



**«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана»  
(национальный исследовательский университет)  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ (ИУ6)

**О т ч е т**  
**о рубежном контроле № 1**

**15 вариант**

**Дисциплина:** Электротехника

Студент гр. ИУ6-33Б 22.10.2023 В. К. Залыгин  
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Преподаватель \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

## Задание

Для схемы и значений параметров своего варианта ДЗ1:

1. Рассчитать токи методом уравнений Кирхгофа
2. Рассчитать баланс активной мощности

Расчеты следует представить подробно со всеми промежуточными выкладками в рукописном виде. После аналитического вывода системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с действительными коэффициентами для каждого из методов решение СЛАУ можно выполнить в любом математическом пакете. Обозначения в формулах должны быть отмечены на чертеже схемы и объяснены в тексте.

### Параметры к РК1 и ДЗ1

ЭДС

	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
1	200j	200-200j	$100\cos(\omega t+270^\circ)$	$100\sin(\omega t+90^\circ)$	$100\cos(\omega t-180^\circ)$	200+200j	-200-200j	200
2	200-200j	$100\cos(\omega t+270^\circ)$	$100\sin(\omega t+90^\circ)$	$100\cos(\omega t-180^\circ)$	200+200j	-200-100j	200	200j
3	$100\cos(\omega t+270^\circ)$	$100\sin(\omega t+90^\circ)$	$100\sin(\omega t-180^\circ)$	200+200j	-100-200j	200	200j	200-200j
4	$100\sin(\omega t+90^\circ)$	$100\cos(\omega t-180^\circ)$	200+200j	-200-200j	200	200j	200-200j	$100\cos(\omega t+270^\circ)$
5	$100\cos(\omega t-180^\circ)$	200+200j	-200-200j	200	200j	200-200j	$100\cos(\omega t+270^\circ)$	$100\sin(\omega t+90^\circ)$

### Пассивные компоненты

Обозначения групп	<b>Z1*</b>	<b>Z2*</b>	<b>Z3*</b>	<b>Z4*</b>	<b>Z5*</b>	<b>Z6*</b>	<b>Z7*</b>	<b>Z8*</b>
1	100 Ом	<b>100 мГн</b>	10 мкФ	200 Ом	200 мГн	20 мкФ	400 Ом	400 мГн
2	100 мГн	10 мкФ	200 Ом	<b>200 мГн</b>	20 мкФ	400 Ом	400 мГн	100 Ом
3	10 мкФ	200 Ом	200 мГн	20 мкФ	400 Ом	<b>400 мГн</b>	100 Ом	100 мГн
4	200 Ом	200 мГн	20 мкФ	400 Ом	400 мГн	100 Ом	100 мГн	<b>10 мкФ</b>
5	<b>200 мГн</b>	20 мкФ	400 Ом	400 мГн	100 Ом	100 мГн	10 мкФ	200 Ом

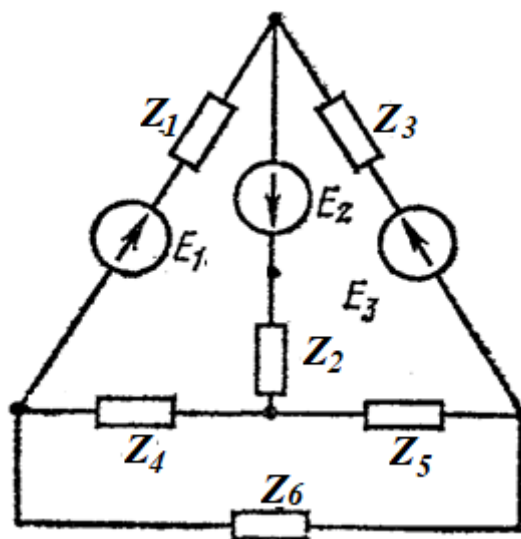
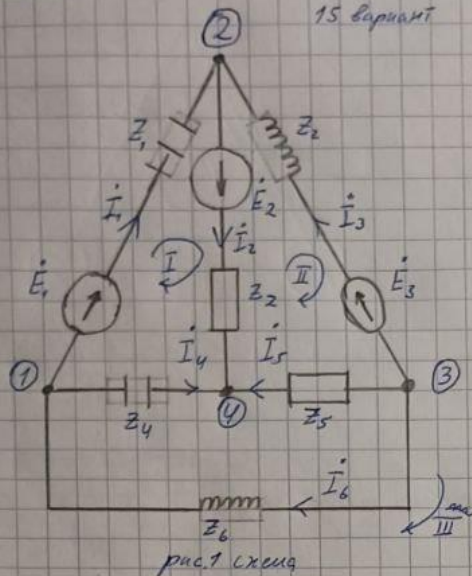


Рисунок 1 - схема

## Решение

Дано:

15 вариант 3 группа:



$$Z_1^* = 10 \mu\text{кФ}$$

$$Z_2^* = 200 \Omega$$

$$Z_3^* = 200 \mu\text{Гн}$$

$$Z_4^* = 20 \mu\text{кФ}$$

$$Z_5^* = 400 \Omega$$

$$Z_6^* = 600 \mu\text{Гн}$$

$$E_1 = 100 \cos(\omega t + 270^\circ)$$

$$E_2 = 100 \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$E_3 = 100 \sin(\omega t + 180^\circ)$$

$$\omega = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

①, ②, ③, ④ - узлы

I, II, III - направления обхода

прямое

← - условное направление тока в данной ветви

• Вычислим комплексные амплитуды для источников напряжения:

$$E_1: E_1 = 100 \cos(\omega t + 270^\circ) = 100 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$\tilde{E}_1 = 100 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) + j 100 \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = 100 e^{j(\omega t - \frac{\pi}{2})} = 100 e^{-j\frac{\pi}{2}} e^{j\omega t} = 100 e^{-j\frac{\pi}{2}} e^{j\omega t}$$

$$\dot{E}_1 = 100 e^{-j\frac{\pi}{2}} = -100j$$

$$E_2: E_2 = 100 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = 100 \cos(\frac{\pi}{2} - \omega t - \frac{\pi}{2}) = 100 \cos(-\omega t)$$

$$\dot{E}_2 = 100$$

$$E_3: E_3 = 100 \sin(\omega t + 180^\circ) = 100 \cos(\frac{\pi}{2} - \omega t - \pi) = 100 \cos(-\frac{\pi}{2} - \omega t)$$

$$\dot{E}_3 = -100j$$

• Вычислим импедансы:

$$Z_1^*: C_1 = Z_1^* = 10 \mu\text{кФ}$$

$$Z_1 = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot 10^2} = -j \frac{1}{2} \cdot 10^2 = -50j$$

$$Z_2^*: Z_2 = Z_2^* = 200$$

$$Z_3^*: L_3 = Z_3^* = 200 \mu\text{Гн}$$

$$Z_3 = j\omega L_3 = j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 400j$$

$$Z_4^*: L_4 = Z_4^* = 20 \mu\text{кФ}$$

$$Z_4 = \frac{1}{j\omega C_4} = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{j \cdot 4 \cdot 10^2} = -j \frac{1}{4} \cdot 10^2 = -25j$$

$$Z_5^*: Z_5 = Z_5^* = 400$$

$$Z_L^* \quad L_6 = Z_6^* = 400 \mu H$$

$$Z_6 = j\omega L_6 = j \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 800$$

$$\begin{cases} \dot{E}_1 = -100j \\ \dot{E}_2 = 100 \\ \dot{E}_3 = -100j \end{cases} \begin{cases} Z_1 = -50j \\ Z_2 = 200 \\ Z_3 = 400j \\ Z_4 = -25j \\ Z_5 = 400 \\ Z_6 = 800 \end{cases}$$

• Вычислим токи в ветвях по законам Кирхгофа: по первому закону Кирхгофа:

$$\textcircled{1} \dot{I}_1 + \dot{I}_4 + \dot{I}_6 = 0$$

$$\textcircled{2} \dot{I}_2 - \dot{I}_1 - \dot{I}_3 = 0; \quad -\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0$$

$$\textcircled{3} \dot{I}_3 + \dot{I}_5 + \dot{I}_6 = 0$$

по второму закону Кирхгофа:

$$\textcircled{I} \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_2 Z_2 - \dot{I}_4 Z_4 = \dot{E}_1 + \dot{E}_2$$

$$\textcircled{II} -\dot{I}_2 Z_2 - \dot{I}_3 Z_3 + \dot{I}_5 Z_5 = -\dot{E}_2 - \dot{E}_3$$

$$\textcircled{III} \dot{I}_1 Z_1 - \dot{I}_3 Z_3 + \dot{I}_6 Z_6 = \dot{E}_1 - \dot{E}_3$$

• Составим СЛАУ  $Z \cdot \dot{I} = \dot{E}$ :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -50j & 200 & 0 & -25j & 0 & 0 \\ 0 & -200 & -400j & 0 & 400 & 0 \\ -50j & 0 & -400j & 0 & 0 & 800 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \\ \dot{I}_5 \\ \dot{I}_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -100j + 100 \\ -100 + 100j \\ -100j + 100j \end{pmatrix} \Rightarrow \dot{I} = \begin{pmatrix} 0,67 - 0,22j \\ 0,58 - 0,25j \\ -0,10 - 0,01j \\ -0,65 + 0,22j \\ 0,07 + 0,03j \\ 0,03 - 0,01j \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = 0,67 - 0,22j \\ \dot{I}_2 = 0,58 - 0,25j \\ \dot{I}_3 = -0,10 - 0,01j \\ \dot{I}_4 = -0,65 + 0,22j \\ \dot{I}_5 = 0,07 + 0,03j \\ \dot{I}_6 = 0,03 - 0,01j \end{cases}$$

• Найдём дополнения:

$$\begin{cases} \dot{I}_1^* = 0,67 + 0,22j \\ \dot{I}_2^* = 0,58 + 0,25j \\ \dot{I}_3^* = -0,10 + 0,01j \end{cases}$$



Выполним проверку по баланс мощностей

$$P_{\text{выходящая}} = \sum_{i=1}^3 \vec{I}_i^* \vec{E}_i = (0,67 + 0,22j) \cdot (-700j) + (0,58 + 0,2j) \cdot (-100) + (-0,10 + 0,02j) \cdot (-100j) =$$

$$= 83 - 32j$$

$$P_{\text{входящая}} = \sum_{i=1}^6 |\vec{I}_i|^2 R_i = |0,67 - 0,22j|^2 \cdot (50) + |0,58 - 0,25j|^2 \cdot (200) + |-0,10 - 0,02j|^2 \cdot (1000) +$$

$$+ |-0,65 + 0,22j|^2 \cdot (25) + |0,07 + 0,03j|^2 \cdot (400) + |0,03 - 0,01j|^2 \cdot (800) = 82,9 - 32,48j$$

$83 - 32j \approx 82,9 - 32,48j$  - баланс выполняется.

Погрешность связана с точностью представления чисел в десятичных дробях.

Ответ:

$$\begin{aligned} \vec{I}_1 &= 0,67 - 0,22j \\ \vec{I}_2 &= 0,58 - 0,25j \\ \vec{I}_3 &= -0,10 - 0,02j \\ \vec{I}_4 &= -0,65 + 0,22j \\ \vec{I}_5 &= 0,07 + 0,03j \\ \vec{I}_6 &= 0,03 - 0,01j \end{aligned}$$

## **Вывод**

Был выполнен расчет токов в ветвях схемы методом уравнений Киргофа и метода комплексных амплитуд с помощью математического пакета Wolfram Alpha. Решение проверено путём вычисления активной мощности системы.

