

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

КАФЕДРА РАДИОТЕХНИКИ

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № 3

«Резистивно-емкостная цепь»

(название работы)

Студента

Гладких Николая Романовича (ФИО)

«___» _____ 2021 г. _____ (дата) (подпись)

Факультет радиотехники и электроники (ФРТЭ)

Направления (специальности) подготовки 11.03.01 «Радиотехника»

Дисциплина: «Введение в схемотехнику электрических цепей»

Курс первый, группа БРТ-211

«___» _____ г. _____ (дата
аттестации) оценка, полученная при аттестации

Руководитель _____ доцент Литвиненко В.П.

Воронеж 2021 г.

Содержание:

| | |
|--|---|
| 1. Введение..... | 3 |
| 2. Освоение расчетных соотношений..... | 4 |
| 3. Сбор цепи..... | 5 |
| 4. Проведение расчетов..... | 6 |
| 5. Заключение..... | 8 |

1.Введение

Цель работы: собрать резистивно-емкостную цепь в лабораторных условиях, чтобы проверить достоверность первого и второго законов Кирхгофа для цепи переменного тока.

Задачи:

1. Собрать две резистивно-емкостные цепи.
2. Определить расчетные значения напряжения и тока.
3. Доказать на основе расчетов, что законы Кирхгофа несправедливы для данной цепи.
4. Написать вывод.

2. Освоение расчетных соотношений

Рассмотрим резистивно-ёмкостные цепи с разными соединениями, изображенные на рисунке 1.

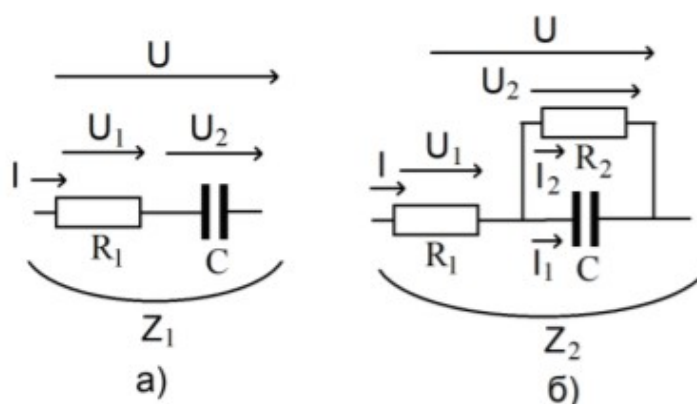


Рисунок 1

На рисунке 1(а) изображена цепь с последовательным соединением резистора R_1 и конденсатора с емкостью C .

Полное сопротивление Z_1 для данной цепи вычисляется по следующей формуле:

$$Z_1 = \sqrt{(R_1)^2 + (X_C)^2} \quad (1)$$

Где модуль сопротивления X_C вычисляется по следующей формуле

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2)$$

На рисунке 1(б) изображена цепь со смешанным соединением, которое состоит из параллельного и последовательного соединения. Первый резистор и конденсатор соединены параллельно, а последовательно им подключен второй резистор. Модуль полного сопротивления для данной цепи Z_2 вычисляется по следующей формуле:

$$Z_2 = \sqrt{\left[R_1 + \frac{R_2}{1 + 2\pi fC R_2} \right]^2 + \left[\frac{2\pi fC R_2^2}{1 + 2\pi fC R_2} \right]^2} \quad (3)$$

3. Сбор цепи

Соберем в лаборатории две цепи, которые представлены на рисунке 2.

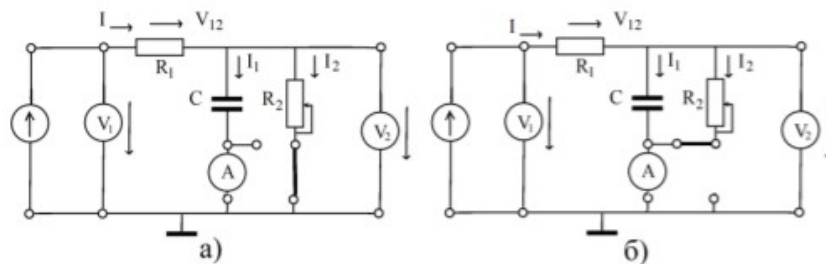


Рисунок 2

Данные цепей $R_1=1.8 \text{ кОм}$, $R_2=3.6 \text{ кОм}$, $V_1=3 \text{ В}$, $f=40 \text{ кГц}$. Занесем в таблицу 1 значения $I_{\text{общ}}$, I_1 , I_2 , V_1 , V_2 , V_{12} , полученные путем измерения их на приборах в кабинете.

Таблица 1

| Цепь | $I_{\text{общ}}$, мА | I_1 , мА | I_2 , мА | V_1 , В | V_2 , В | V_{12} , В |
|------------|-----------------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|
| Рисунок 2а | - | 1.276 | 0.356 | 3 | 1.285 | 1.715 |
| Рисунок 2б | 1.325 | - | - | 3 | 1.285 | 1.715 |

4. Проведение расчетов

Для того, чтобы рассчитать значения тока и напряжения необходимо рассчитать полное сопротивление цепи. Для этого воспользуемся формулами (1) и (2) для рисунка 2а и формулой (3) для рисунка 2б.

Для рисунка 3 модуль полного сопротивления Z_1 равен:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_C = \frac{1}{2 * 3.14 * 40000 * 3.9 * 10^{-9}} = 1020.75$$

$$Z_1 = \sqrt{(R_1)^2 + (X_C)^2}$$

$$Z_1 = \sqrt{(1800)^2 + (1020.22)^2} = 2096.28$$

Для рисунка 2б модуль полного сопротивления Z_2 равен:

$$Z_2 = \sqrt{\left[R_1 + \frac{R_2}{1 + 2\pi fC R_2} \right]^2 + \left[\frac{2\pi fC R_2^2}{1 + 2\pi fC R_2} \right]^2}$$

$$Z_2 = \sqrt{\left[1800 + \frac{3600}{1 + 2 * 3.14 * 40000 * 3.9 * 10^{-9} * 3600} \right]^2 + \left[\frac{2 * 3.14 * 40000 * 3.9 * 10^{-9} * 3600^2}{1 + (2 * 3.14 * 40000 * 3.9 * 10^{-9} * 3600)} \right]^2}$$

$$Z_2 = 3821.24$$

Зная значения модулей полного сопротивления для каждой цепи, рассчитаем токи и напряжения в них.

Расчеты для рисунка 2а:

$$U_{1p} = I_{1p} * Z_1$$

$$I_{1p} = \frac{U_{1p}}{Z_1}$$

$$I_{1p} = \frac{3 * 10^3}{2096.28} = 1.45 \text{ mA}$$

Теперь мы можем найти напряжения U_1 и U_2 с помощью закона Ома:

$$U_{2p} = I_{1p} * \frac{R_1}{\sqrt{1 + (2\pi fC R_1)^2}}$$

$$U_{2p} = 1.45 * \frac{1800}{\sqrt{1 + (2 * 3.14 * 40000 * 3.9 * 10^{-9} * 1800)^2}} = 1.287$$

$$U_{12p} = U_{1p} - U_{2p}$$

$$U_{12p} = 3 - 1.287 = 1.713 \text{ V}$$

$$I_{2p} = \frac{U_{2p}}{R_2}$$

$$I_{2p} = \frac{1.287}{3600} * 10^3 = 0.3575 \text{ mA}$$

Проверим выполнение 1 закона Кирхгофа, для этого найдем общий ток I_p :

$$I_p \neq I_{1p} + I_{2p}$$

$$I_p = 1.45 + 0.3575 = 1.8075 \text{ mA}$$

$$I_p = \sqrt{I_{1p}^2 + I_{2p}^2}$$

$$I_p = \sqrt{1.45^2 + 0.3575^2} = 1.49 \text{ mA}$$

Вывод: Сумма амплитудных или действующих значений токов не равна общему току в цепи, так как присутствует разница в результатах.

Расчеты для рисунка 2б:

$$I_p = \frac{U_{1p}}{Z_2}$$

$$I_p = \frac{3}{3821.24} = 0.78 \text{ mA}$$

$$U_{2p} = I_{1p} \times \frac{R_2}{\sqrt{1 + (2\pi f C R_2)^2}}$$

$$U_{2p} = 0.78 \times \frac{3600}{\sqrt{1 + (2 * 3,14 * 40000 * 3.9 * 10^{-9} * 3600)^2}} = 7.659 \text{ B}$$

Проверим выполнение 1 закона Кирхгофа, для этого найдем общее напряжение U_p :

$$U_p \neq U_{1p} + U_{2p}$$

$$U_p = 3 + 7.659 = 10.659 \text{ B}$$

$$U_p = \sqrt{U_{1p}^2 + U_{2p}^2}$$

$$U_p = \sqrt{3^2 + 7.659^2} = 8.225 \text{ B}$$

Вывод: Первый и второй законы Кирхгофа в цепи с реактивными элементами не выполняются для амплитудных и действующих значений гармонических токов и напряжений.

Запишем все полученные данные в таблицу 2.

Таблица 2

| Цепь | I_p , mA | I_{1p} , mA | I_{2p} , mA | U_1 , B | U_{2p} , B | U_{12p} , B |
|------------|------------|---------------|---------------|-----------|--------------|---------------|
| Рисунок 2а | - | 1.45 | 0.3575 | 3 | 1.278 | 1.713 |
| Рисунок 2б | 1.49 | - | - | 3 | 7.659 | 1.713 |

5. Заключение

Вывод: в ходе лабораторной работы мы собрали резистивно-ёмкостную цепь и провели ее полный анализ, освоили необходимый теоретический минимум по расчету цепи переменного тока, провели моделирование двух цепей с разными соединениями. Мы сделали вывод о том, что законы Кирхгофа в цепи с реактивными элементами не выполняются для амплитудных и действующих значений гармонических токов и напряжений.