

Отчёт по выполнению КПЗ №2

Есиков С.Д, Иванова А. Я.

29 сентября 2025 г.

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

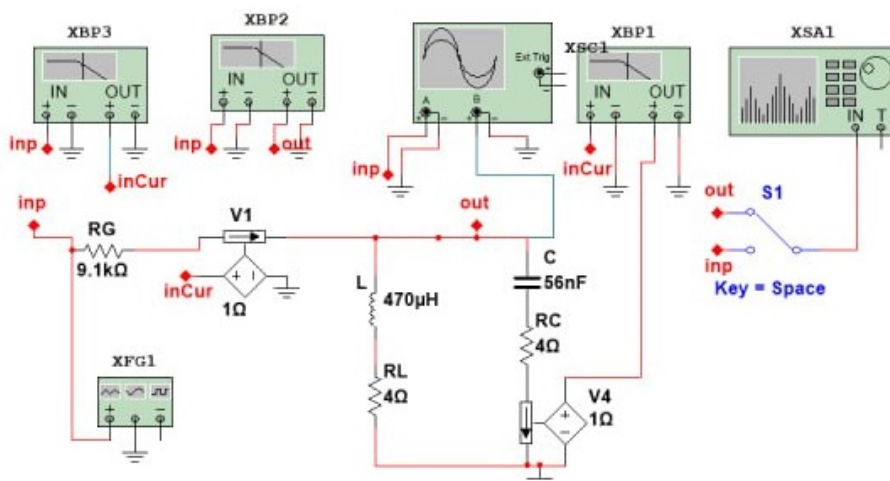
Таблица расчётов

Вариант № 16				const 2π:	функции ячеек	←формула
Параметры элементов				6,2832	помечены	←ссылка
Катушка		Конденсатор		Част.резон.(Гц)	цветом	←ввод данных
Индуктивность	Сопротивл.	Емкость	Сопрот.	Вариант:	Для параллельн. контура:	
Номинал E24	вариант	вариант	вариант	Характерист.	Добротн.	Эквив. сопр.:
1.0 2.2 4.7	мкГн	Ом	нФ	сопротивл.	собств.:	Ом
1.1 2.4 5.1	470	4	56	Расчёт:	Ом	Ом
1.2 2.7 5.6				31 023	91,6	11,45
1.3 3.0 6.2	Учёт сопротивл.источника (для последоват.контура)					
1.5 3.3 6.8	Сопротивл.(Ом):					3,3
1.6 3.6 7.5	Учёт активн.сопротивл. полосового фильтра (RG)					
1.8 3.9 8.2	Оценка (R0*8):				Выбор RG (E24):	Нагруж. добротн.:
2.0 4.3 9.1	Сопротивл. RG (кОм):				9,1	Учёт RG (Ом):
	8,39					10,27
						941

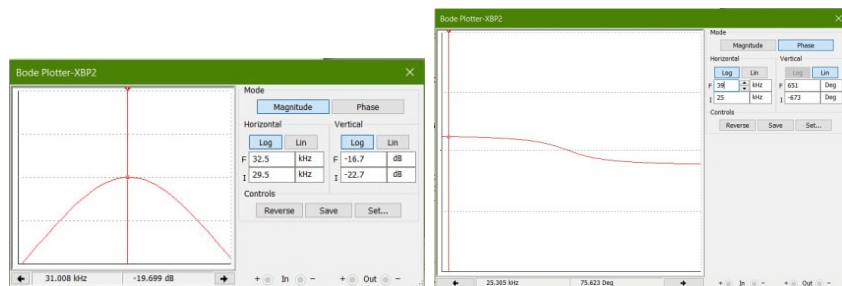
В результате для исходного фильтра:

1. Ёмкость (C) – 56 nF
2. Частота резонанса (f_0) – 31.023 kHz
3. Хар. сопротивление (ρ) – 91.6 Ohm
4. Добротность (Q) – 11.45
5. Экв. сопротивление (R_0) – 1.049 kOhm
6. Нагружающее сопротивление (R_G) – 9.1 kOhm
7. Добротность с нагрузкой (Q_G) – 10.27

Модель LC-фильтра



АЧХ и ФЧХ тока LC-фильтра

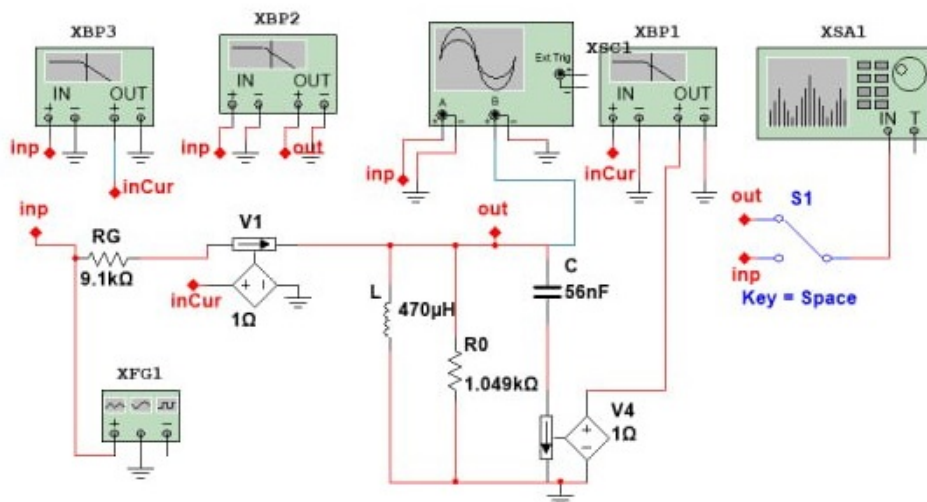


По графикам наблюдаем

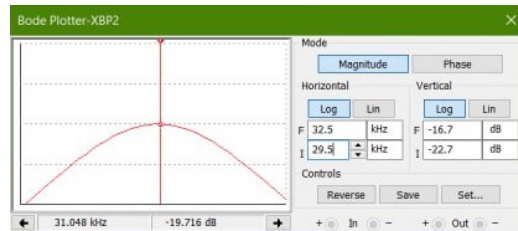
- Центральная частота: 31.008 kHz
- Коэффициент передачи: -19.699 dB
- Полоса пропускания: $32.5 - 29.5 = 3 \text{ kHz}$
- Добротность: $\frac{31.008}{3} = 10.336$
- Сдвиг фаз: 75.623°

Различие с теоретическими расчётами пренебрежимо мало

Модель эквивалентного LC-фильтра



АЧХ тока эквивалентного LC-фильтра



Новые значения

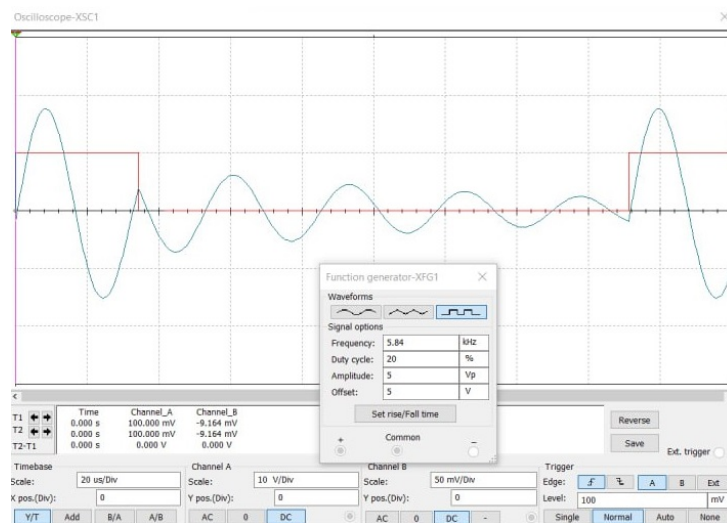
- Центральная частота: 31.048 kHz
- Коэффициент передачи: -19.716 dB
- Полоса пропускания: 3 kHz
- Добротность: $\frac{31.048}{3} = 10.349$

Результаты примерно сходятся с прошлыми, что подтверждает эквивалентность схем

Анализ фильтрации последовательных прямоугольных импульсов

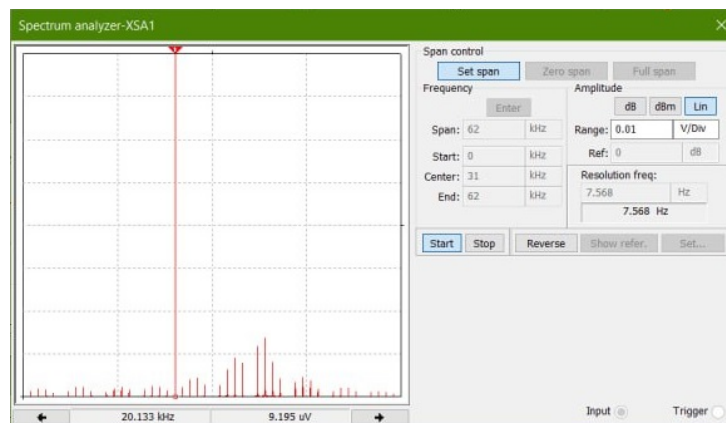
Частота выбрана 5.84 kHz

Осциллограмма для 20% скважности

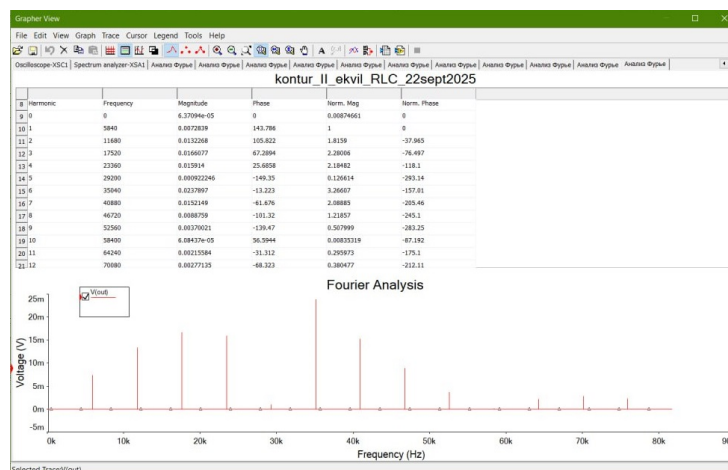
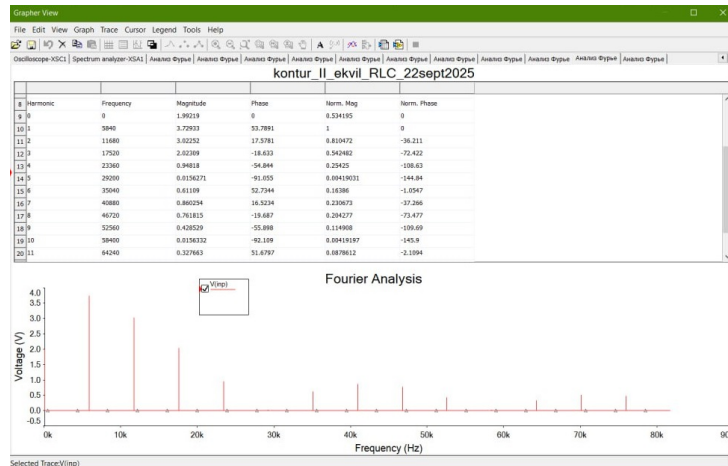


Видно, что из-за того, что обратный скачок сигнала происходит чуть позднее полного периода собственного колебания фильтра (что ожидаемо, учитывая что период скачка составляет примерно $1/5 * 5$ периода колебания с учетом выбора частоты импульса как $1/5$ частоты колебания), дальнейшие его колебания обладают почти нулевой запасённой энергией, что приводит к очень низкой амплитуде

Спектр

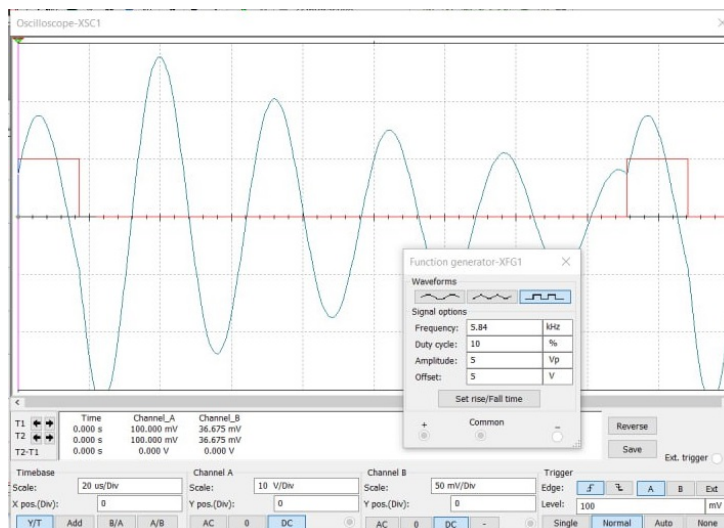


Анализ фурье для 20% скважности



Отсутствие запасённой после скачка энергии не позволяет фильтру проявить свои свойства, потому результат анализа фурье выглядит как обычное почти нулевое колебание, где все гармоники вносят примерно один незначительный вклад

Осциллограмма для 10% скважности

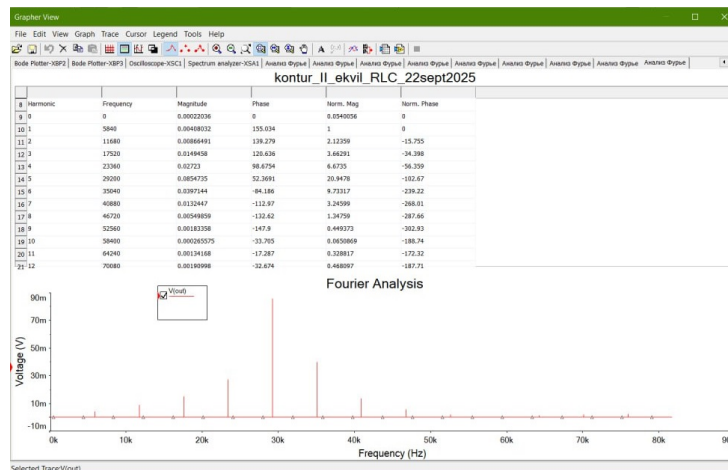
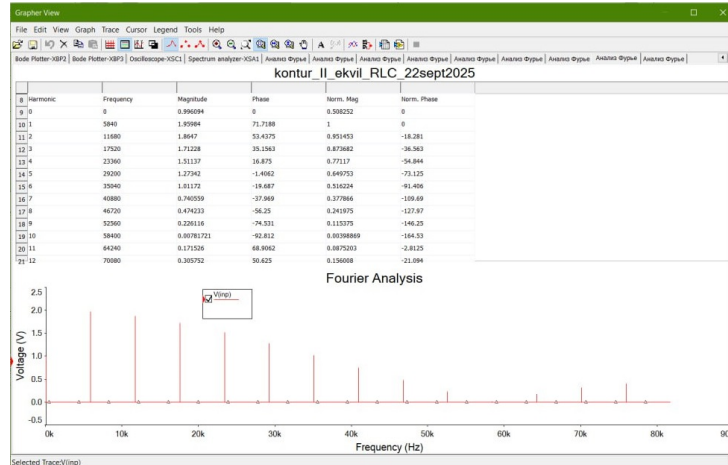


Здесь уже контур переходит в свободные колебания, с почти максимальной энергией внутри, что приводит к одной очень ярко выраженной гармонике, это также логично, ведь здесь уже период скачка составляет $1/10 * 5 = 1/2$ периода колебания

Спектр



Анализ фурье для 10% скважности



Тут видно насколько сильно больший вклад в форму выходного сигнала даёт гармоника на частоте близкой к центральной. Также заметно, что амплитуды остальных гармоник почти не изменились при уменьшении скважности, но теперь из значения пренебрежимо малы по сравнению с главной гармоникой

Выводы

1. Экспериментально полученные параметры фильтра сошлись с расчётным, что свидетельствует о корректности проведенных расчётов и построенной модели
2. Вынос сопротивления реактивных элементов фильтра в отдельную параллельную нагрузку не привел к изменению параметров фильтра, что подтверждает эквивалентность схем
3. Энергия запасаемая в контуре от прямоугольных импульсов зависит меньше от энергии самого импульса, сколько от сочетаемости скважности импульса и частоты колебаний контура (четность отношения периода скачка к полупериоды колебания)
4. Полосовой LC-фильтр наглядно функционирует как частотный фильтр, чего и следовало ожидать