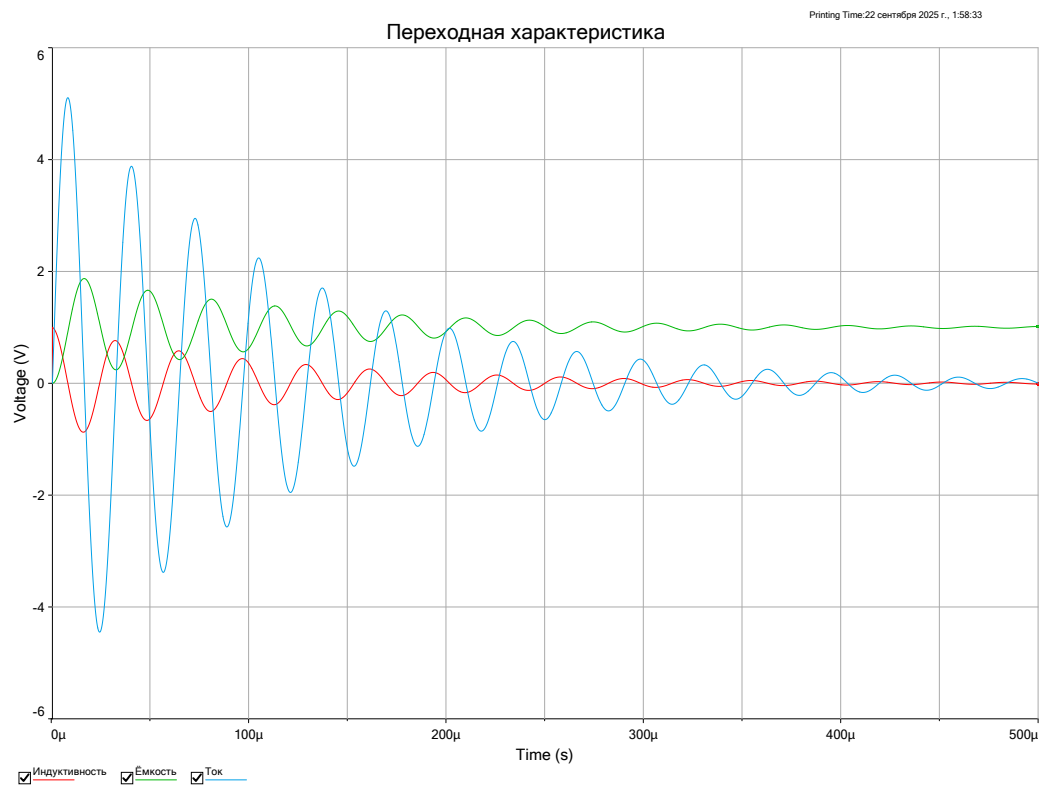
В нашем случае амплитуда составляет примерно 20 dB значит нужно спуститься на 6 db от -18, то есть -24 dB



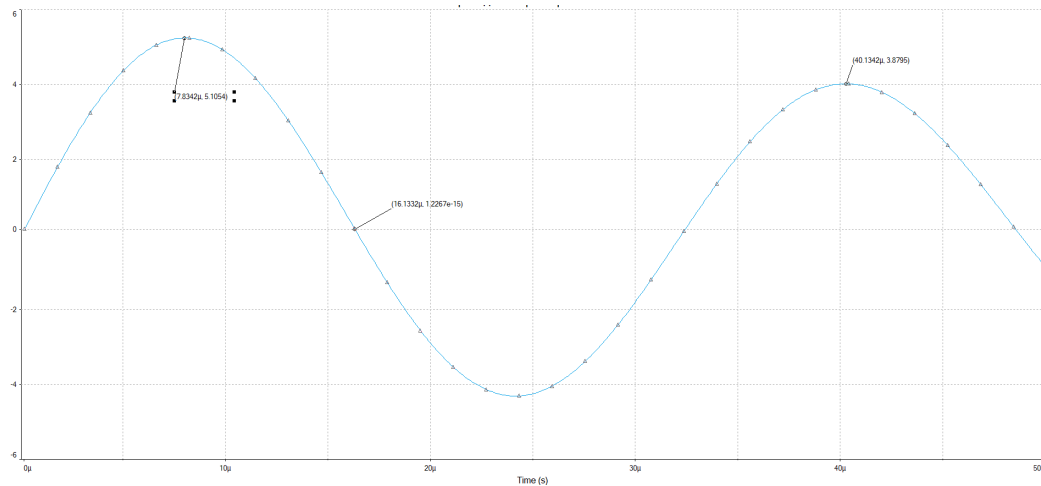
Выходит, что ширина равна примерно $33.431 - 28.7823 = 4.6487$ кГц

Добротность тогда выходит $31.2651 / 4.6487 = 6.725$, что на полпорядка отличается от добротности полученной при расчётах

3.5 ПХ напряжений на ёмкости, индуктивности и тока в контуре.



3.6 Декремент и частота собственных колебаний по ПХ.



Декремент считается как отношение двух соседних амплитуд колебаний (в силу симметричности графика относительно нуля, можно брать отношение полуамплитуд, то есть значений в пиках)

Тогда декремент будет $\ln\left(\frac{5.1054}{3.8795}\right) = 0.275$

Частоту считаем как половину от обратного к полупериоду

$$\frac{0.5}{16.1322 \cdot 10^{-6}} = 31006.2 \text{ Hz} = 31.006 \text{ kHz}$$

3.7 Добротность и частота резонанса по данным ПХ тока.

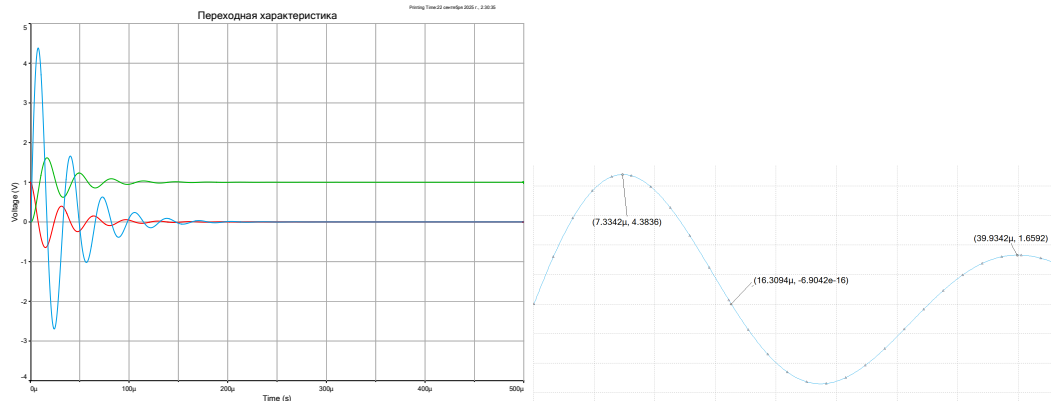
$$Q = \frac{\pi}{\delta} = \frac{\pi}{0.275} = 11.424$$

Резонансной же частотой будет вычисленная ранее частота собственных колебаний — 31.006 кГц

3.8 Декремент и частота собственных колебаний по АЧХ.

$$\delta = \frac{\pi}{Q} = \frac{\pi}{6.725} = 0.4659; f = 31.265 \text{ kHz}$$

3.9 Исследование ПХ тока с внутренним сопротивлением источника



$$\delta = \ln \left(\frac{4.3836}{1.6592} \right) = 0.971$$

$$f = \frac{0.5}{16.3094 \cdot 10^{-6}} = 30657 \text{ Hz} = 30.657 \text{ kHz}$$

$$Q = \frac{\pi}{\delta} = \frac{\pi}{0.971} = 3.236$$

3.10 Сравнение результатов

Переменная	По расчётам	по АЧХ	по ПХ	по ПХ с потерями
f	31.021 kHz	31.265 kHz	31.006 kHz	30.657 kHz
Q	11.451	6.725	11.424	3.236
δ	0.274	0.4659	0.275	0.971

4 Заключение

До сих пор для нас остаётся загадкой то, почему значения добротности и дикремента по АЧХ настолько отличаются от расчётных, основное предположение - прямая зависимость этих значений от выбираемой частотной ширины

В остальном все значения получились достаточно близкими к расчётным, что говорит о правильно проведённых расчётах и корректно поставленном исследовании реальной модели

Видно что внутреннее сопротивление источника с одной стороны не оказывает больших изменений на резонансную частоту контура, что хорошо в рамках работы частотных фильтров, однако кратно увеличивает потери энергии, что снижает помехоустойчивость, но при этом увеличивает ширину воспринимаемой конутром частоты