

РГР по электротехнике

по расчету цепи синусоидального тока

Задание

Необходимо:

1. Методом последовательных преобразований рассчитать цепь синусоидального тока;
2. Построить её векторную и топографическую диаграммы;
3. Построить графики мгновенных значений напряжения, тока и мощности на источнике ЭДС;
4. Определить активную и реактивную, полную мощность, коэффициент мощности на источнике ЭДС и построить треугольник мощностей;

Исходные данные.

$$R_1=10*(1+k)=10*(1+1)=20 \text{ Ом};$$

$$R_2=10*(1+c)=10*(1+2)=30 \text{ Ом};$$

$$R_3=10*(1+a+m)=10*(1+2+3)=60 \text{ Ом};$$

$$R_4=R_1=20 \text{ Ом};$$

$$R_5=R_2=30 \text{ Ом};$$

$$R_6=R_3=60 \text{ Ом};$$

$$L=m+1=3+1=4 \text{ мГн};$$

$$C=10-m=10-3=7 \text{ мкФ};$$

$$f=1000 \text{ Гц};$$

$$e(t)=10*\sin(\omega t+90^\circ) \text{ В}.$$

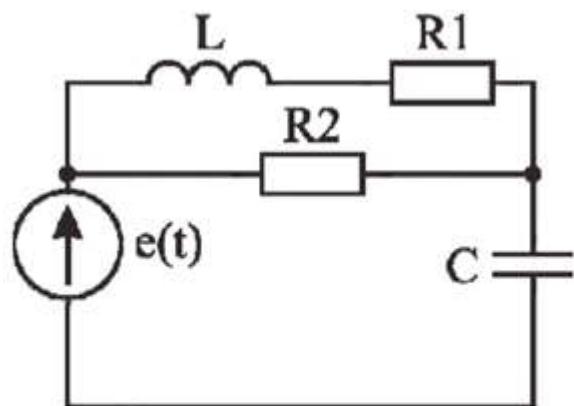


Рисунок 1. Заданная цепь

Решение.

Циклическая частота источника ЭДС:

$$\omega = 2 * \pi * a = 2 * 3,14 * 1000 = 6280 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Сопротивления реактивных элементов:

$$XL = \omega * L = 6280 * 4 * 10^{-3} = 25,1 \Omega;$$

$$XC = \frac{1}{\omega * C} = \frac{1}{6280 * 7 * 10^{-6}} = 22,7 \Omega;$$

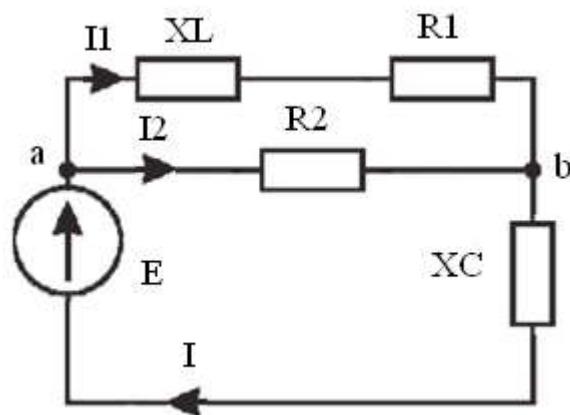


Рисунок 2. Схема замещения

Выполним расчёт символическим методом. Расчёт ведём в амплитудных значениях.

1. Выполним последовательно преобразования цепи. Сопротивление ветви с индуктивностью составит:

$$Z1 = R1 + j * XL = 20 + j25,1 = 32,1e^{j51^0} \Omega.$$

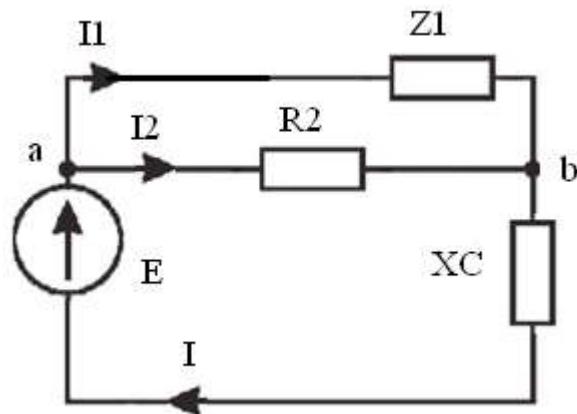


Рисунок 3. Схема замещения первого этапа преобразования

Сопротивление параллельного участка:

$$Z_{12} = \frac{Z_2 * R_2}{Z_2 + R_2} = \frac{32,1e^{j51^0} * 30}{20 + j25,1 + 30} = 15,6 + j7,2 = 17,2e^{j25^0} \text{ Ом.}$$

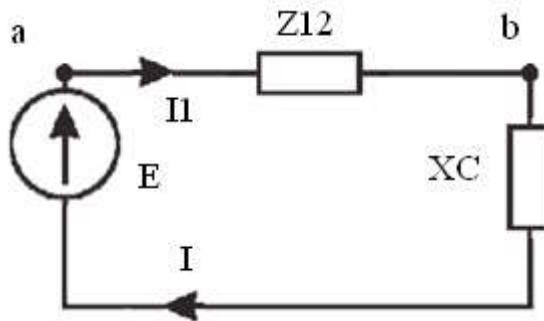


Рисунок 4. Схема замещения второго этапа преобразования

Эквивалентное сопротивление цепи:

$$\dot{Z} = Z_{12} - jXC = 15,6 + j7,2 - j22,7 = 15,6 - j15,5 = 22e^{-j45^0} \text{ Ом.}$$

Комплексная ЭДС:

$$\dot{E} = 10e^{j90^0} \text{ В.}$$

Ток источника ЭДС по закону Ома для полной цепи:

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}} = \frac{10e^{j90^0}}{22e^{-j45^0}} = -0,32 + j0,32 = 0,45e^{j135^0} \text{ А.}$$

Напряжения участка «a-b»:

$$U_{ab} = \dot{I} * Z_{12} = 0,45e^{j135^0} * 22e^{-j45^0} = -7,32 + j2,73 = 7,81e^{j160^0} \text{ В.}$$

Токи в ветвях:

$$I_1 = \frac{U_{ab}}{Z_1} = \frac{7,81e^{j160^0}}{32,1e^{j51^0}} = -0,08 + j0,23 = 0,24e^{j109^0} \text{ А.}$$

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2} = \frac{5,88e^{j158^0}}{30} = -0,24 + j0,09 = 0,26e^{j160^0} \text{ А.}$$

Найдём напряжения на элементах по закону Ома:

$$U\dot{R}1 = \dot{I}1 * R1 = 0,24e^{j109^0} * 20 = -1,5 + j4,6 \text{ В};$$

$$U\dot{X}L = \dot{I}1 * jXL = 0,24e^{j109^0} * j25,1 = -5,8 - j1,2 \text{ В};$$

$$U\dot{X}C = \dot{I}1 * (-jXC) = 0,24e^{j109^0} * (-j22,7) = 7,3 + j7,3 \text{ В};$$

2. Для построения векторной диаграммы выберем масштаб тока 0,1 А/см, для топографической диаграммы выберем масштаб напряжения 2 В/см.

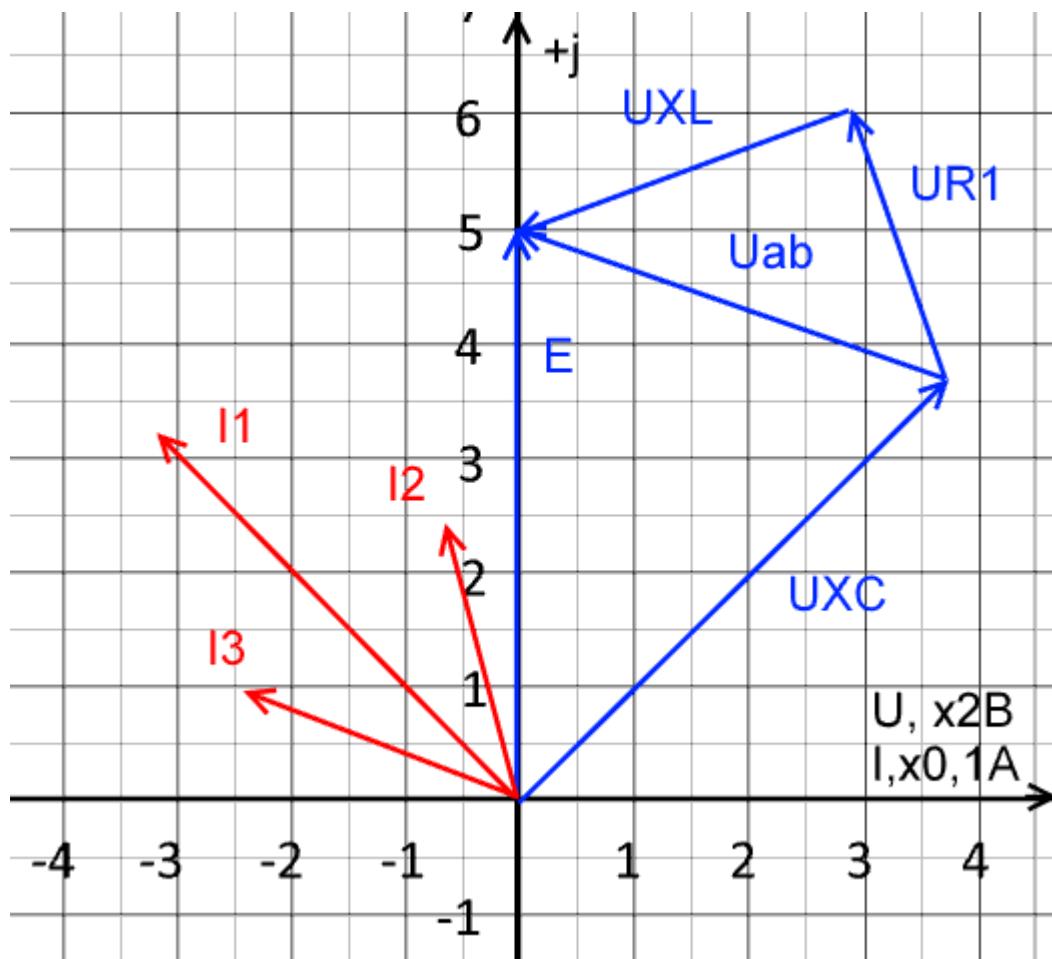


Рисунок 5. Совмещённая векторная диаграмма токов и топографическая диаграмма напряжений

3. Построим графики мгновенных значений напряжения тока и мощности на источнике ЭДС. Для этого перейдём от комплексов изображений к мгновенным значениям:

$$i(t)=0,24\sin(6280*t+109^0) \text{ А.}$$

Мгновенное значение мощности источника ЭДС:

$$\begin{aligned}
 p(t) &= e(t) * i(t) = 10 \sin(6280t + 90^\circ) * 0,24 \sin(6280t + 109^\circ) = \\
 &= 2,4[\cos(6280t + 90^\circ - 6280t - 109^\circ) \\
 &\quad - \cos(6260t + 90^\circ + 6280t + 109^\circ)] = \\
 &= 2,4(\cos(-19^\circ) - \cos(12560t + 199^\circ)) = \\
 &= 2,4(0,95 - \cos(12560t + 199^\circ)) = 2,27 - 2,4 \cos(12560t + 199^\circ) \text{ Вт.}
 \end{aligned}$$

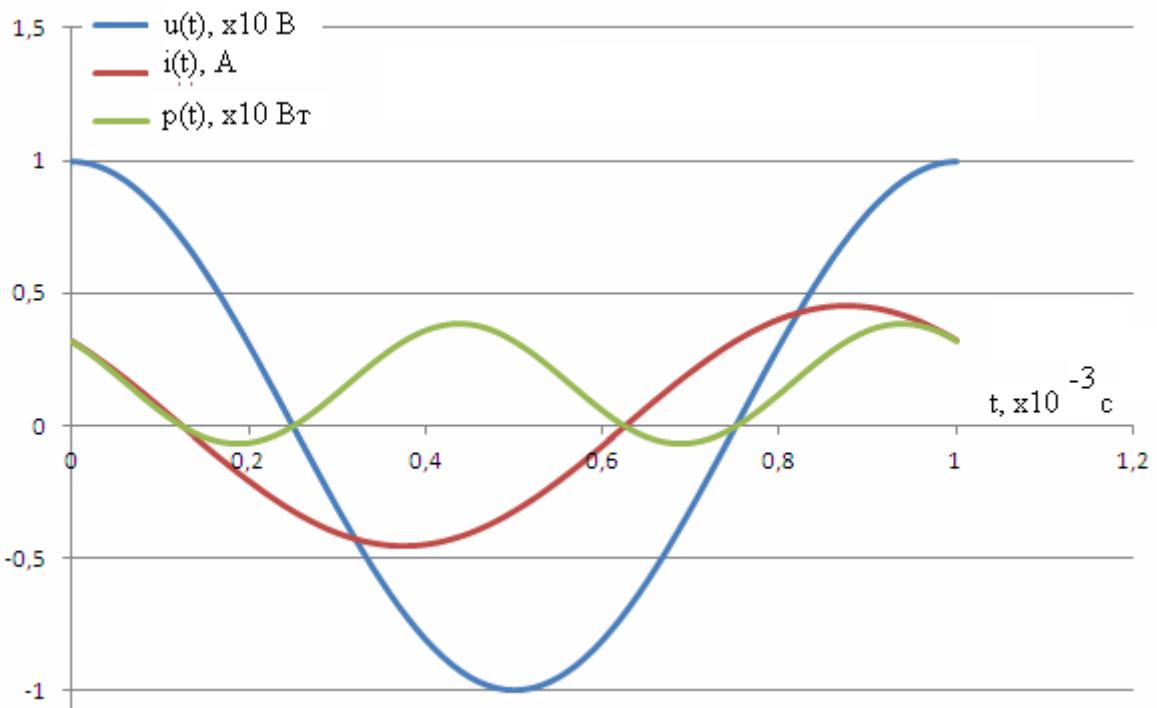


Рисунок 6. Временные диаграммы тока $i(t)$, ЭДС $e(t)$, активной мощности

4. Найдём комплексную мощность источника ЭДС.

Комплексно сопряжённое значение тока ЭДС:

$$\dot{I}' = 0,45e^{-j135^\circ} \text{ А.}$$

Мощность источника:

$$S_{\text{и}} = \frac{\dot{E} * \dot{I}'}{2} = \frac{10e^{j90^\circ} * 0,45e^{-j135^\circ}}{2} = 2,25e^{-j45^\circ} = 1,6 - j1,6 \text{ ВА}$$

Активная мощность:

$$P = \operatorname{Re}(S_i) = 1,6 \text{ Вт};$$

Реактивная мощность

$$Q = \operatorname{Im}(S_i) = -1,6 \text{ ВАр}$$

Полная мощность цепи:

$$S = 2,25 \text{ ВА.}$$

Коэффициент мощности цепи:

$$\cos(\phi) = Q/S = 1,6/2,25 = 0,71$$

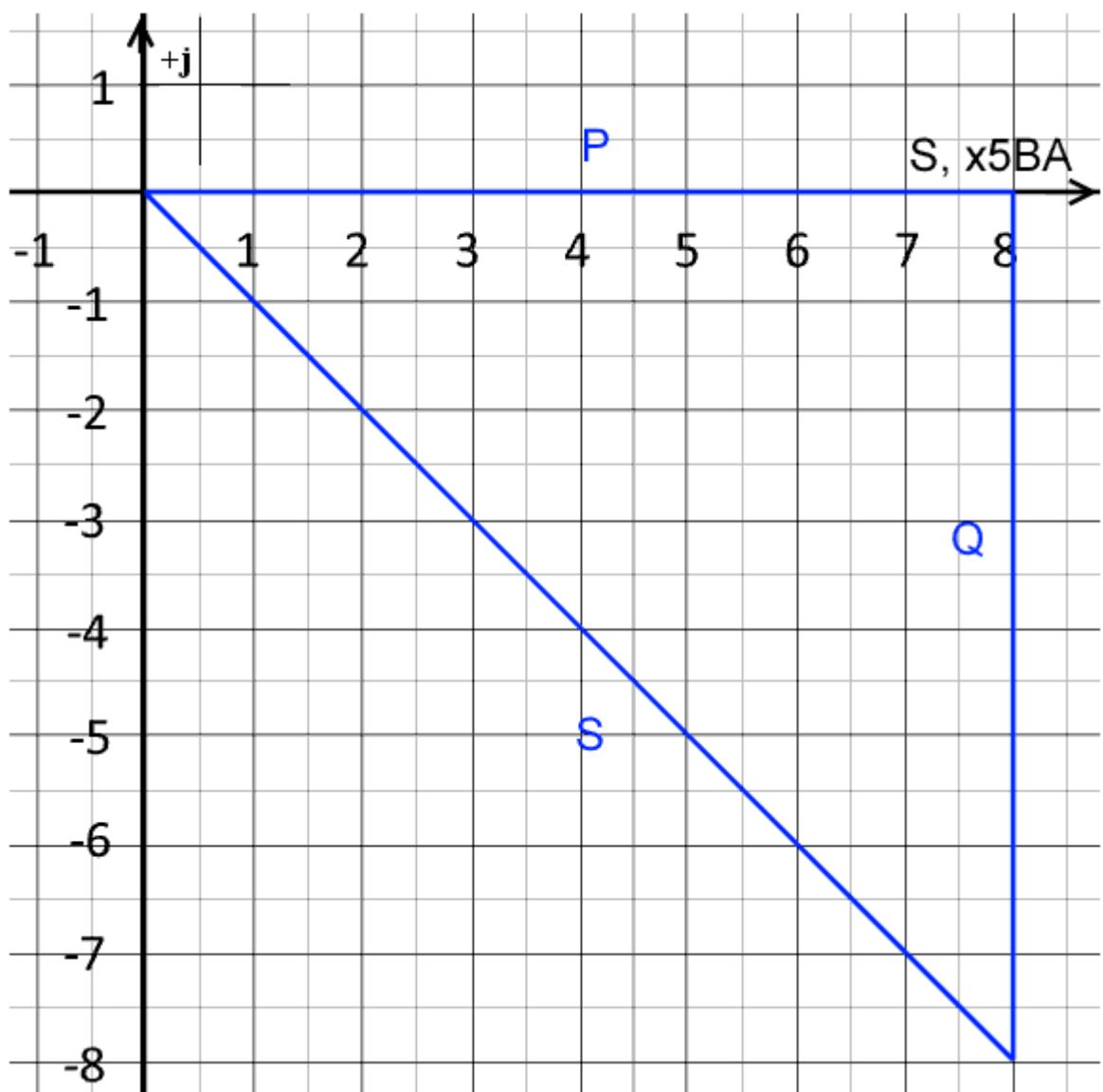


Рисунок 7. Треугольник мощностей

Список использованной литературы

1. Бессонов Лев Алексеевич. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учеб. для бакалавров / Бессонов Лев Алексеевич. - 12-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2014. - 701 с. : ил. - (Бакалавр. Углубленный курс). - ISBN 978-5-9916-3210-2 : 711-70.
2. Теоретические основы электротехники : учебник для вузов : В 3 т. Т.1 / Демирчян Камо Серопович [и др.]. - 4-е изд., доп. - СПб. : Питер, 2006. - 463с. : ил. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-94723-620-6. - ISBN 5-94723-479-3 : 300-00.