

Кубанский государственный технологический университет

Институт информационных технологий и безопасности

**Кафедра компьютерных технологий и информационной
безопасности**

Учебная дисциплина

Электротехника и электроника

Практическое занятие № 4

**Анализ и расчет электрических
цепей**

СИМВОЛИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Учебные вопросы:

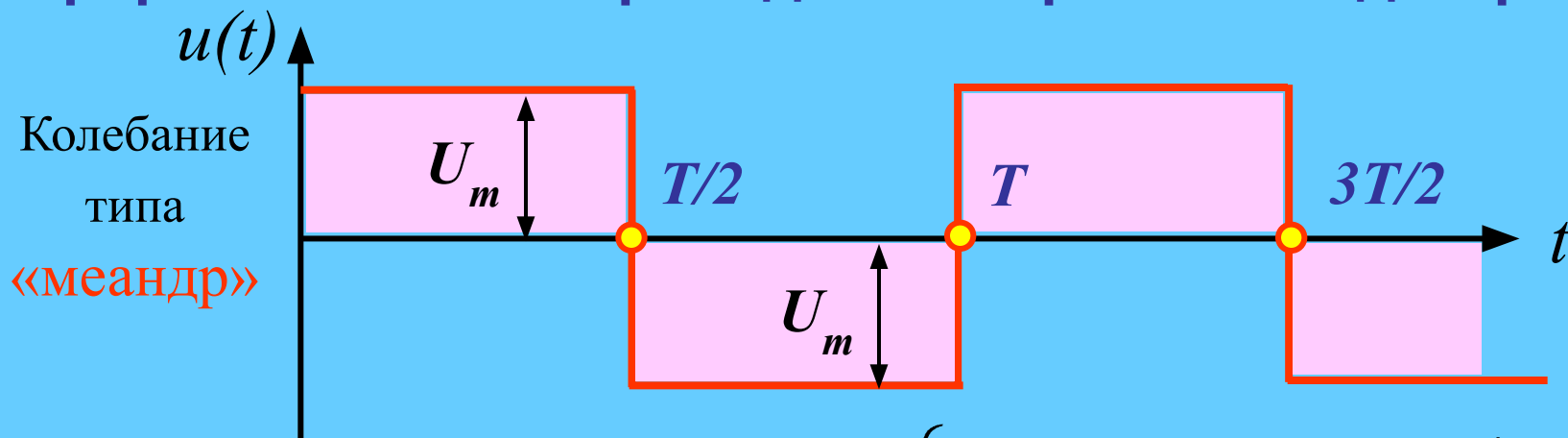
1. Определение действующих и средних значений энергетических величин периодических колебаний
2. Анализ и расчет электрических цепей переменного тока методом комплексных чисел
3. Символический метод анализа электрических цепей
4. Контрольно-измерительные тестовые задания

Литература:

1. Зевеке Г.В., Ионкин А.В., Страков С.В. **Основы теории цепей**: Учебник для вузов, - М.: Энергоатомиздат, 1999 г, с. 9 – 41.
2. Бакалов В.П., Игнатов А.Н., Крук Б.И. **Основы теории электрических цепей и электроники**: Учебник для вузов, - М.: Радио и связь, 1999 г, с. 7 –19.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В. **Электротехника**: Учебник для вузов, - М.: Высшая школа, 2003 г, с. 2 – 31.

1. Определение действующих и средних значений энергетических величин периодических колебаний

Задача № 1. Определить действующее и среднее значения напряжения, коэффициенты амплитуды и формы согласно приведенной временной диаграмме



$$u(t) = \begin{cases} U_m, & \rightarrow 0 \leq t \leq T/2 \\ -U_m, & \rightarrow T/2 \leq t \leq T \end{cases}$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Действующее значение

Среднее значение

$$U_{CP} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u(t) dt$$

❖ Действующее значение **периодического колебания** (по определению)

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 dt} = \sqrt{\frac{U_m^2}{T} \int_0^T dt} = \sqrt{\frac{U_m^2}{T} T} = U_m$$

❖ Среднее значение **периодического колебания** (по определению)

$$U_{CP} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u(t) dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} U_m dt = \frac{2 \cdot U_m \cdot T}{2T} = U_m$$

1.3 Коэффициент амплитуды
напряжения (по определению)

$$K_{A\langle U \rangle} = \frac{U_m}{U} = \frac{U_m}{U_m} = 1$$

1.4 Коэффициент формы
напряжения (по определению)

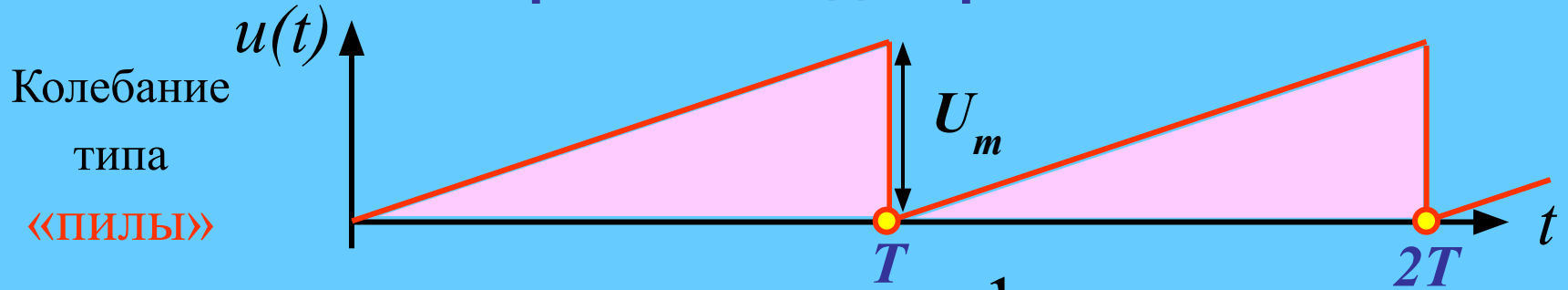
$$K_{\Phi\langle U \rangle} = \frac{U}{U_{CP}} = \frac{U_m}{U_m} = 1$$

Справка: Коэффициенты K_A и K_Φ для гармонического напряжения

$$K_{A\langle U \rangle} = \frac{U_m}{U} = \sqrt{2} \cong 1,41$$

$$K_{\Phi\langle U \rangle} = \frac{U}{U_{CP}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cong 1,11$$

Задача № 2. Определить действующее и среднее значения напряжения согласно приведенной временной диаграмме



Аналитическая запись такого колебания на периоде

$$u(t) = \frac{1}{T} \cdot U_m \cdot t, \rightarrow 0 \leq t \leq T$$

❖ Действующее значение периодического колебания (по определению)

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{T^2} U_m^2 \cdot t^2 dt} = \sqrt{\frac{U_m^2}{T^3} \cdot \frac{T^3}{3}} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

❖ Среднее значение периодического колебания (по определению)

$$U_{CP} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{T} U_m \cdot t \cdot dt = \frac{U_m}{T^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot T^2 = \frac{U_m}{2}$$

Задача № 3. Записать аналитическое выражение для синусоидального тока, изменяющегося с частотой $f = 50 \text{ Гц}$, если известна его комплексная амплитуда

Решение:
$$\dot{I}_m = 25 \cdot e^{-j\frac{\pi}{12}}, \text{ mA}$$

1. Обобщенное аналитическое выражение для мгновенного значения синусоидального тока (то, что нужно записать)

$$i(t) = I_m \sin(\omega \cdot t + \varphi_i)$$

Амплитуда тока

Угловая частота тока

Начальная фаза тока

2. Согласно аналитическое выражение для комплексной амплитуды тока

Амплитуда тока

Начальная фаза тока

$$I_m = 25 \cdot e^{-j\frac{\pi}{12}}, \text{ mA}$$

3. Согласно уравнению связи угловой частоты - ω и промышленной частоты - f

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

при $\rightarrow f = 50 \text{ Гц}$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$$

4. Переход от комплексной амплитуды тока к его мгновенному значению

$$\begin{aligned} \dot{I}_m \cdot e^{j\omega t} &= I_m \cdot e^{j\varphi_i} \cdot e^{j\omega t} = I_m \cos(\omega t + \varphi_i) + jI_m \sin(\omega t + \varphi_i) = \\ &= \operatorname{Re}\left\{\dot{I}_m \cdot e^{j\omega t}\right\} + \operatorname{Im}\left\{\dot{I}_m \cdot e^{j\omega t}\right\} \end{aligned}$$

Тригонометрическая запись формулы Эйлера

И ВЗЯТЬ **МНИМУЮ ЧАСТЬ** КОМПЛЕКСНОГО ЧИСЛА

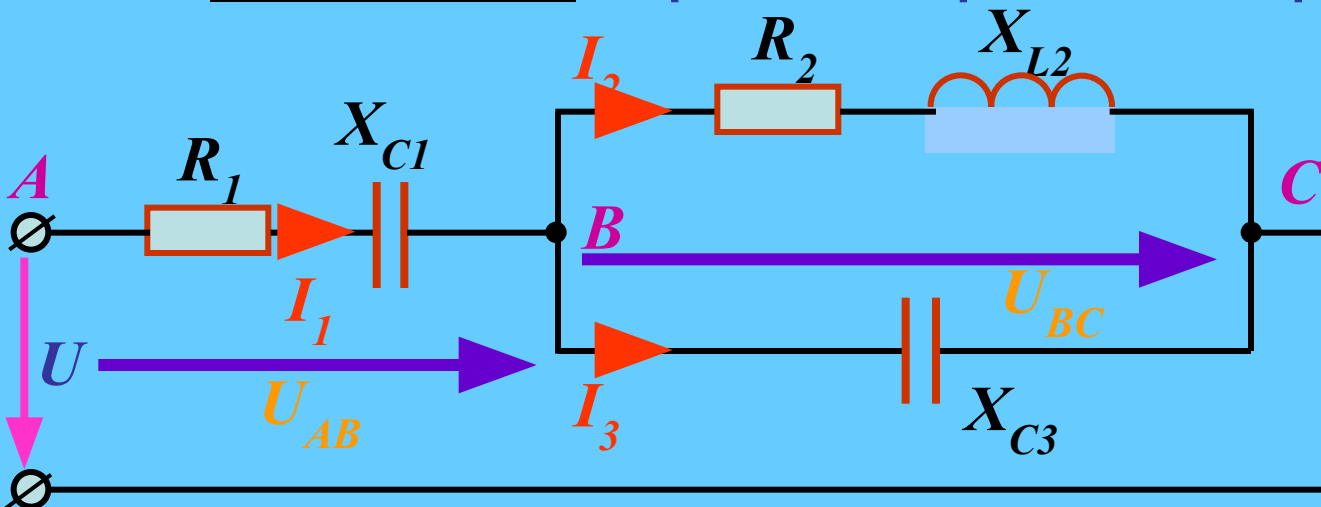
$$\begin{aligned} i(t) &= \operatorname{Im}\left\{\dot{I}_m \cdot e^{j\omega t}\right\} = \operatorname{Im}\left\{25 \cdot e^{-\frac{\pi}{12}} \cdot e^{j314 \cdot t}\right\} = \\ &= \operatorname{Im}\left\{25^{j(314 \cdot t - \frac{\pi}{12})}\right\} = 25 \sin(314 \cdot t - \frac{\pi}{12}) \end{aligned}$$

Ответ:

$$i(t) = 25 \sin(314 \cdot t - \frac{\pi}{12})$$

2. Анализ и расчет электрических цепей переменного тока методом комплексных чисел

Задача № 4. Произвести расчет электрической цепи



Исходные данные:

$$R_1 = 8 \text{ Ом}; R_2 = 9 \text{ Ом};$$

$$X_{C1} = 6 \text{ Ом}; X_{L2} = 12 \text{ Ом};$$

$$X_{C3} = 10 \text{ Ом}; U = 127 \text{ В};$$

Определить:

ТОКИ: $I_1; I_2; I_3; U_{AB}; U_{BC}$

2. полную, активную и реактивную мощности цепи

3. Угол сдвига фаз между напряжением U и током I цепи, характер цепи

Решение:

1. Комплексные сопротивления участков ЭЦ (по номерам токов)

$$\dot{Z}_1 = R_1 - jX_{C1} = 8 - j6 = 10 \cdot e^{-j36^\circ 50'} \text{ [Ом]}$$

$$\dot{Z}_2 = R_2 + jX_{L2} = 9 + j12 = 15 \cdot e^{-j53^\circ 10'} \text{ [Ом]}$$

$$\dot{Z}_3 = -jX_{C3} = -j10 = 10 \cdot e^{-j90^\circ} \text{ [Ом]}$$

$$j = e^{j90^\circ}$$

$$1/j = -j = e^{-j90^\circ}$$

2. Комплексное сопротивление участка ВС цепи

$$\begin{aligned}\dot{Z}_{BC} &= \frac{\dot{Z}_2 \cdot \dot{Z}_3}{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_3} = \frac{15 \cdot e^{j53^\circ 10'} \cdot 10 \cdot e^{-j90^\circ}}{9 + j12 - j10} = \\ &= \frac{150 \cdot e^{-j36^\circ 50'}}{9,2 \cdot e^{j12^\circ 35'}} = 16,35 \cdot e^{-j49^\circ 25'} = 10,65 - j12,45 [Ом]\end{aligned}$$

Показательная форма записи

Алгебраическая форма записи

3. Тогда полное (кажущееся) комплексное сопротивление всей цепи (участка АС)

$$\begin{aligned}\dot{Z}_{AC} &= \dot{Z}_1 + \dot{Z}_{BC} = 8 - j6 + 10,65 + j12,45 = 18,65 - j18,45 [Ом] \\ \dot{Z}_{AC} &= \dot{Z} = 18,65 - j18,45 = 26,2 \cdot e^{-j44^\circ 45'} [Ом]\end{aligned}$$

Алгебраическая форма записи

Показательная форма записи

4. Комплексное общее напряжение, приложенное ко входу всей цепи

$$\dot{U} = U \cdot e^{j0^\circ} = 127 \cdot e^{j0^\circ} = 127 [B]$$

5. При известном входном напряжении и полном сопротивлении цепи, легко вычислить комплексный (действующий) полный ток цепи

$$\dot{I} = \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}_{AC}} = \frac{127 \cdot e^{j0^\circ}}{26,2 \cdot e^{-j44^\circ 45'}} = 4,85 \cdot e^{j44^\circ 45'} [A]$$

6. Определяем комплексное действующее значение напряжения U_{AB}

$$\dot{U}_{AB} = \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_1 = 4,85 \cdot e^{j44^\circ 45'} \cdot 10 \cdot e^{-36^\circ 50'} = 48,5 \cdot e^{j7^\circ 55'} [B]$$

7. Определяем комплексное действующее значение напряжения U_{BC}

$$\dot{U}_{BC} = \dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{BC} = 4,85 \cdot e^{j44^\circ 45'} \cdot 16,35 \cdot e^{-49^\circ 25'} = 79,2 \cdot e^{-j4^\circ 40'} [B]$$

8. Определяем комплексное действующее значение тока I_2

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{BC}}{\dot{Z}_2} = \frac{79,2 \cdot e^{-j4^\circ 40'}}{15 \cdot e^{-j53^\circ 10'}} = 5,27 \cdot e^{-j57^\circ 50'} [A]$$

8. Определяем комплексное действующее значение тока I_3

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{BC}}{\dot{Z}_3} = \frac{79,2 \cdot e^{-j44^\circ 40'}}{10 \cdot e^{-j90^\circ}} = 7,92 \cdot e^{-j85^\circ 20'} [A]$$

9. В соответствии с определением полной мощности цепи S

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \dot{U} \cdot \dot{I}^* = 127 \cdot e^{j0^\circ} \cdot 4,85 \cdot e^{-j44^\circ 45'} = 616 \cdot e^{-j44^\circ 45'} = \\ &= 437 - j433 = P + jQ = \sqrt{P^2 + Q^2} \cdot e^{-j \arctg \frac{433}{437}} [BA] \end{aligned}$$

Модуль полной мощности цепи

Аргумент (фаза) полной мощности

Таким образом, согласно определениям мощностей цепи, имеем

Активная мощность цепи,

$$P = 443 [Вт]$$

Реактивная мощность цепи,

$$Q = 433 [ВАр]$$

Полная мощность цепи,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \approx 619 [B \cdot A]$$

10. Угол сдвига фаз между напряжением и током может быть определен согласно выражению комплексной полной мощности цепи

$$\dot{S} = S \cdot e^{j(\Delta\varphi)} = 437 - j433 = \sqrt{P^2 + Q^2} \cdot e^{-j \arctg \frac{Q}{P}} [VA]$$

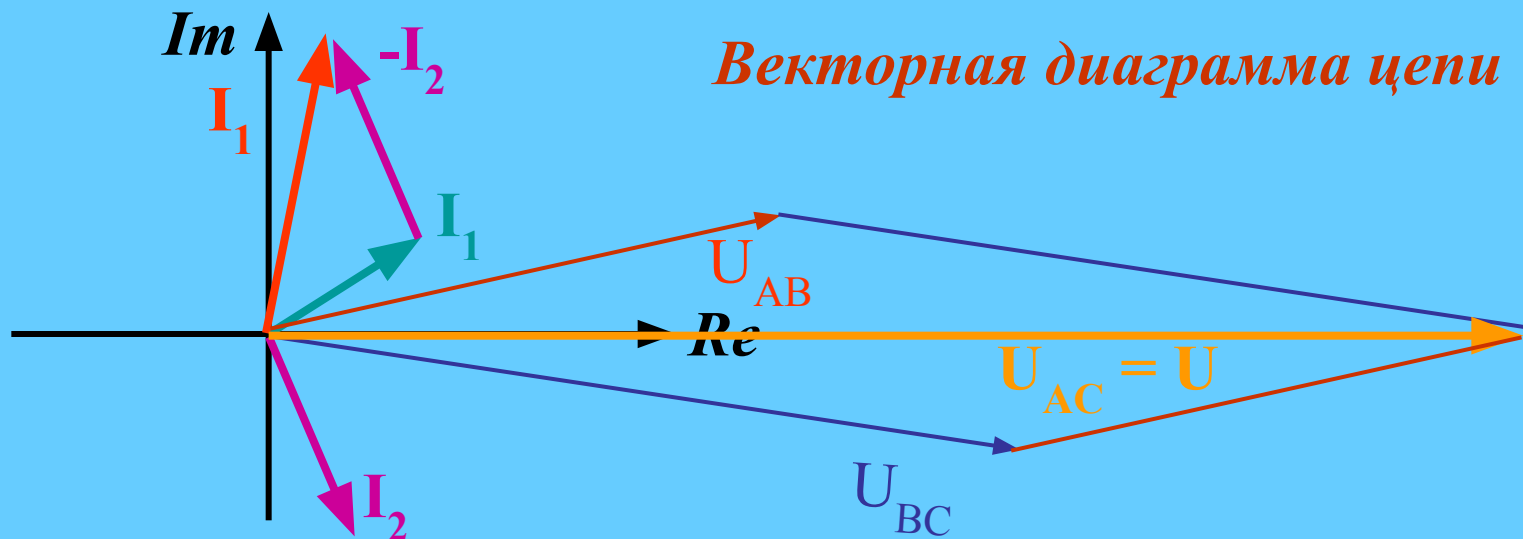
$$\Delta\varphi = \arctg \frac{Q}{P} = \arctg \frac{-433}{437} = -\arctg \frac{433}{437} = 44^\circ 45'$$

$$\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I = 0^\circ - 44^\circ 45' = -44^\circ 45'$$

11. Характер цепи определяется однозначно знаком угла сдвига фаз между напряжением и током

$$\Delta\varphi = \varphi_U - \varphi_I = -44^\circ 45' \approx 0$$

Характер цепи \rightarrow индуктивный



То, из расчета электрической цепи **символическим методом** следует:

$$I = I_1 = 4,85 A$$

$$I_2 = 5,27 A$$

$$I_3 = 7,92 A$$

Полезно заметить важное свойство, что для модулей токов:

$$I = I_1 \neq I_2 + I_3 = 4,85 A \neq 5,27 A + 7,92 A = 4,85 A \neq 13,19 A$$

первый закон Кирхгофа (закон токов Кирхгофа) **неприменим**:

В цепях переменного тока первый закон Кирхгофа (закон токов Кирхгофа) применим только для комплексных действующих значений токов:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 = 4,85 \cdot e^{j44^\circ 45'} A$$

$$\dot{I}_2 = 5,27 \cdot e^{-j57^\circ 50'} A$$

$$\dot{I}_3 = 7,92 \cdot e^{j85^\circ 20'} A$$

Для доказательства такого утверждения необходимо представить все токи в алгебраической форме записи

$$\dot{I} = \dot{I}_1 = 4,85(\cos 44^\circ 45' + j \sin 44^\circ 45') A = 3,46 + j3,41 A$$

$$\dot{I}_2 = 5,27(\cos 57^\circ 50' - j \sin 57^\circ 50') A = 2,81 - j4,47 A$$

$$\dot{I}_3 = 7,92(\cos 85^\circ 20' + j \sin 85^\circ 20') A = 0,65 + j7,89 A$$

$$\dot{I} = \dot{I}_1 = 3,46 + j3,41 A$$

$$\dot{I}_2 = 2,81 - j4,47 A$$

$$\dot{I}_3 = 0,65 + j7,89 A$$

и теперь необходимо сложить комплексные токи по правилам сложения комплексных чисел (складываются отдельно действительные и мнимые части)

$$\begin{aligned} \dot{I} = \dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3 &= 3,46 + j3,39 = 2,81 - j4,42 + 0,65 + j7,89 = \\ &= 3,46 + j3,41 \cong 3,46 + j3,42 \rightarrow \text{Re}\{\dot{I}_1\} = \text{Re}\{\dot{I}_2\} + \text{Re}\{\dot{I}_3\} \rightarrow \\ &\rightarrow \text{Im}\{\dot{I}_1\} = \text{Im}\{\dot{I}_2\} + \text{Im}\{\dot{I}_3\} \end{aligned}$$

Аналогично осуществляется проверка для комплексных напряжений цепи (второй закон Кирхгофа в комплексном виде), баланс мощности для комплексных величин и т.д.

$$\dot{U} = \dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC}$$

$$\dot{E} \cdot \dot{I}^* = R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2 + X_{C1} \cdot I_1^2 + X_{L2} \cdot I_2^2 + X_{C3} \cdot I_3^2$$

Задача №5: Представить комплексный ток, заданный в алгебраической форме

$$\dot{I} = (4 + j3) A$$

в тригонометрической и показательной формах записи

Решение.

Действующее значение тока (модуль комплексного тока)

$$I = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5 A$$

Аргумент комплексного тока

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$\varphi_i = \operatorname{arctg}\left(\frac{3}{4}\right)$$

$$\varphi_i = 36^\circ 50'$$

Тригонометрическая форма записи комплексного тока

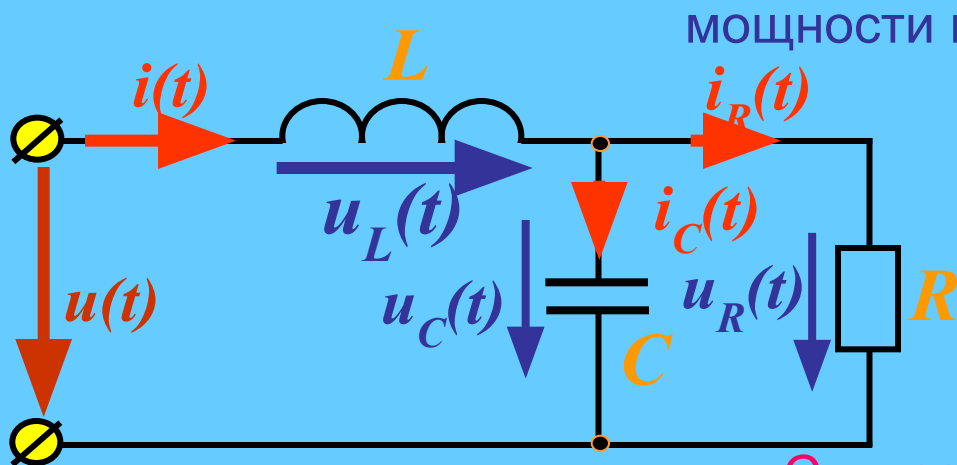
$$\dot{I} = (4 + j3) = I(\cos \varphi_i + j \sin \varphi_i) = 5(\cos 36^\circ 50' + j \sin 36^\circ 50') A$$

Показательная форма записи комплексного тока

$$\dot{I} = (4 + j3) = I \cdot \exp(j\varphi_i) = I \cdot e^{j\varphi_i} = 5 \cdot \exp(j36^\circ 50') = 5 \cdot e^{j36^\circ 50'} A$$

3. Символический метод анализа

Задача № 6. Найти действующие значения токов в ветвях цепи и напряжения на ее элементах, полную, активную и реактивную мощности цепи



Исходные данные:

$$R = 10 \text{ Ом:}$$

$$L = 31,8 \text{ мГн:}$$

$$C = 318,5 \text{ мкФ:}$$

$$U = 100 \text{ В, } f = 50 \text{ Гц:}$$

Система уравнений для мгновенных значений $i(t)$ и $u(t)$

Синусоидальным токам и напряжениям, производным и интегралам от них поставим в соответствие их

комплексные величины

$$i - i_R - i_C = 0$$

$$L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = u$$

$$R \cdot i_R - \frac{1}{C} \int i dt = 0$$

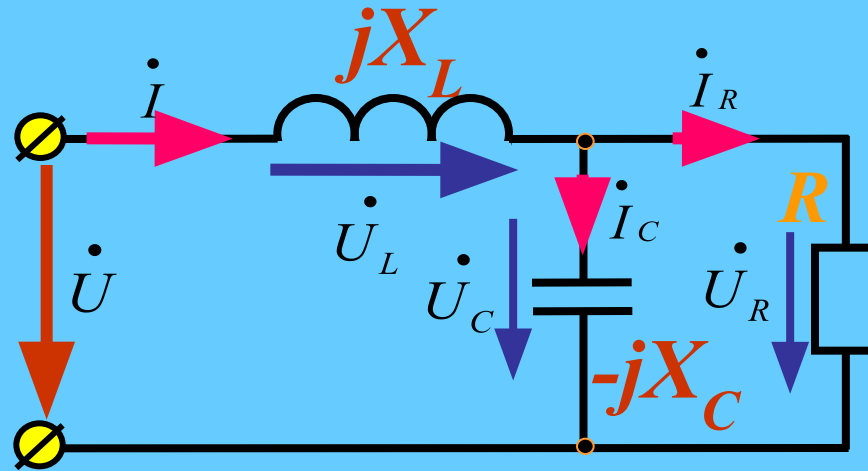
$$u \rightarrow \dot{U}_m \cdot e^{j\omega t}; \quad i \rightarrow \dot{I}_m \cdot e^{j\omega t}; \quad i_R \rightarrow \dot{I}_{mR} \cdot e^{j\omega t};$$

$$i_C \rightarrow \dot{I}_{mC} \cdot e^{j\omega t};$$

$$\frac{di}{dt} \rightarrow j\omega \cdot \dot{I}_m \cdot e^{j\omega t};$$

$$\int i_C dt \rightarrow \frac{1}{j\omega} \cdot \dot{I}_{mC} \cdot e^{j\omega t} = -j \frac{1}{\omega} \cdot \dot{I}_{mC} \cdot e^{j\omega t};$$

Исходная электрическая схема при символическом методе анализа (методе комплексных амплитуд) преобразуется к виду



Система уравнений для мгновенных значений $i(t)$ и $u(t)$

$$\begin{cases} i - i_R - i_C = 0 \\ L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = u \\ R \cdot i_R - \frac{1}{C} \int i dt = 0 \end{cases}$$

Переход к
символическому
методу записи

Система уравнений для
комплексных действующих
значений токов и напряжений

$$\begin{cases} \dot{I} - \dot{I}_R - \dot{I}_C = 0 \\ jX_L \cdot \dot{I} - jX_C \cdot \dot{I}_C = \dot{U} \\ R \cdot \dot{I}_R + jX_C \cdot \dot{I}_C = 0 \end{cases}$$

1. Так как по условиям задачи начальная фаза напряжения равна нулю, то для напряжения в комплексной форме можно записать

$$\dot{U} = 100 \cdot e^{j0} = 100B;$$

2. Комплексные сопротивления катушки индуктивности и конденсатора соответственно будут равны

$$\dot{Z}_L = j \cdot X_L = j \cdot \omega \cdot L = j \cdot 314 \cdot 31,8 \cdot 10^{-3} = j \cdot 10 = 10e^{j\frac{\pi}{2}};$$

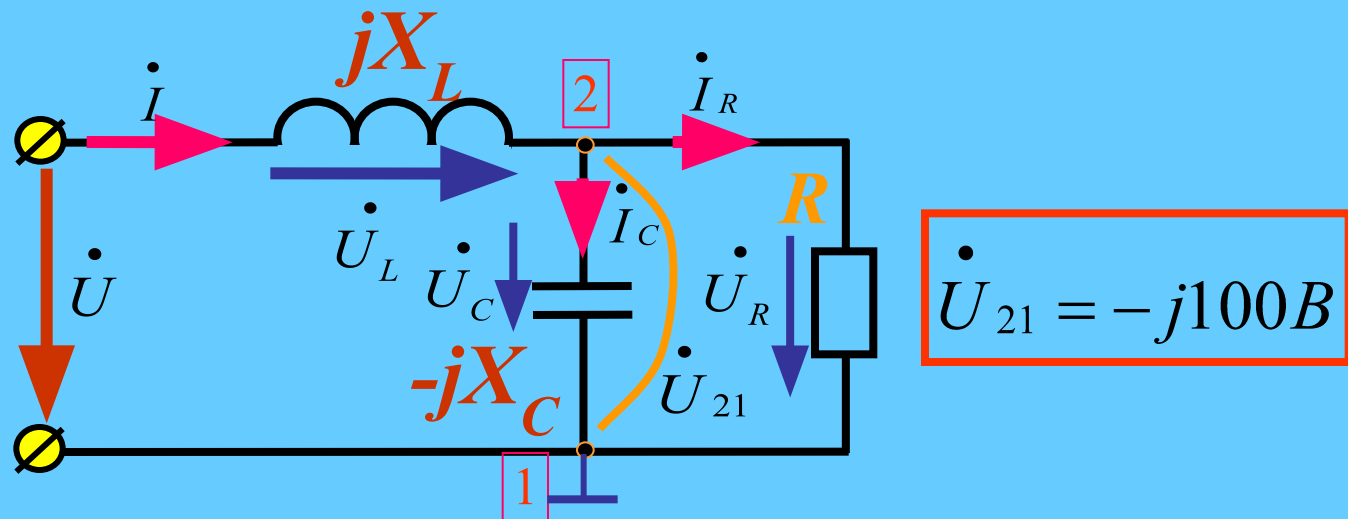
$$\dot{Z}_C = -j \cdot X_C = -j \cdot \frac{1}{\omega \cdot C} = -j \cdot \frac{1}{(314 \cdot 318,5 \cdot 10^{-6})} =$$

$$= -j \cdot 10 = 10 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}};$$

$$\text{где, } \rightarrow \omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314 \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$$

3. Для определения комплексных токов воспользуемся известным методом расчета электрических цепей, например, методом узловых потенциалов (напряжений)

3. Схема электрической цепи с использованием метода узловых потенциалов (напряжений) имеет вид



4. Уравнение связи цепи с использованием метода узловых потенциалов (напряжений) записывается в виде

$$\dot{U}_{21} \cdot \dot{Y}_{21} = \dot{U} \cdot \dot{Y}_L; \Leftrightarrow \dot{U}_{21} \cdot \left(\frac{1}{\dot{Z}_L} + \frac{1}{\dot{Z}_C} + \frac{1}{R} \right) = \dot{U} \cdot \frac{1}{\dot{Z}_L};$$

$$\text{где} \rightarrow \dot{Y}_{21} = \left(\frac{1}{\dot{Z}_L} + \frac{1}{\dot{Z}_C} + \frac{1}{R} \right) = \frac{1}{j10} + \frac{1}{(-j10)} + \frac{1}{10} = 0,1 [C_M]$$

\dot{Y}_{21} – комплексная узловая проводимость

5. Расчетный комплексный ток узла №2 цепи (правая часть уравнения)

$$\dot{I}_{узл\ №2} = \dot{U} \cdot \frac{1}{\dot{Z}_L} = \frac{100}{j10} = -j10[A]$$

6. Комплексные токи в ветвях электрической цепи

$$\dot{I} = \frac{\dot{U} - \dot{U}_{21}}{\dot{Z}_L} = \frac{100 + j100}{j10} = \frac{100 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{j\frac{\pi}{4}}}{10 \cdot e^{j\frac{\pi}{2}}} = 10 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{j\frac{\pi}{4}} [A]$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{21}}{\dot{Z}_C} = \frac{-j100}{-j10} = 10[A]$$

7. Действующие значения токов

$$I_R = 10[A]$$

$$I_C = 10[A]$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = 10 \cdot \sqrt{2} [A]$$

$$\dot{I}_R = \frac{\dot{U}_{21}}{R} = \frac{-j100}{10} = -j10 = 10 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} [A]$$

$$I = 14,1[A]$$

8. Комплексные напряжения на элементах электрической цепи

$$\dot{U}_L = \dot{I} \cdot \dot{Z}_L = 10 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{-j\frac{\pi}{4}} 10 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} = 141,2 \cdot e^{-j\frac{3\pi}{4}} [B]$$

$$\dot{U}_C = \dot{I}_C \cdot \dot{Z}_C = 10 \cdot 10 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} = 100 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} [B]$$

$$\dot{U}_R = \dot{U}_C$$

$$\dot{U}_R = \dot{I}_R \cdot R = 10 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} \cdot 10 = 100 \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} [B]$$

9. Действующие значения напряжений на элементах

$$U_L = 141,2 [B]$$

$$U_C = U_R = 100 [B]$$

10. Комплексная мощность электрической цепи

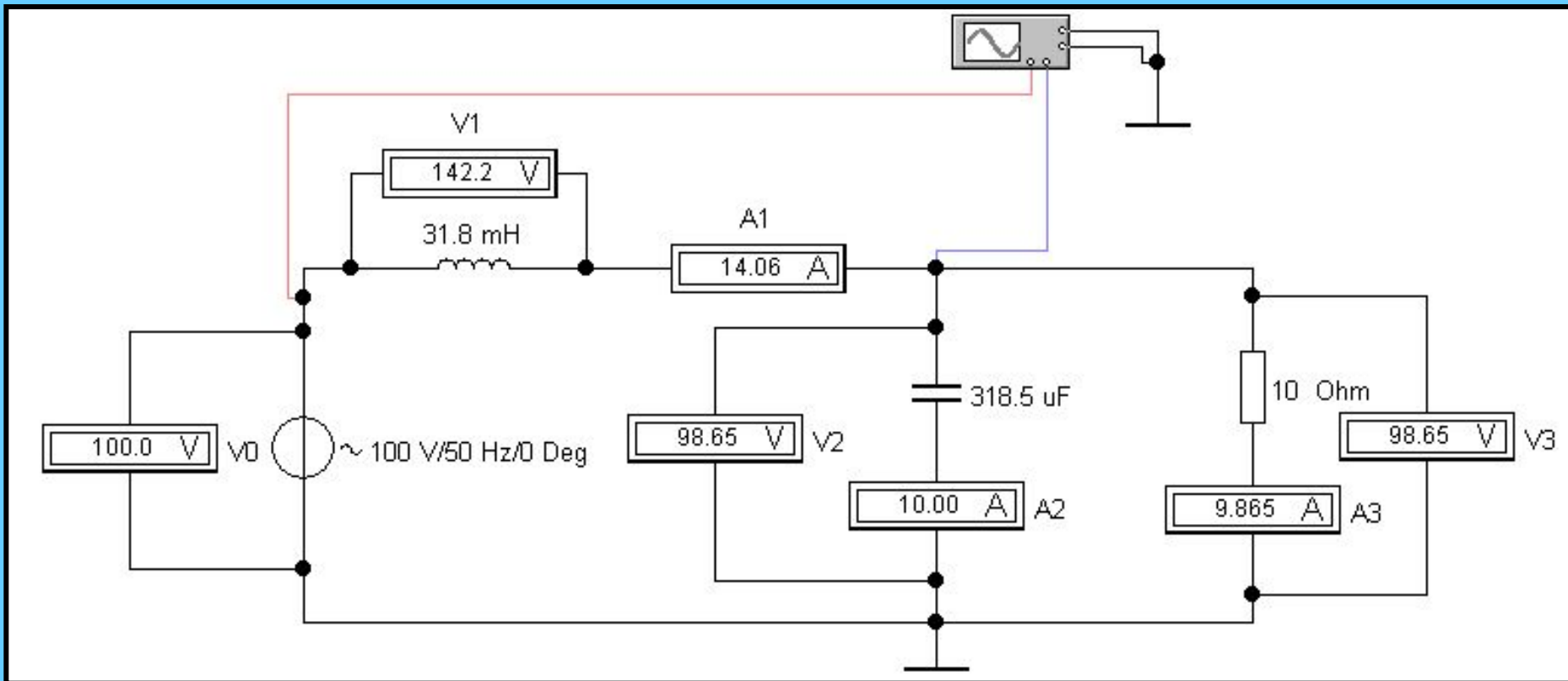
$$\begin{aligned} \dot{S} &= \dot{U} \cdot \dot{I}^* = 100 \cdot 10 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{+j\frac{\pi}{4}} \cdot 10 = 1410 \left(\cos \frac{\pi}{4} + j \sin \frac{\pi}{4} \right) = \\ &= 1000 + j1000 = [BA] \rightarrow P + jQ \end{aligned}$$

$$S = 1410 [B \cdot A]$$

$$P = \operatorname{Re}\{S\} = 1000 [Bm]$$

$$Q = \operatorname{Im}\{S\} = 1000 [BAp]$$

Модель исследования исходной электрической цепи



❖ Расчетные действующие значения токов в ветвях цепи

$$I_R = 10[A]$$

$$I_C = 10[A]$$

$$I = 14,1[A]$$

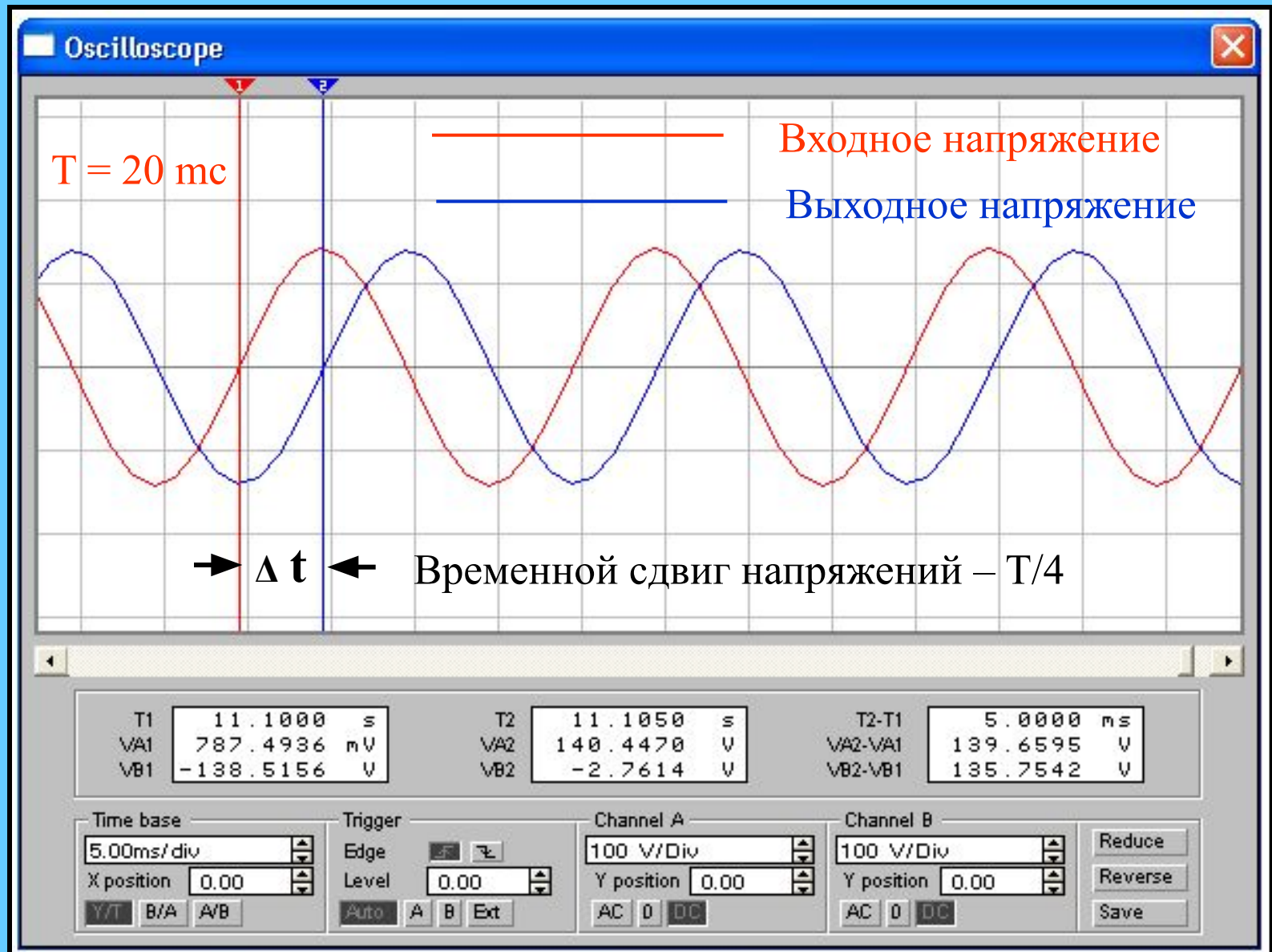
❖ Расчетные действующие значения напряжений на элементах цепи

$$U_L = 141,2[B]$$

$$U_C = U_R = 100[B]$$

❖ Сравнить соответствующие величины и сделать выводы

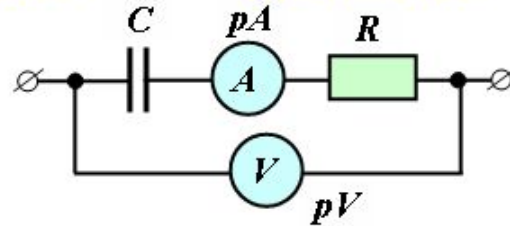
Осциллограмма напряжений цепи



Сдвиг фаз ($\Delta\phi$) между напряжениями

$$\Delta\phi = \omega \cdot \Delta t = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \Delta t = 314 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1,57 [\text{rad}] = 90^\circ$$

При показаниях амперметра - $pA = 2\text{ A}$, вольтметра - $pV = 200\text{ В}$, при $R = 80\text{ Ом}$,



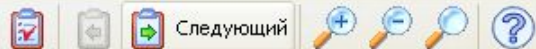
значение X_C составит ...

- 1 120 Ом
- 2 20 Ом
- 3 80 Ом
- 4 140 Ом
- 5 60 Ом
- 40 Ом

$$Z = \frac{U}{I} = 100[\text{Ом}]$$

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{100^2 - 80^2} = \sqrt{(100 - 80) \cdot (100 + 80)} = \sqrt{3600} = 40[\text{Ом}]$$

Что-то непонятно? Щелкните здесь, чтобы получить ответ.



Следующий

Следующий вопрос (Enter)

При заданных действующих значениях напряжения U , тока I на входе пассивного двухполюсника и известном угле сдвига фаз φ активную мощность P цепи синусоидального тока можно определить по формуле ...

 1

$$P = UI \cos \varphi + UI \sin \varphi$$

 2

$$P = UI \operatorname{tg} \varphi$$

 3

$$P = UI \sin \varphi$$

 4

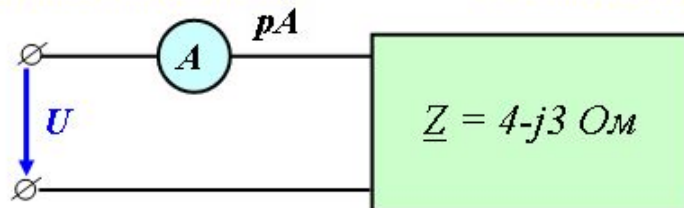
$$P = UI \operatorname{ctg} \varphi$$



$$P = UI \cos \varphi$$

[Что-то непонятно? Щелкните здесь, чтобы получить ответ.](#)

При действующем значении напряжения $U = 60 \text{ В}$ и комплексном сопротивлении цепи



активная мощность равна ...

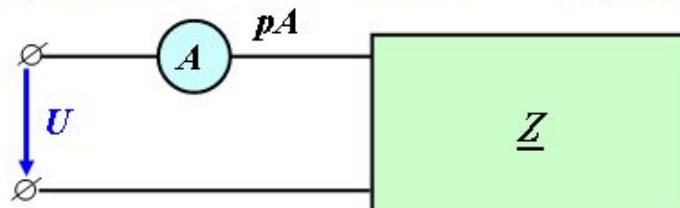
- 1 192 Вт
- 2 1200 Вт
- 3 108 Вт
- 4 1500 Вт
- 5 720 Вт
- 900 Вт

$$\bullet \underline{Z} = \underline{Z} = R + jX = 4 - j3$$

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = \frac{60^2}{4} = \frac{3600}{4} = 900 [\text{Вт}]$$

Что-то непонятно? [Щелкните здесь, чтобы получить ответ.](#)

При действующих значениях напряжения $U = 110\text{ В}$, тока $I = 4\text{ А}$ и угле сдвига фаз между ними $\varphi = 30^\circ$



реактивная мощность равна ...

- | | |
|------------------------------------|---------|
| <input type="radio"/> 1 | 374 Вт |
| <input checked="" type="radio"/> 2 | 220 ВАр |
| <input type="radio"/> 3 | 308 Вт |
| <input type="radio"/> 4 | 250 ВАр |
| <input type="radio"/> 5 | 308 ВАр |
| <input type="radio"/> 6 | 220 Вт |
| <input type="radio"/> 7 | 374 ВАр |

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 110 \cdot 4 \cdot \sin 30^\circ = 110 \cdot 4 \cdot 0,5 = 220 [\text{ВАр}]$$

Что-то непонятно? [Щелкните здесь, чтобы получить ответ.](#)

Комплексная мощность электрической цепи при заданном

напряжении $\dot{U} = 220, B$ и токе $\dot{I} = (10 - j20), A$ составляет ...



$$\dot{S} = (2200 + j4400), B \cdot A$$



$$\dot{S} = j4400, B \cdot A$$



$$\dot{S} = 2200, B \cdot A$$



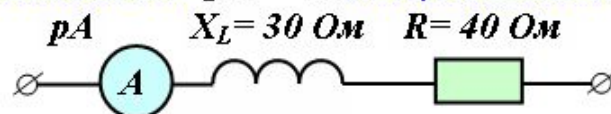
$$\dot{S} = (2200 - j4400), B \cdot A$$

$$\dot{S} = \underline{S} = \dot{U} \cdot \overset{*}{\dot{I}} = 220 \cdot (10 + j20) = 2200 + j4400 [BA]$$

Комплексно-сопряженный ток

Что-то непонятно? [Щелкните здесь, чтобы получить ответ.](#)

Если амперметр показывает $i_A = 4 \text{ A}$, то реактивная мощность Q цепи



будет равна ...

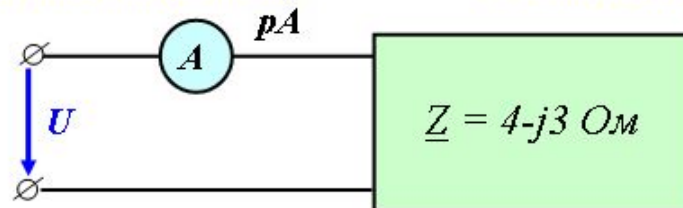
- 1 480 Вт
- 2 160 ВАр
- 3 480 ВАр
- 4 800 ВАр
- 5 1120 ВАр
- 6 800 Вт
- 7 640 ВАр

$$\dot{Z} = R + jX_L = 40 + j30[\text{Ом}]$$

$$Q = I^2 \cdot X_L = 16 \cdot 30 = 480[\text{ВАр}]$$

Что-то непонятно? [Щелкните здесь, чтобы получить ответ.](#)

При действующем значении напряжения $U = 60 \text{ В}$ и комплексном сопротивлении цепи



действующее значение тока составит ...

- 1 12 A
- 2 40 A
- 3 $1,2 \text{ A}$
- 4 120 A
- 5 30 A
- 6 20 A

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{(R^2 + X^2)}} = \frac{60}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{60}{\sqrt{25}} = \frac{60}{5} = 12 [A]$$

Что-то непонятно? Щелкните здесь, чтобы получить ответ.

Комплексное сопротивление \underline{Z} при $X_L = 30 \text{ Ом}$ и $R = 50 \text{ Ом}$



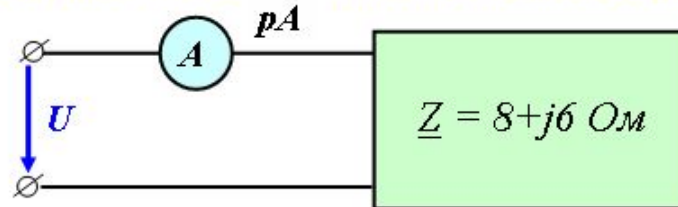
в алгебраической форме записывается в виде ...

- 1 $30 - j 50 \text{ Ом}$
- 2 $j 30 \text{ Ом}$
- 3 50 Ом
- 4 $50 - j 30 \text{ Ом}$
- 5 $30 + j 50 \text{ Ом}$
- $50 + j 30 \text{ Ом}$

$$\dot{Z} = \underline{Z} = R + jX = 50 + j30[\text{Ом}];$$

Что-то непонятно? Щелкните здесь, чтобы получить ответ.

Если действующее значение тока $I = 2 \text{ A}$, то при комплексном сопротивлении цепи



действующее значение напряжения составит ...

- 1 28 В
- 2 10 В
- 3 20 В
- 4 100 В
- 5 16 В
- 6 12 В

$$U = I \cdot Z = I \cdot \sqrt{R^2 + X^2} = 2 \cdot \sqrt{8^2 + 6^2} = \\ = 2 \cdot \sqrt{100} = 2 \cdot 10 = 20 [B]$$

Что-то непонятно? Щелкните здесь, чтобы получить ответ.

Задание на самостоятельную работу

Изучить и освоить методы расчета линейных электрических цепей переменного тока

Литература:

1. Зевеке Г.В., Ионкин А.В., Страков С.В. **Основы теории цепей**: Учебник для вузов, - М.: Энергоатомиздат, 1999 г, с. 9 – 41.
2. Бакалов В.П., Игнатов А.Н., Крук Б.И. **Основы теории электрических цепей и электроники**: Учебник для вузов, - М.: Радио и связь, 1999 г, с. 7 –19.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В. **Электротехника**: Учебник для вузов, - М.: Высшая школа, 2003 г, с. 2 – 31.