

АНАЛИЗ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Рассматривается явление резонанса в последовательном контуре. Предлагается использование языка программирования для увеличения точности расчетов.

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является оказание помощи студентам IT специальностей по подготовке к лабораторной работе «Исследование резонанса в последовательном контуре» с помощью языков программирования, так как нахождение частотных и резонансных характеристик, а также дальнейшее построение графиков зависимостей токов и напряжений зачастую может быть трудоемкой задачей, поскольку они описываются достаточно сложными и громоздкими формулами.

В рамках данной работы будет предложен способ реализации программы для последовательного контура, которая будет высчитывать резонансные характеристики, а также в конце работы выводить графики зависимостей резонансных кривых токов и напряжений, что в дальнейшем позволит снизить затраты времени на решение заданий, а также облегчить и автоматизировать расчёты.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

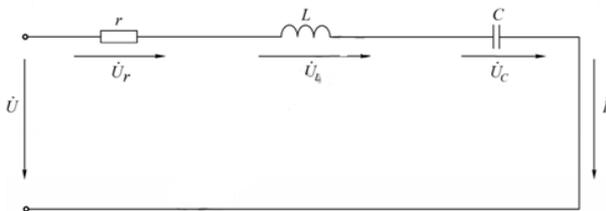


Рис. 1 – Последовательный контур

Для последовательного контура (см.рис.1), состоящего из емкости и катушки индуктивности с параметрами r и L , определить резонансные частоты ω_0 и f_0 , характеристическое сопротивление и добротность Q . Рассчитать и построить резонансные кривые тока $I(f)$. Напряжение на емкости $U_C(f)$ и напряжения на индуктивности $U_L(f)$.

II. АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Для построения программы будет использоваться язык программирования Python и его модули. Рассмотрим проявление резонанса на последовательном контуре, которое также называется резонансом напряжений. Для написания

программы и построения графиков предлагаем следующие рекомендации:

- Получить от пользователя входные значения напряжения, активного сопротивления, параметров L и C реактивных элементов;
- По формулам найдем значения угловой $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ и циклической $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ резонансных частот, рассчитаем характеристическое сопротивление контура $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ и его добротность $Q = \frac{\rho}{r}$. Результаты значений должны будут выводиться на экран;
- Для хранения промежуточных значений лучше всего использовать список;
- Подсчеты следует реализовывать также с помощью математического модуля Python – библиотека Math;
- Расчет промежуточных значений рекомендуется вынести в отдельную функцию, которая будет заносить изменяемую частоту, или емкость, и рассчитанные токи и напряжения в созданный список;
- Нужно предусмотреть шаг изменения частоты. Очевидно, чтобы вычисления и графики были точны, нужно вблизи резонанса уменьшать шаг изменения частоты. Данную проблему можно предусмотреть с помощью абсолютной полосы пропускания контура: $Sa = \omega_2 - \omega_1$. Так как на границах данной полосы ток снижается до корня из двух от его максимального значения при резонансе.
- Для вычисления промежуточных значений и последующего вывода графиков на экран будут использованы следующие формулы нахождения токов и напряжений:

$$I(\omega) = \frac{U}{Z(\omega)} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (1)$$

$$U_C(\omega) = \frac{U}{\omega C \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad (2)$$

$$U_L(\omega) = \frac{\omega L U}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad (3)$$

- Построение резонансных кривых следует реализовать с использованием встроенных модулей графического представления в Python – библиотеки Matplotlib и Numpy.

III. РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ

Вычисленные значения токов и напряжений были подтверждены экспериментально авторами данной работы. Пример реализации программы (см.рис.2-4).

Примечание: аналогичные действия предпринимаются при изменении емкости для достижения резонансного режима.

```

Входное напряжение (В): 4
Активное сопротивление (Ом): 35
Параметр L (Гн): 0.25
Параметр C (мкФ): 4

Резонансная частота: 1000.000 рад/с
Резонансная циклическая частота: 159.155 Гц
Характеристическое сопротивление: 250.000 Ом
Добротность: 7.143
    
```

Рис. 2 – Вычисление резонансных характеристик

IV. ВЫВОДЫ

Таким образом, исследование позволяет увеличить точность расчетов и оптимизировать работу. Применяв вышеперечисленные рекомендации можно разработать программу, которая будет полностью решать поставленную задачу.

F(Гц)	I (мА)	Uc	U1
9.155	0.923	4.013	0.013
24.155	2.485	4.093	0.094
39.155	4.187	4.255	0.258
54.155	6.148	4.517	0.523
69.155	8.546	4.917	0.928
84.155	11.682	5.523	1.544
99.155	16.128	6.472	2.512
114.155	23.146	8.067	4.150
129.155	36.080	11.115	7.320
139.155	52.702	15.069	11.520
149.155	83.785	22.351	19.630
159.155	114.286	28.571	28.571
169.155	86.177	20.271	22.898
184.155	49.294	10.651	14.259

Рис. 3 – Промежуточные результаты

Список литературы

1. Теория электрических цепей. Лабораторный практикум: пособие. В 2 ч. Ч. 1: Установившиеся процессы / В. М. Коваленко [и др.]. – Минск: БГУИР, 2015. – 88 с.: ил.
2. Резонансные свойства RLC-цепей: [учеб.-метод пособие] / [сост. В. Х. Осадченко, Я. Ю. Волкова, Ю. А. Кандрина]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 64 с.
3. Батура, М. П. Основы теории электрических цепей : учеб.-метод. пособие / М. П. Батура, А. П. Кузнецов, А. П. Курулёв ; под общ. ред. А. П. Курулёва. – Минск : БГУИР, 2018. – 247 с. : ил.

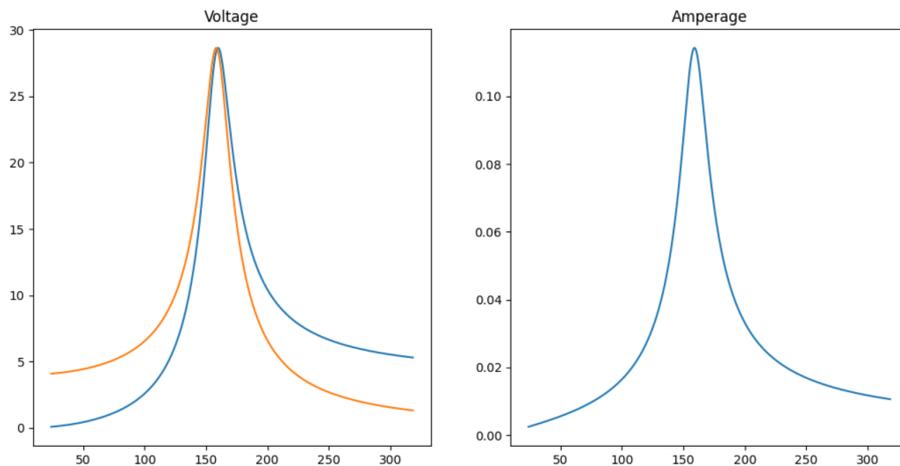


Рис. 4 – Графики зависимостей

Меркуль Анна Эдуардовна, студент 2 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, anna.merkul@bk.ru.

Еросенков Николай Юрьевич, студент 2 курса факультета информационных технологий и управления Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, erosenkov2017@gmail.com.

Научный руководитель: Шилин Леонид Юрьевич, профессор кафедры теоритических основ электротехники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор технических наук, dekfitu@bsuir.by.