

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Отделение информационных технологий
Направление «Программная инженерия»

Отчет

по лабораторной работе №3

по дисциплине

«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА 1.3»

**КОНДЕНСАТОР И КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ
В ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА**

Выполнил:

Студент группы 8K12

_____ 3.Е. Гапеев

Проверил:

Доктор физико-математических наук

_____ С.А. Новиков

Томск 2022

Цель работы: научиться определять параметры конденсатора и катушки индуктивности, строить векторные диаграммы, а также проверить выполнение законов Кирхгофа в цепи синусоидального тока.

Схема электрической цепи:

Схемы активно-емкостной и активно-индуктивной цепей, исследуемые в работе, показаны на рис. 3.1 и 3.2 соответственно.

Пунктиром в них обведены конденсатор с параметрами g , C и катушка индуктивности с параметрами R , L . Обе цепи питаются от источника синусоидального напряжения, частоту f и действующее значение напряжения U которого можно регулировать. Величины U и f , а также параметры схем выбирают из табл. 3.1, согласно указанному преподавателем варианту. Измерения действующих значений токов и напряжений выполняются амперметрами с пределом 200 мА и вольтметрами с пределом 20 В.

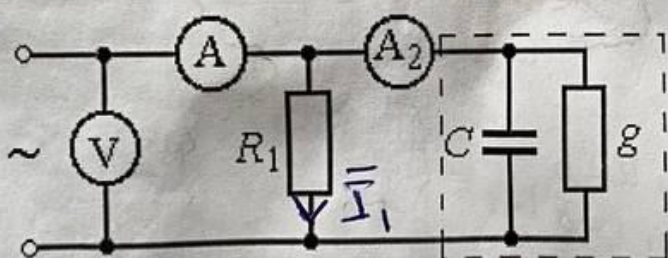


Рис. 3.1

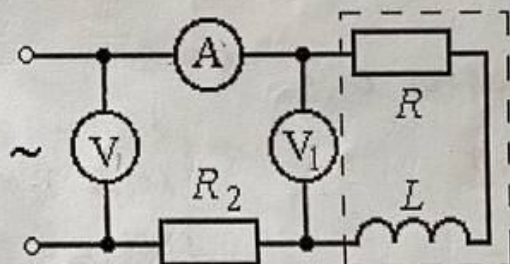


Рис. 3.2

При параллельном соединении элементов g и C по законам Ома и Кирхгофа в комплексной форме для тока конденсатора имеем:

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_g + \underline{I}_C = \underline{U} \underline{Y},$$

где $\underline{Y} = g + jb_C = y e^{-j\varphi_2}$ – комплексная проводимость; g – активная, $b_C = \omega C$ – емкостная, y – полная проводимости конденсатора; $\varphi_2 = -\arctg(b_C / g)$ – угол сдвига фаз напряжения и тока конденсатора.

Напряжение на конденсаторе отстает по фазе от тока на угол φ_2 и угол сдвига фаз $-90^\circ < \varphi_2 < 0^\circ$ можно найти по векторной диаграмме.

*g - активная проводимость (Ом)
C - емкость (Ф), конденсатор
L - индуктивность (Гн), катушка
R - активное сопротивление (Ом)*

Эквивалентную схему замещения такой катушки обычно представляют в виде последовательного соединения элементов R и L . И эти параметры можно экспериментально определить, используя показания приборов и векторную диаграмму.

При последовательном соединении элементов R и L по законам Ома и Кирхгофа в комплексной форме напряжение катушки равно:

$$\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_L = \underline{I} \underline{Z}$$

где $\underline{Z} = R + jX_L = z e^{+j\varphi_1}$ – комплексное сопротивление; R – активное, $X_L = \omega L$ – индуктивное, z – полное сопротивление катушки; $\varphi_1 = \arctg(X_L / R)$ – угол сдвига фаз напряжения и тока.

Ток в катушке отстает по фазе от напряжения на угол φ_1 и угол сдвига фаз $0^\circ < \varphi_1 < 90^\circ$ можно также найти по векторной диаграмме.

Расчётная часть

А) Исследование активно-емкостной цепи

1. Собрать цепь по схеме рис. 3.1 с параметрами согласно варианту, указанному преподавателем (табл. 3.1).

Вариант 9: $U = 4,5 \text{ В}$; $f = 1000 \text{ Гц}$; $R_1 = 320 \text{ Ом}$; $C = 0,47 \text{ мкФ}$
 $R_2 = 470 \text{ Ом}$; $L = 40 \text{ мГн}$

2. Установить необходимые частоту и напряжение источника и записать показания приборов и параметры схемы в табл. 3.2 (величину сопротивления R_1 уточнить измерением омметром).

Таблица 3.2

$f = \dots \text{Гц}; \quad \omega = 2\pi f = \dots \text{рад/с}; \quad R_1 = 322 \text{ Ом}; \quad C = 0,47 \text{ мкФ}$										
Данные опыта			Результаты расчета							
U	I	I_2	I_1	φ_2	g	C	\underline{I}	\underline{I}_2	\underline{I}_1	$\underline{I}_1 + \underline{I}_2$
В	мА	мА	мА	град	См	мкФ	мА	мА	мА	мА
4,5	17	12,7	13,9	101	-0,0538	0,441	$17e^{i53^\circ}$	$12,7e^{i101^\circ}$	$13,9e^{i0^\circ}$	$16,95e^{i46^\circ}$

3. Вычислить ток в сопротивлении R_1 : $I_1 = U/R_1$. Записать его величину в табл. 3.2. Выбрать масштаб векторов токов m_I (мА/мм). Принять начальную фазу входного напряжения равной нулю: $U = U$.

Построить U и I_1 на комплексной плоскости вдоль оси вещественных чисел. Они совпадают по фазе. Дополнить остальными двумя токами лучевую диаграмму. Векторы I_1 и I_2 образуют при сложении параллелограмм, диагональю которого является ток I (все векторы токов строятся в одном масштабе m_I). Вершину этого параллелограмма можно найти с помощью засечек циркулем. Угол φ_2 , на который ток I_2 опережает входное напряжение, также внести в табл. 3.2. Пример векторной диаграммы показан на рис. 3.3.

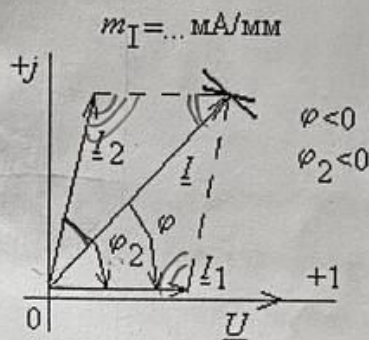


Рис. 3.3

4. Подсчитать параметры конденсатора g и C . Сравнить рассчитанное значение C с величиной емкости, установленной в схеме. Результаты этих вычислений внести в табл. 3.2, причем

$$g = \frac{I_2}{U} \cdot \cos \varphi_2; \quad C = \frac{I_2}{\omega U} \cdot |\sin \varphi_2|$$

5. Записать в табл. 3.2, исходя из векторной диаграммы, числовые значения комплексов действующих значений токов в показательной форме

$$\underline{I} = I e^{-j\varphi}, \underline{I}_2 = I_2 e^{-j\varphi_2}, \underline{I}_1 = I_1 e^{j0^\circ}, \text{ например, } \underline{I} = 28.3 e^{j56^\circ}$$

и проверить выполнение первого закона Кирхгофа в комплексной форме. Для этого подсчитать $\Sigma I = I_1 + I_2$ и сравнить результат со значением I , полученном в эксперименте.

Б) Исследование активно-индуктивной цепи

1. Собрать электрическую цепь по схеме, показанной на рис. 3.2 с параметрами, соответствующими варианту из табл. 3.1, который указан преподавателем.

Ганеев. 1000 Гц 17 В 6283

Таблица 3.3

$f = \dots \text{Гц};$		$\omega = 2\pi f = \dots \text{рад/с};$		$R_2 = \dots \text{Ом};$		$L = \dots \text{мГн}$				
Данные опыта				Результаты расчета						
U	I	U_1	U_2	φ_1	R	L	\underline{U}	\underline{U}_1	\underline{U}_2	$\underline{U}_1 + \underline{U}_2$
В	мА	В	В	град	Ом	мГн	В	В	В	В
4,5	6,8	1,85	3,07	55	156	38,3	$4,5 e^{i20^\circ}$	$1,85 e^{i55^\circ}$	$3,07 e^{i0^\circ}$	$4,4 e^{i20^\circ}$

2. Установить требуемые значения U и f . Параметры цепи и показания приборов записать в табл. 3.3 (величину сопротивления R_2 уточнить измерением омметром).

3. Вычислить напряжение на сопротивлении R_2 : $U_2 = IR_2$. Записать его величину в табл. 3.3. Выбрать масштаб векторов напряжений mU (В/мм). Принять начальную фазу тока равной нулю: $\underline{I} = I$. Отложить \underline{I} и \underline{U}_2 на комплексной плоскости вдоль оси абсцисс. Дополнить топографическую диаграмму напряжений векторами \underline{U}_1 и \underline{U} (все векторы напряжений строятся в одном масштабе mU). Векторы напряжений образуют треугольник, одна из вершин которого лежит в начале координат, а найти другую можно с помощью засечек, сделанных циркулем. Пример векторной диаграммы показан на рис. 3.4.

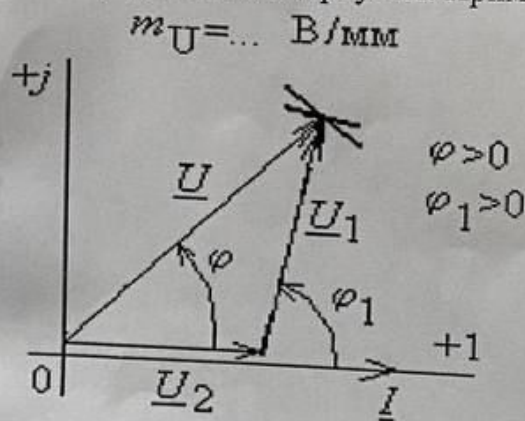


Рис. 3.4

4. Найти из диаграммы угол φ_1 между током и напряжением на катушке и вычислить параметры катушки R, L . Найденную величину L сравнить со значением, установленным в схеме. Результаты вычислений внести в табл. 3.3, причем

$$R = \frac{U_1}{I} \cdot \cos \varphi_1; L = \frac{U_1}{\omega I} \cdot \sin \varphi_1$$

5. На основании диаграммы записать числовые значения комплексных действующих значений напряжений в показательной форме.

$$\underline{U} = Ue^{j\varphi}, \underline{U}_1 = U_1e^{j\varphi_1}, \underline{U}_2 = U_2e^{j0^\circ}, \text{ например, } \underline{U} = 4.5e^{j64^\circ}$$

и проверить выполнение второго закона Кирхгофа. Для этого подсчитать $\Sigma \underline{U} = \underline{U}_1 + \underline{U}_2$ и сравнить результат со значением \underline{U} , полученном в эксперименте.

6. Сделать общие выводы по работе.

Расчётная часть и графики.

А) Исследование активно-ёмкостной цепи.

$$m_I = 0,5 \text{ мА/мм} \quad +j$$

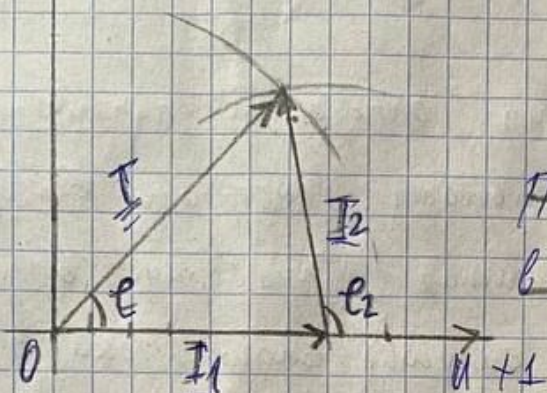
$$I_1 = 13,9 \text{ мА}$$

$$I_2 = 12,7 \text{ мА}$$

$$I = 17 \text{ мА}$$

$$\varphi_2 = 101^\circ$$

$$\varphi = 53^\circ$$



Посчит I_1, I_2 произведу
в программе Voltron Alpha

$$g = \frac{I_2}{u} \cos \varphi_2 = \frac{12,7 \cdot 10^{-3}}{4,5} \cdot \cos 101^\circ = -0,538 \cdot 10^{-3} = -0,0538 \text{ см}$$

$$C = \frac{I_2}{\omega \cdot u} |\sin \varphi_2| = \frac{12,7 \cdot 10^{-3}}{6283 \cdot 4,5} \cdot |\sin 101^\circ| = 4,41 \cdot 10^{-7} =$$

$$= 0,441 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 0,441 \text{ мкФ}$$

$$I_1 = 13,9 \cdot e^{i \cdot 0} = 13,9$$

$$I_2 = 12,7 \cdot e^{i \cdot 101^\circ} = p(\cos \varphi + i \sin \varphi) = p e^{i \varphi} = -2,423 + i \cdot 12,466$$

$$I_1 + I_2 = 13,9 - 2,423 + i \cdot 12,466 = 11,48 + i \cdot 12,466 = 16,95 e^{i \cdot 48^\circ}$$

Б) Исследование активно-индуктивной цепи

$$m_U = 0,1 \text{ В/мм} \quad +j$$

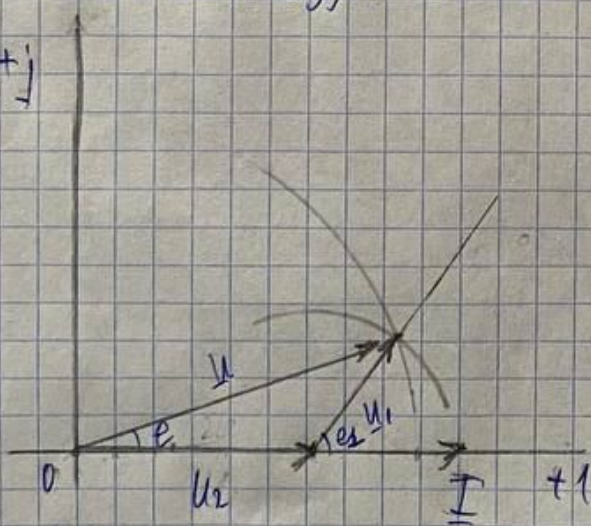
$$u = 4,5 \text{ В}$$

$$u_1 = 1,85 \text{ В}$$

$$u_2 = 3,07 \text{ В}$$

$$\varphi = 20^\circ$$

$$\varphi_1 = 55^\circ$$



$$R = \frac{u_1}{I} \cos \varphi_1 = \frac{1,85}{6,8 \cdot 10^{-3}} \cos 55^\circ \approx 156 \text{ Ом}$$

$$L = \frac{u_1}{\omega I} \sin \varphi_1 = \frac{1,85}{6283 \cdot 6,8 \cdot 10^{-3}} \sin 55^\circ \approx 0,0355 \text{ Гн} = 35,5 \text{ мГн}$$

$$U_1 = 1,85 \cdot e^{i55^\circ} = p(\sin \varphi + i \cos \varphi) = p e^{i\varphi}$$

$$U_2 = 3,07 \cdot e^{i0^\circ} = 3,07$$

$$U_1 + U_2 = 4,4 e^{i20^\circ}$$

Вывод:

В ходе работы мы определили параметры конденсатора и катушки индуктивности, построили векторные диаграммы для тока и напряжения, проверили выполнение законов Кирхгофа в цепи синусоидального тока.

Расчетные значения параметров конденсатора и катушки совпадают с данными нашего варианта в пределах погрешности.

Проверка законов Кирхгофа увенчалась успехом:

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \underline{I}, \quad \underline{U}_1 + \underline{U}_2 = \underline{U}$$



Change the form

$$+ 12.7 \times e^{+ 101.0 \times}$$



Change the form

$$+ 13.9 \times e^{+ 0.0 \times}$$

Exponential form:

$$16.945e^{i47.3675^\circ}$$

Complex form:

$$11.4767 + i12.4667$$



Convert



Calculator



Change the form

$$+ 1.85 \times e + 55 \times {}^\circ$$



Change the form

$$+ 3.07 \times e + 0.0 \times {}^\circ$$

Exponential form:

$$4.4003e^{i20.1447^\circ}$$

Complex form:

$$4.1311 + i1.5154$$



Convert



Calculator