

Работа 3.2.3

Резонанс токов в параллельном контуре

Работу выполнил Матренин Василий Б01-006

Цель работы: Исследование резонанса токов в параллельном колебательном контуре с изменяемой емкостью, получение амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик, определение основных параметров контура.

В работе используются: Генератор сигналов, источник напряжения, нагрузкой которого является параллельный колебательный контур с переменной емкостью, двухканальный осциллограф, цифровые вольтметры.

1 Теоретическая часть

1.1 Схема установки

Схема установки представлена на рисунке 1.

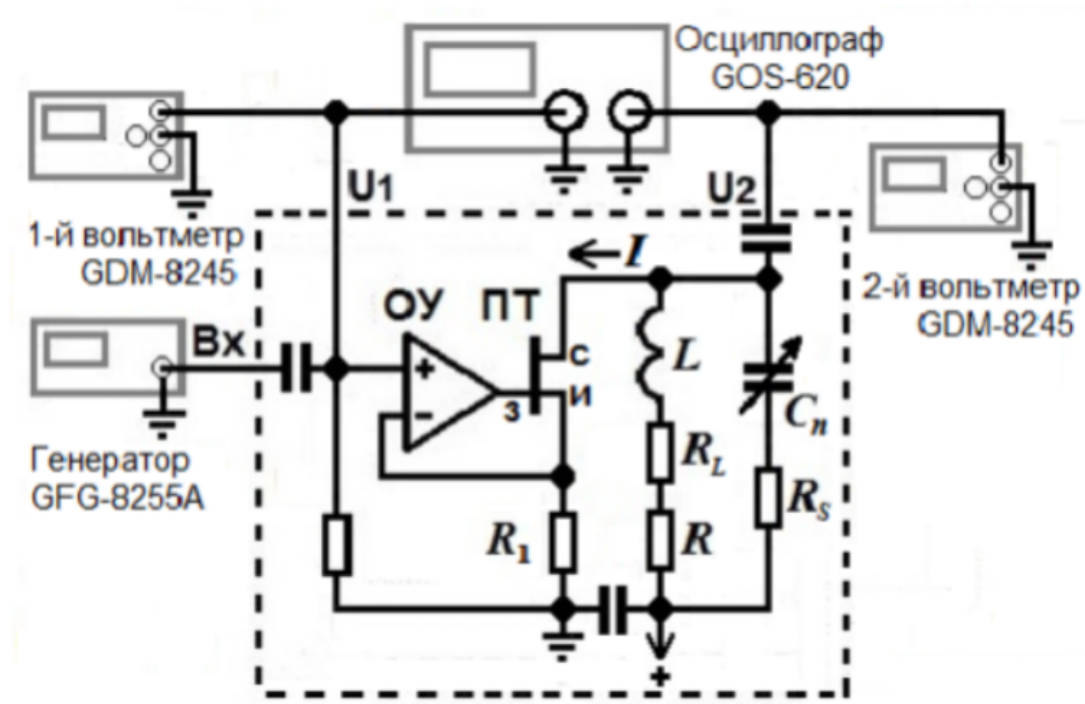


Рис. 1. Схема установки

Синусоидальный сигнал от генератора GFG-8255A поступает на вход источника тока, собранного на операционном усилителе ОУ с полевым транзистором ПТ, питание которых осуществляется встроенным блоком-выпрямителем от сети переменного тока 220 вольт. Цепи питания на схеме не показаны, представлен только резистор, переменное напряжение, на котором в используемой схеме равно напряжению на входе «+» операционного усилителя.

Напряжение $E = E_0 \cos(\omega t + \phi_0)$ поступает на вход «+» операционного усилителя от генератора через согласующую RC-цепочку. Это же напряжение через разъём «U1» подаётся одновременно на канал 1 осциллографа GOS-620 и вход 1-го цифрового вольтметра GDM-8245. Переменное напряжение на резисторе R1, как отмечалось выше, при этом также равно E. Напряжение на контуре U, совпадающее с напряжением на конденсаторе, подаётся со знаком «-» через разъём «U2» на канал 2 осциллографа и вход 2-го цифрового вольтметра GDM-8245. Показанные на схеме установки ещё два конденсатора без наименований (помимо входящего в RC-цепочку) играют вспомогательную роль и не влияют на характеристики контура. Символ «->+» отмечает наличие источника питания полевого транзистора. Ток затвора «з» полевого транзистора ничтожно мал, так что токи истока «и» и стока «с» практически совпадают и равны току во внешней цепи контура. Как видно из схемы:

$$I = \frac{E}{R_1} = I_0 \cos(\omega t + \phi_0), \quad I_0 = \frac{E_0}{R_1} \quad (1)$$

2 Планируемые исследования

В работе планируется:

- Проведём измерения характеристик контура при разных значениях ёмкости конденсатора. Будем фиксировать резонансные частоты f и напряжения U в контуре при разных C , так же регистрируя входное напряжение E .

Для расчетов также будут использованы следующие формулы:

$$Z_{res} = \frac{U}{I_0} = \frac{U}{E/R1} \quad (2)$$

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3)$$

$$Q = \frac{Z_{res}}{\rho} \quad (4)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{Z_{res}}{Q^2} \quad (5)$$

$$R_{smax} = \frac{\tan(\delta)}{\omega C} \quad (6)$$

$$R_L = R_{smax} - R \quad (7)$$

- Снимем амплитудно-частотную характеристику контура при ёмкостях $C2$ и $C4$. Для этого будем снимать зависимость напряжения в контуре от частоты колебаний.

Формула для добротности:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (8)$$

- Построим графики АЧХ в координатах $U/U_0(f/f_0)$. По этим графикам (ширина резонансной кривой на уровне $\frac{1}{\sqrt{2}}$) определим добротность контуров.
- Построим ФЧХ для контура с $C2$ в координатах $x = f/f_0; y = \phi/\pi$. По графику определим добротность контура следующим методом: расстояние между точками по оси x , в которых y меняется от $-\pi/4$ до $\pi/4$, равно $1/Q$.

- Построим векторную диаграмму для токов и напряжений в контуре. Определим значения токов на конденсаторе и на катушке, а также напряжение в контуре, резонансе по формулам:

$$I_0 = \frac{E}{R_1} \quad (9)$$

$$I_C = I_L = QI_0 \quad (10)$$

$$U = Q\rho I_0 \quad (11)$$

$$\phi_C = \frac{\pi}{4} - \frac{R + R_L}{\rho} \quad (12)$$

$$\phi_L = -\frac{\pi}{2} + \delta \quad (13)$$

$$\phi_U = \frac{R + R_L}{\rho} + \delta \quad (14)$$

3 Ход работы

3.1 Измерение характеристик контура для разных емкостей

Произвел измерение характеристик контура для разных емкостей (см листочек с данными). Из данных получаю значение индуктивности катушки: $L = 993,7$ мкГн. Из данных получаю значения добротности: $Q_3 = 20,13$; $Q_6 = 14,35$.

3.2 Измерение АЧХ для разных емкостей

Произвел измерение АЧХ для 2 разных емкостей (снял много точек для С3 и три - для С6). Результаты измерений присутствуют на листочке с данными. График для С3 представлен на рисунке 2.

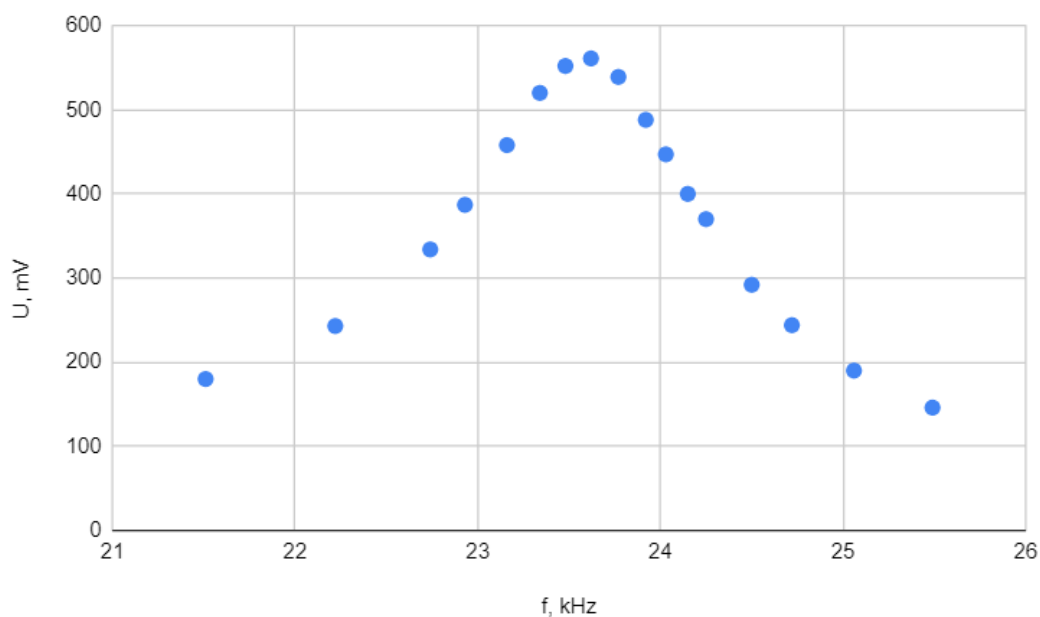


Рис. 2. АЧХ

Значения добротности для С6 и С3: $Q_3 = 19,42$; $Q_6 = 13,92$. Полученные значения отличаются в ≈ 1.4142 раза, что согласуется с теоретической формулой. Так же полученные значения совпали с значениями, полученными в п.1.

3.3 Измерение ФЧХ

Произвел измерение ФЧХ для емкости СЗ. График представлен на рисунке 3.

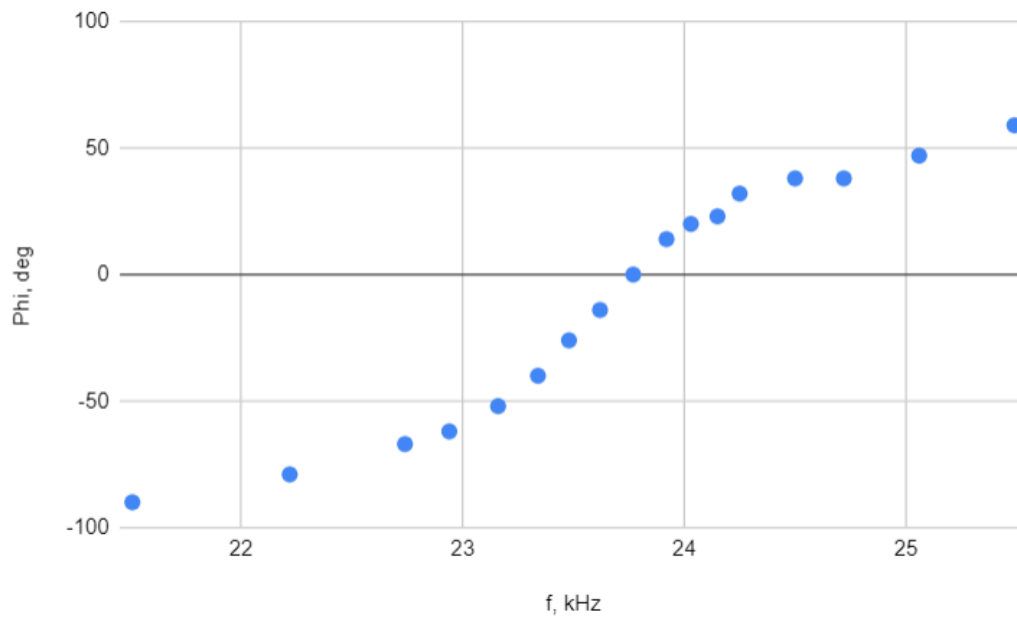


Рис. 3. ФЧХ

Посчитал добротность по ФЧХ: $Q = \frac{1}{\Delta f}$, где Δf - диапазон частот, на котором угол меняется от $-\frac{\pi}{4}$ до $+\frac{\pi}{4}$.
 $Q = 19,34$

4 Вывод

В ходе данной работы были получены ФЧХ и АЧХ для LRC контура. Видно, что зависимости совпадают с теоретическими. Также были различными способами получены значения добротности для LRC контура, данные значения совпали с хорошей точностью для различных методик подсчета.