

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра ТОЭ

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №6
по дисциплине «Математические основы электротехники»
ТЕМА: “ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ
СИНУСОИДАЛЬНОГО РЕЖИМА В ПРОСТЫХ ЦЕПЯХ”

Студентка гр. 1384

Усачева Д.В.

Студент гр. 1384

Бобков В.Д.

Преподаватель

Санкт-Петербург

2023 г.

Цель работы.

Практическое ознакомление с синусоидальными режимами в простых RL-, RC- и RLC-цепях.

Подготовка к работе.

При анализе электрических цепей в установившемся синусоидальном режиме важно твердо усвоить амплитудные и фазовые соотношения между токами и напряжениями элементов цепи. Необходимо помнить, что ток в R-элементе совпадает по фазе с напряжением, ток в L-элементе отстает, а в C-элементе опережает напряжение на четверть периода (90°).

Следует учитывать, что комплексные сопротивления индуктивности и емкости есть функции частоты:

$$Z_L = j\omega L = \omega L e^{j90^\circ}; \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{\omega C} e^{-j90^\circ}.$$

Функциями частоты являются, следовательно, и комплексные сопротивления RL-, RC- и RLC-цепей. Так, для RLC-цепи, изображенной на рис. 6.1, в, комплексное сопротивление:

$$Z = \dot{U}_0 / \dot{I} = R + Z_L + Z_C = R + j[\omega L - 1/(\omega C)].$$

Реактивная составляющая этого сопротивления равна разности модулей индуктивного и емкостного сопротивлений и поэтому может принимать различные знаки: если она положительна, реакция цепи имеет индуктивный характер, если отрицательна – емкостный, если обращается в нуль (т. е. $\omega L = 1/\omega C$), цепь будет находиться в состоянии резонанса.

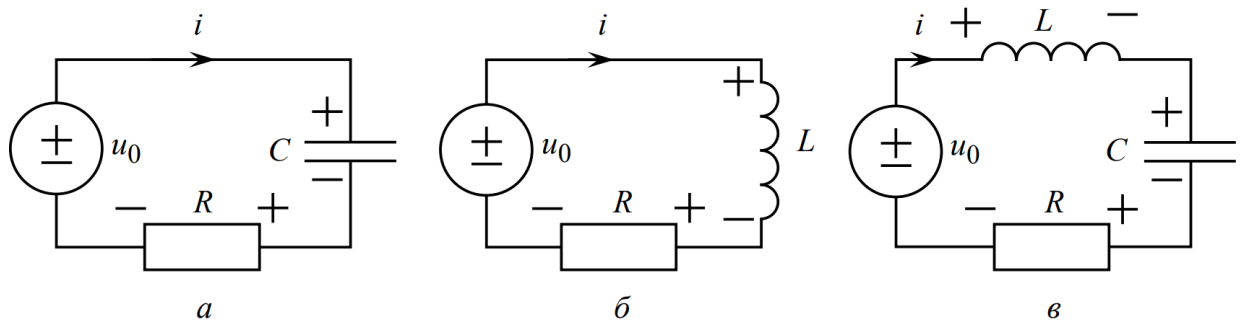


Рис. 6.1

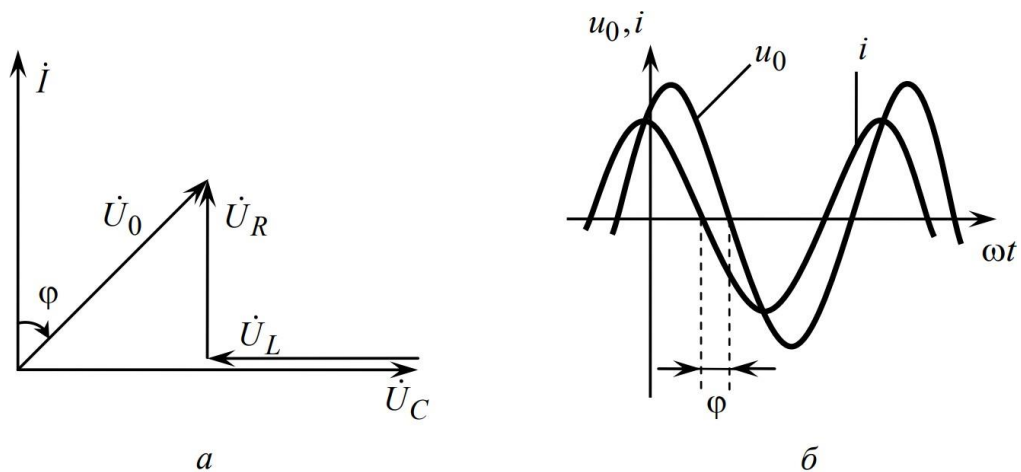


Рис. 6.2

Как модуль и аргумент комплексного сопротивления

$$|Z| = \sqrt{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{\omega L - 1/(\omega C)}{R},$$

так и определяемые ими по закону Ома действующее значение и начальная фаза тока

$$I = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2}}; \quad \alpha_i = \alpha_u - \varphi$$

существенно зависят от соотношения значений индуктивного и емкостного сопротивлений.

Токи и напряжения цепи в установившемся синусоидальном режиме наглядно представляют с помощью ВД. Такая диаграмма для RLC-цепи приведена на рис. 6.2, а, где рассматривается случай $\varphi = -45^\circ$, т. е. ток I

опережает напряжение U_0 на 45° , что соответствует емкостной реакции и временной диаграмме, представленной на рис. 6.2, б.

Основные расчетные формулы.

- 1) Расчетная формула для определения емкости RC цепях:

Комплексное сопротивление конденсатора:

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega Z_C} = \frac{I}{\omega U_C} = \frac{I}{\omega U_C} = \frac{I}{2\pi f U_C},$$

где f – установленная частота, U_C – установленное напряжение.

- 2) Расчетная формула для определения индуктивности в RL цепях:

Комплексное сопротивление катушки:

$$Z_L = j\omega L$$

$$L = \frac{Z_L}{\omega} = \frac{U_L}{\omega I} = \frac{U_L}{2\pi f I}.$$

- 3) Расчетная формула для определения угла сдвига напряжений в RC цепи

$$\varphi_{вд} = -\arctg\left(\frac{U_C}{U_R}\right),$$

аналогично для RL цепи

- 4) Расчетная формула для определения угла сдвига напряжений в RLC цепи

$$\varphi_{вд} = \arctg\left(\frac{U_L + U_C}{U_R}\right)$$

Обработка результатов.

- 1) Исследование установившегося синусоидального режима в RL- и RC-цепях.

Таблица 1. (RC измерения)

Устанавливают		Измеряют				Вычисляют		
f , кГц	U_0 , В	I , мА	U_R , В	U_C , В	$\varphi_{\text{осц}}$, °	R , Ом	C , мкФ	$\varphi_{\text{вд}}$, °
7,5	2,00	3,78	0,78	1,81	-67,4	160,7	0,0438	-68,52
15	2,00	6,16	1,23	1,48	-45,00	207,4	0,0465	-47,75

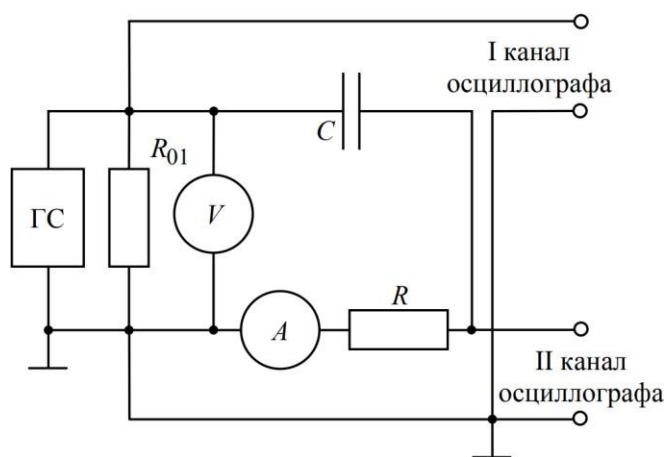


Рисунок 3 - Схема установки для исследования установившегося синусоидального режима в RC цепи

Вычисления:

Рисунок 4 – Векторная диаграмма токов и напряжений для цепи рис. 3

Таблица 2. (RL измерения)

Устанавливают		Измеряют				Вычисляют		
f, кГц	U_0 , В	I, мА	U_R , В	U_L , В	$\varphi_{\text{осц}}, ^\circ$	R, Ом	L, Гн	$\varphi_{\text{ВД}}, ^\circ$
7,5	2,00	4,92	1,00	1,67	58,4			
3,75	2,00	7,56	1,53	1,10	40,5			

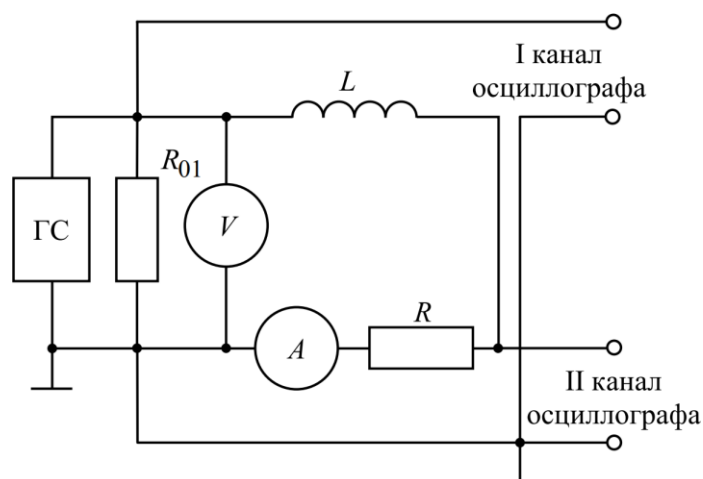


Рисунок 5 - Схема установки для исследования установившегося синусоидального режима в RL цепи

Вычисления:

Рисунок 6 – Векторная диаграмма токов и напряжений для цепи рис. 5

2) Исследование установившегося синусоидального режима в RLC-цепи.

Таблица 3. (RLC измерения)

Устанавливают		Измеряют					Вычисляют
f, кГц	U ₀ , В	I, мА	U _R , В	U _C , В	U _L , В	φ _{осц} , °	φ _{вд} , °
8	2,00	8,77	1,75	3,63	3,58	0	
16	2,00	3,21	0,65	0,67	2,56	67,5	
4	2,00	2,43	0,48	2,34	0,41	-78	

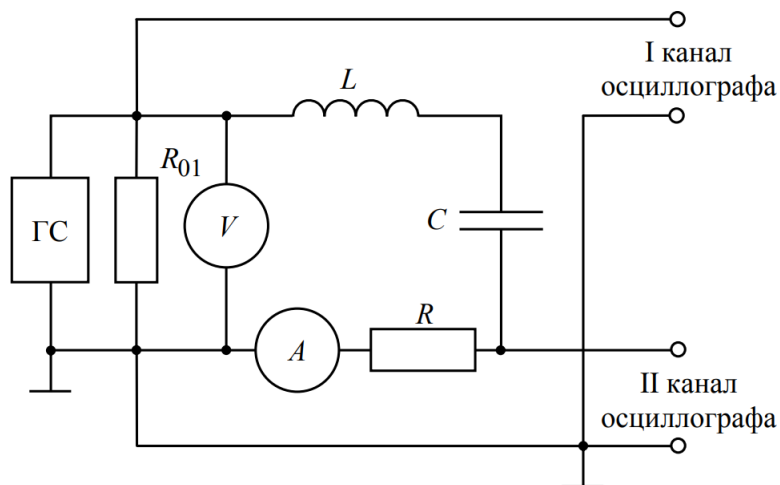


Рисунок 7 - Схема установки для исследования установившегося синусоидального режима в RLC- цепи

Вычисления:

Рисунок 8 - Векторная диаграмма токов и напряжений для цепи рис. 7

Контрольные вопросы.

1) Почему $U_0 \neq U_R + U_C$?

Ток емкостного элемента опережает напряжение. Общее напряжение вычисляется по формуле: $U_0 = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$

2) Почему с ростом частоты значения I и U_R увеличились, а U_C и $|\varphi|$ уменьшились? Изменились ли R и C ?

Z_C обратно пропорционально частоте, поэтому при увеличении частоты уменьшается Z_C , что ведёт к уменьшению U_C и увеличению U_R , ток I увеличивается и уменьшается угол $|\varphi|$ опережения напряжения. R и C – константы.

3) Почему $U_0 \neq U_R + U_L$?

Ток индуктивного элемента отстаёт напряжения и общее напряжение вычисляется по формуле: $U_0 = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$

4) Почему с уменьшением частоты значения I и U_R увеличились, а U_L и $|\varphi|$ уменьшились? Изменились ли R и L ?

Z_L прямо пропорционально частоте, поэтому при уменьшении частоты уменьшается Z_L , что ведёт к уменьшению U_L и увеличению U_R , ток I увеличивается и уменьшается угол $|\varphi|$ отставания от напряжения. R и L – константы.

5) Почему $U_0 \neq U_R + U_L + U_C$?

Ток индуктивного элемента отстаёт напряжение, а ток и емкостного элемента опережает напряжение и общее напряжение вычисляется по формуле:

$$U_0 = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

Вывод.

В ходе выполненной работы мы установили соответствие между значениями собственных частот и формой свободного процесса: если собственные частоты вещественные – наблюдается аperiодический режим, комплексно-сопряженные – колебательный режим, кратные – критический аperiодический режим. Также научились экспериментально определять собственные частоты и добротности RLC-контурa по осциллограмме.