

Федеральное государственное казенное военное
образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного»
Министерства обороны Российской Федерации

2 кафедра

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

по учебной дисциплине «Электроника, электротехника и схемотехника»
(Д-0201-2)

Раздел № 1

Электротехника

Тема № 2

**Режим гармонических колебаний
в линейных электрических цепях**

Занятие №7 **Расчет комплексных сопротивлений
электрических цепей**

Санкт-Петербург

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Расчет комплексных сопротивлений параллельно-последовательных электрических цепей
2. Контроль усвоения изученного материала

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бабкова Л.А., Бирюков А.А., Дьяков С.В., Киселев О.Н. Теория электрических цепей. Анализ электрических цепей: Учебн. Пособие.-СПб.:ВАС, 2015.- 256 с.: ил. Стр. 78-97.
2. Улахович Д. А. Основы теории линейных электрических цепей: Учебное пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2009. Стр.103-119.
3. **Бабкова Л. А., Киселёв О. Н. Методические рекомендации к практическим занятиям и руководство к лабораторным работам по дисциплине «Основы теории цепей»: Учеб. пособие. – СПб.: ВАС, 2011. – 116. стр.17-19.**

Вопрос №1. Расчет комплексных сопротивлений двухполюсников

Задача 1

Перевести гармоническое воздействие в комплексное:

$$i(t) = 100 \cos(6,28 \cdot 10^6 t + 45) \text{ mA}$$

Проведем анализ данного выражения:

$$I_m = 100 \text{ mA} \quad - \text{ амплитудное значение тока;}$$

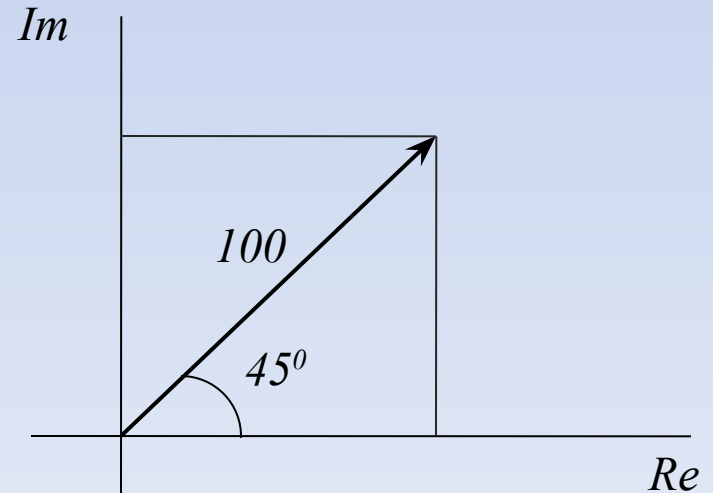
$$\omega = 6,28 \cdot 10^6 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad - \text{ круговая частота (угловая скорость вращения вектора тока } I);$$

$$f_{\text{Гц}} = 10^6 \text{ МГц} \quad - \text{ частота тока;}$$

$$\varphi_i = 45^\circ \quad - \text{ начальная фаза.}$$

Теперь запишем значение комплексное
значение амплитуды тока:

$$I_m = 100 e^{j45^\circ} \text{ mA}$$



Перейдем к комплексному действующему значению тока:

$$\dot{I} = \frac{100}{\sqrt{2}} \text{mA}^{j45^\circ} \cong 70,9 \text{ }^{j45^\circ}$$

Задача 2 (самостоятельно)

Перевести гармоническое воздействие в комплексное:

$$U(t) = 220 \cos(6.28 \cdot 10^3 t + 30)$$

Решение:

$$U_m = 220 \quad - \text{ амплитудное значение напряжения;}$$

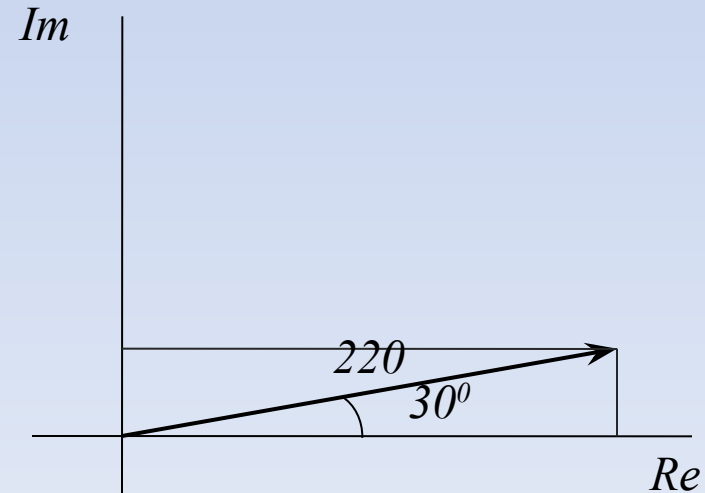
$$\omega = 6.28 \cdot 10^3 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad - \text{ круговая частота (угловая скорость вращения вектора тока } U);$$

$$f_u = 10^3 \text{ кГц} = 1 \quad - \text{ частота напряжения;}$$

$$\varphi_u = 30^\circ \quad - \text{ начальная фаза.}$$

Комплексное значение амплитуды напряжения:

$$\dot{U}_m = 220 e^{j30^\circ}$$



Задача 3

Записать мгновенные значения гармонических колебаний, если $f = 10^5$ Гц, а соответствующие комплексные амплитуды равны:

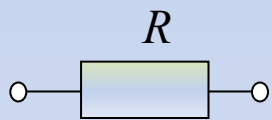
$$\dot{I}_m = 3,7 \cdot 10^{-3} e^{j125^\circ} \longrightarrow i(t) = 3,7 \cdot 10^{-3} \cos(6,28 \cdot 10^5 t + 125) \text{ mA}$$

$$\dot{I}_m = 0,5 e^{j15^\circ} \longrightarrow i(t) = 0,5 \cos(6,28 \cdot 10^5 t + 15) \text{ mA}$$

$$\dot{U}_m = 3 + j \longrightarrow \mathcal{B}(t) = 3,2 \cos(6,28 \cdot 10^5 t + 18,3)$$

Задача 4

Определить активное, реактивное, полное сопротивления и активную, реактивную, полную проводимость следующих двухполюсников:



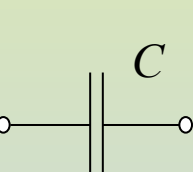
Т.к. $Z_R(j\omega) = r + jx$, то $Z_R(j\omega) = R + j0 \Rightarrow Z_R(j\omega) = R$

Т.к. $Y_R(j\omega) = g + jb$, то $Y_R(j\omega) = \frac{1}{R} + j0 \Rightarrow Y_R(j\omega) = G$

L

Т.к. $Z_L(j\omega) = r + jx$, то $Z_L(j\omega) = 0 + j\omega L \Rightarrow Z_L(j\omega) = j\omega L$

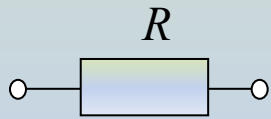
Т.к. $Y_L(j\omega) = g + jb$, то $Y_L(j\omega) = 0 + \frac{1}{j\omega L} \Rightarrow Y_L(j\omega) = \frac{1}{j\omega L}$



т.к. $Z_C(j\omega) = r + jx$, то $Z_C(j\omega) = 0 + \frac{1}{j\omega C} \Rightarrow Z_C(j\omega) = \frac{1}{j\omega C}$

т.к. $Y_C(j\omega) = g + jb$, то $Y_C(j\omega) = 0 + j\omega C \Rightarrow Y_C(j\omega) = j\omega C$

Задача 4



Для двухполюсника, схема которого изображена на рисунке, определить $Z(j\omega)$, r , x , $Y(j\omega)$, g , b , если:

$R = 20 \text{ кОм}$;

1) $f = 3 \text{ кГц}$, 2) $f = 3 \text{ МГц}$, 3) $f = 3 \text{ ГГц}$.

Задача 5

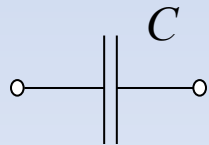


Для двухполюсника, схема которого изображена на рисунке, определить $Z(j\omega)$, r , x , $Y(j\omega)$, g , b , если:

$L = 40 \text{ мкГ}$;

1) $f = 3 \text{ кГц}$, 2) $f = 3 \text{ МГц}$, 3) $f = 3 \text{ ГГц}$.

Задача 6



Для двухполюсника, схема которого изображена на рисунке, определить $Z(j\omega)$, r , x , $Y(j\omega)$, g , b , если:

$C = 60 \text{ мФ}$;

1) $f = 3 \text{ кГц}$, 2) $f = 3 \text{ МГц}$, 3) $f = 3 \text{ ГГц}$.

Задача 7

Определить амплитуду и начальную фазу гармонического колебания, представляющего собой сумму двух гармонических колебаний одинаковой частоты:

$$u(t) = u_1(t) + u_2(t) = 1,5 \cos(\omega t + 27^\circ) + 2,4 \cos(\omega t - 85^\circ)$$

Решение

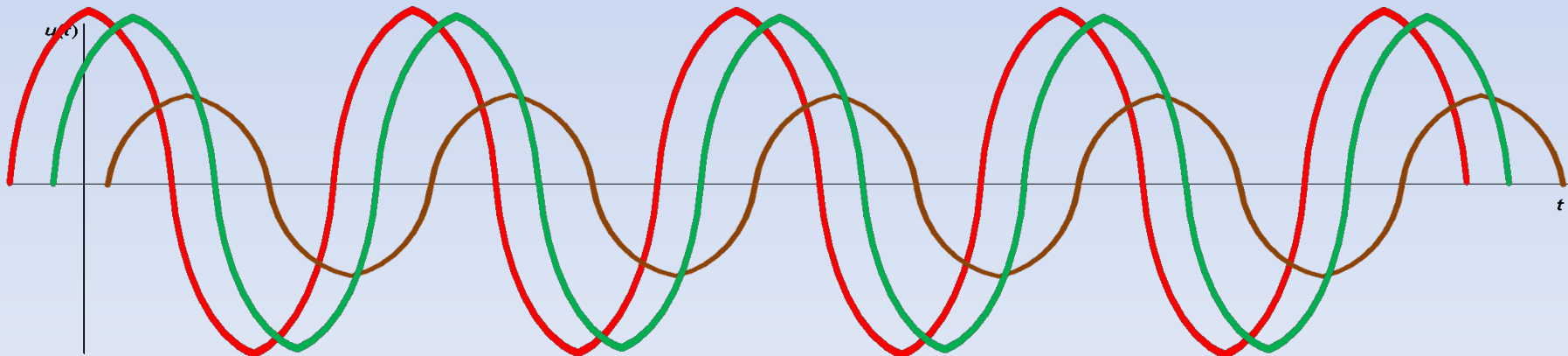
1) Переведем гармонические колебания $u_1(t)$ и $u_2(t)$ в комплексные значения амплитуды напряжения:

$$u_1(t) = 1,5 \cos(\omega t + 27^\circ) \longrightarrow \dot{U}_{m1} = 1,5 e^{j27^\circ} \hat{A}$$

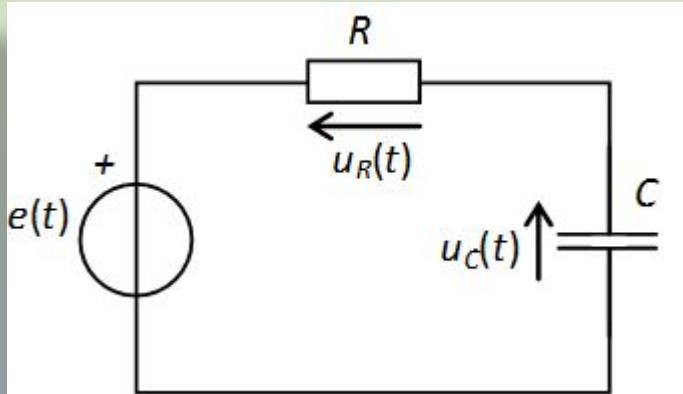
$$u_2(t) = 2,4 \cos(\omega t - 85^\circ) \longrightarrow \dot{U}_{m2} = 2,4 e^{-j85^\circ} \hat{A}$$

2) Произведем сложение комплексных значений амплитуд напряжения:

$$\dot{U}_{m1,2} = 1,5 e^{j27^\circ} + 2,4 e^{-j85^\circ} = 2,305 e^{-j47,8^\circ}$$



Задача 8



В цепи определить гармоническое напряжение на резистивном элементе и элементе емкости, если:

$$e(t) = 10 \cos(2000t + 30^\circ) \text{ В};$$

$$R = 100 \text{ Ом};$$

$$C = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

- 1) Определяются комплексные амплитуды воздействий.
- 2) Рассчитываются комплексные сопротивления элементов.
- 3) Рациональным методом определяется комплексная амплитуда реакции.
- 4) Записываются мгновенные значения реакции.
- 5) Формулируются выводы.

Решение

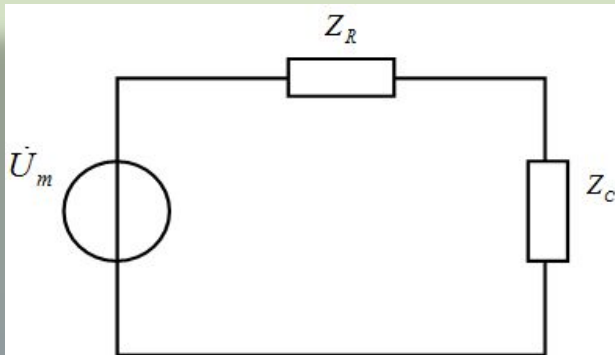
- 1) Определим комплексную амплитуду воздействия:

$$e(t) = 10 \cos(2000t + 30^\circ) \longrightarrow \dot{B}_m = 10e^{j30^\circ}$$

- 2) Рассчитаем комплексные сопротивления элементов:

$$\mathcal{Z}_R = R = 100 \qquad \mathcal{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = -j333,33 = 333,33 \cdot e^{-j90^\circ}$$

Схема замещения цепи будет выглядеть следующим образом:



3) Произведем расчет комплексных амплитуд реакции.

3.1) Определим эквивалентное комплексное сопротивление:

$$\dot{Z}_{RC} = Z_R + Z_C = R + \frac{1}{j\omega C} = 100 - j53$$

Переведем в показательную форму:

$$\dot{Z}_{RC} = 100 - j53 = 113 \angle -j28$$

3.2) Определим комплексное амплитудное значение тока (первую реакцию).

Применим закон Ома в комплексной форме:

$$\dot{I}_m = \frac{\dot{U}_m}{\dot{Z}_{RC}} = \frac{10e^{j30^\circ}}{113 \angle -j28} = 0,09 \angle j58^\circ$$

3.3) Определим комплексное амплитудное значение напряжения на элементе сопротивления (вторую реакцию).

$$\dot{U}_{mR} = \dot{I}_m Z_R = 0,09B \angle j58^\circ \times 100 = 9 \angle j58^\circ$$

3.4) Определим комплексное амплитудное значение напряжения на элементе емкости (третью реакцию).

$$\dot{U}_{mC} = \dot{I}_m Z_C = 0,09 e^{j58^\circ} \times 53B^{-j90^\circ} = 4,77 e^{-j32^\circ}$$

Проведем проверку полученных результатов по второму закону Кирхгофа в комплексной форме:

$$U_{\dot{u}} - U_{mR} - U_{im} = 0_{mR} \Rightarrow U_{mC} = U_{\dot{u}} + U_{im}$$

$$8,66 + j5 = 10e^{j30^\circ} \Leftrightarrow 9 e^{j58^\circ} + 4,77j^{-j32^\circ} \approx 4,77 + j7,63 + 4,045 - j7,53 = 8,815 + j5,1$$

4) Запишем мгновенные значения полученных реакций:

$$i(t) = 0,09 \cos(2000t + 58^\circ) \text{ A}$$

$$u_R(t) = 9 \cos(2000t + 58^\circ) \text{ B}$$

$$u_C(t) = 4,77 \cos(2000t + 148^\circ) \text{ B}$$

- 5) Вывод: а) анализируя мгновенное значение напряжения на элементе сопротивления можно видеть, что данный элемент частотно независимый, и начальная фаза совпадает с начальной фазой тока;
 б) анализируя мгновенное значение напряжения на элементе емкости можно видеть, что начальная фаза отстает от начальной фазы тока на 90° .