

Лабораторная работа 3.2

ИССЛЕДОВАНИЕ RL – ЦЕПИ

В УСТАНОВИВШЕМСЯ СИНУСОИДАЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Рассмотрим процессы в последовательной RL-цепи (рис. 3.2.1) при действии на входе синусоидального напряжения $u(t) = U_m \sin \omega t$. Расчет будем вести в комплексной форме для действующих значений напряжений и токов, без составления уравнений для мгновенных значений.

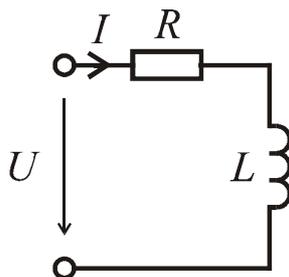


Рис. 3.2.1

Комплексное действующее значение входного напряжения

$$\underline{U} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} e^{j0} = U.$$

Комплексное сопротивление последовательной RL-цепи

$$\underline{Z}_{RL} = R + j\omega L.$$

Полное сопротивление RL-двухполюсника равно модулю \underline{Z}_{RL} , т. е. равно

$$Z_{RL} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}.$$

Аргумент \underline{Z}_{RL}

$$j = \arctg(\omega L/R).$$

Поэтому в показательной форме записи

$$\underline{Z}_{RL} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} e^{j\varphi} = Z_{RL} e^{j\varphi}.$$

В соответствии с законом Ома комплекс тока в цепи

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{R + j\omega L} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} e^{-j\varphi}.$$

Отсюда действующее значение и начальная фаза тока

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}, \quad \varphi_U = -\varphi = -\arctg(\omega L/R).$$

Мгновенное значение тока в цепи

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \varphi).$$

Полученное решение показывает, что амплитуда тока и его начальная фаза зависят от амплитуды приложенного напряжения, величины R и L , а также от частоты ω . Ток отстает от напряжения, приложенного к цепи, на угол $\varphi = \arctg(\omega L/R)$. Этого и следовало ожидать, поскольку сопротивление цепи имеет индуктивный характер.

Векторная диаграмма последовательной RL-цепи. При последовательном соединении ток в элементах одинаков, поэтому построение начнем с вектора токов, общего для элементов цепи. Начальную фазу тока примем равной нулю. При этом начальные фазы напряжений будут определяться их фазовым сдвигом относительно тока.

Отложим из начала координат вектор, равный в масштабе действующему значению тока (рис. 3.7). Поскольку начальную фазу тока мы приняли равной нулю, вектор тока откладываем в направлении горизонтальной оси. Вектор $U_R = RI$, изображающий напряжение на резисторе, совпадает по направлению с вектором тока.

При построении векторных диаграмм отсчет углов в положительном направлении осуществляется против движения часовой стрелки. Поэтому вектор $U_L = X_L I$, изображающий напряжение на индуктивном элементе, направлен вертикально вверх. Отложим вектор U_L из конца вектора U_R (рис. 3.2.2). Полученную векторную диаграмму напряжений называют *топографической*. В топографической диаграмме расположение векторов напряжений на элементах соответствует их расположению в схеме. При этом каждая точка топографической диаграммы изображает комплексное напряжение узла схемы относительно базисного узла.

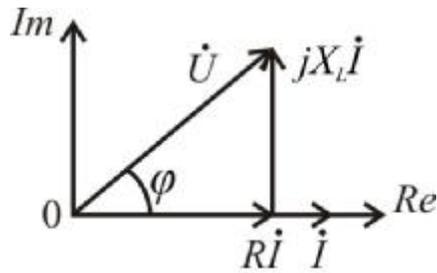


Рис. 3.2.2

Прямоугольный треугольник с катетами U_R и U_L называют *треугольником напряжений*. Гипотенузой треугольника напряжений является вектор напряжения на входе цепи. Из топографической диаграммы на рис. 3.2.2 следует, что входное напряжение

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} .$$

Разделив стороны треугольника напряжений на ток, получим треугольник сопротивлений последовательной RL -цепи (рис. 3.2.3). Катетами являются сопротивления R и X_L , а гипотенузой – полное сопротивление Z .

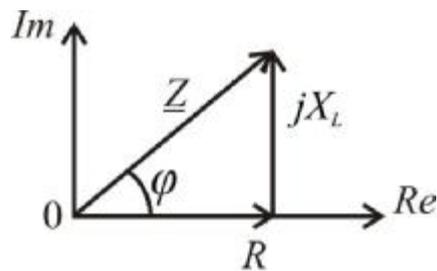


Рис.3.2.3

Мощности RL-цепи.

Активная мощность

$$P = UI \cos \varphi = RI^2 .$$

Реактивная мощность

$$Q = UI \sin \varphi = X_L I^2 .$$

Полная мощность

$$S = UI = ZI^2 = \sqrt{P^2 + Q^2} .$$

Рекомендуемая литература

1. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника: учебник / О. П. Новожилов. – М.: Гардарики, 2008. – 653 с.
2. Бакалов, В. П. Основы теории цепей: учебник для вузов / В. П. Бакалов, В. Ф. Дмитриков, Б. И. Крук. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2000. – 592 с.
3. Атабеков Г. И. Основы теории цепей: Учебник. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2006. – 432 с.
4. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. пособие: в 2-х ч. Ч. 1 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 270 с.
5. Матханов, П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи / П. Н. Матханов. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с.
6. Белецкий, А. Ф. Теория линейных электрических цепей / А. Ф. Белецкий. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 544 с.