

# Электротехника и электроника

Лекции для студентов-заочников  
(4 часа)

Преподаватель А.О. Прокубовская

# Общие сведения

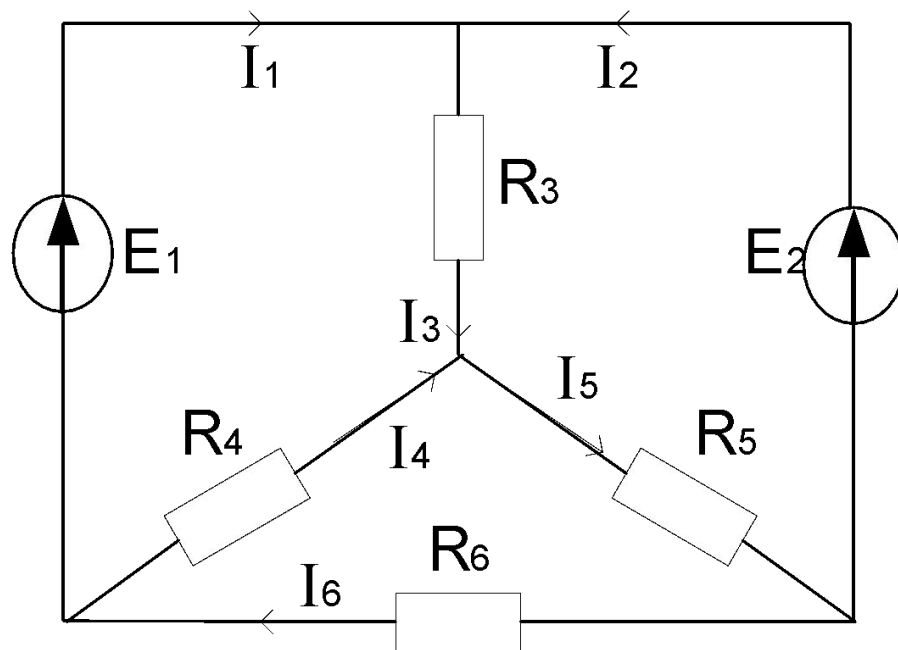
- Преподаватели:
  - Прокубовская Алла Олеговна
  - Окуловская Анастасия Георгиевна
- Электронная почта:
  - [proku-alla@yandex.ru](mailto:proku-alla@yandex.ru);
  - [proku.alla@gmail.ru](mailto:proku.alla@gmail.ru)
  - [okanastasiya@yandex.ru](mailto:okanastasiya@yandex.ru)
- телефон: (343)3384417

# Расчет цепей постоянного тока

---

Задача 1. Расчет выполняется с применением законов Кирхгофа, при предварительном преобразовании треугольника сопротивлений в звезду

# Условие задачи



*Дано:*

$$E_1 = 160 \text{ В,}$$

$$E_2 = 100 \text{ В,}$$

$$R_3 = 100 \text{ Ом,}$$

$$R_4 = 100 \text{ Ом,}$$

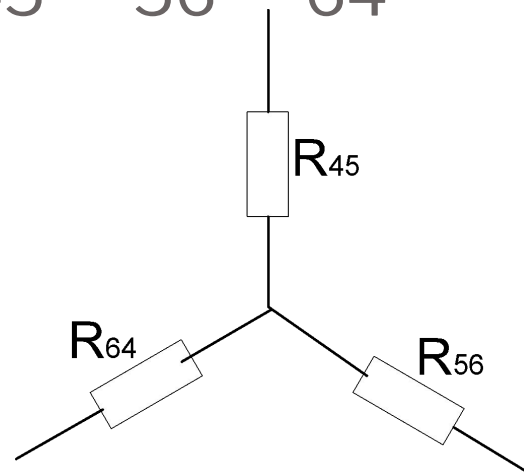
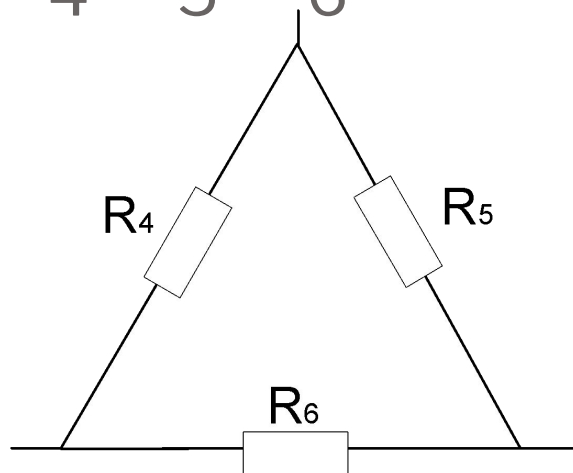
$$R_5 = 150 \text{ Ом,}$$

$$R_6 = 40 \text{ Ом}$$

Определить токи в цепи. Проверить правильность, составив баланс мощности

# 1. Преобразование треугольника

$R_4 R_5 R_6$  в звезду  $R_{45} R_{56} R_{64}$

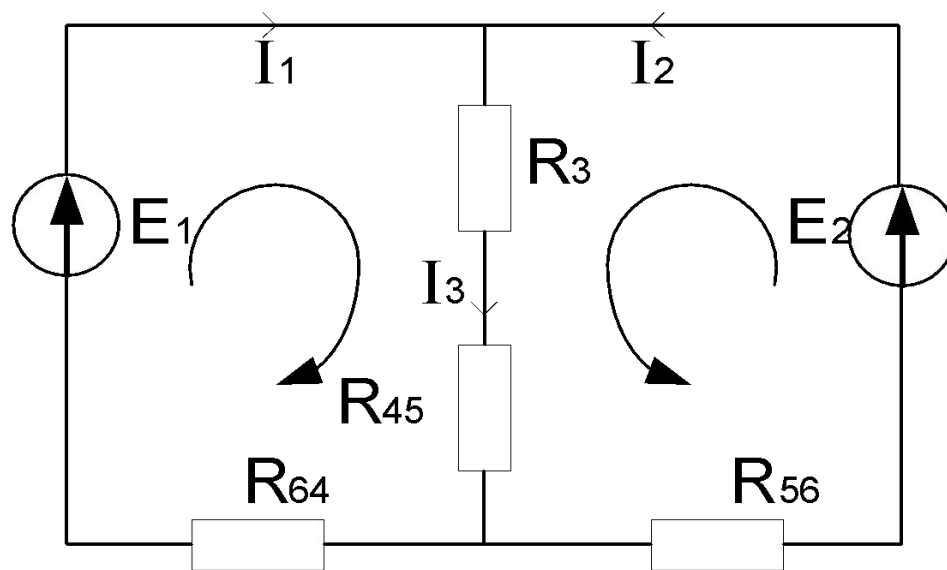


$$R_{45} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{100 \cdot 150}{100 + 150 + 40} = 51,72 \text{ Ом};$$

$$R_{56} = \frac{R_5 R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{150 \cdot 40}{100 + 150 + 40} = 20,69 \text{ Ом};$$

$$R_{46} = \frac{R_4 R_6}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{100 \cdot 40}{100 + 150 + 40} = 13,79 \text{ Ом}.$$

# Цепь после преобразования



## 2. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа

- 2 узла
- 3 ветви (3 тока)
- 2 независимых контура
- по I закону Кирхгофа – одно уравнение

$$N_{1z-n} = N_{узлов} - 1$$

- по II закону Кирхгофа – два уравнения

$$N_{2z-n} = N_{ветвей} - N_{1z-n} = N_{независ.контуров}$$

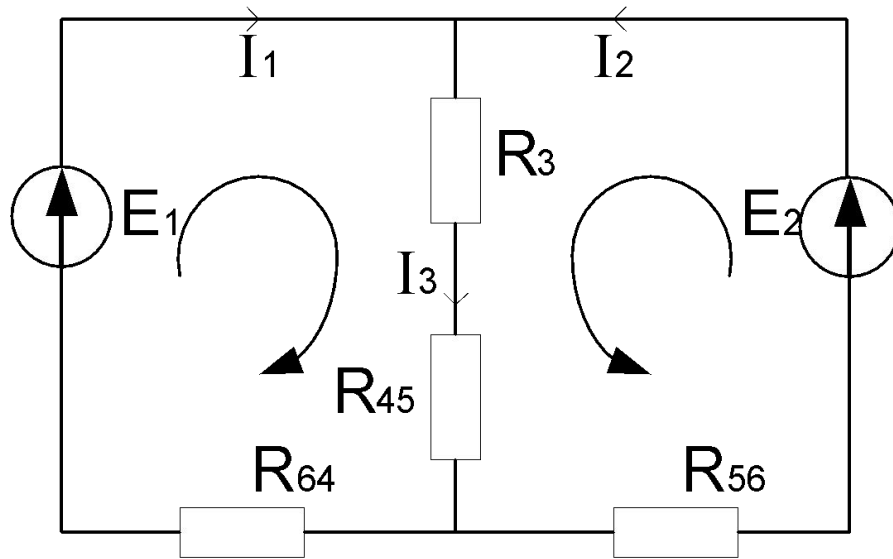
# Система уравнений по законам Кирхгофа

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ E_1 = I_1 R_{64} + I_3 (R_3 + R_{45}) \\ E_2 = I_2 R_{56} + I_3 (R_3 + R_{45}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 160 = I_1 \cdot 13,79 + I_3 \cdot (100 + 51,72) \\ 100 = I_2 \cdot 20,69 + I_3 \cdot (100 + 51,72) \end{cases}$$



# Решение системы уравнений

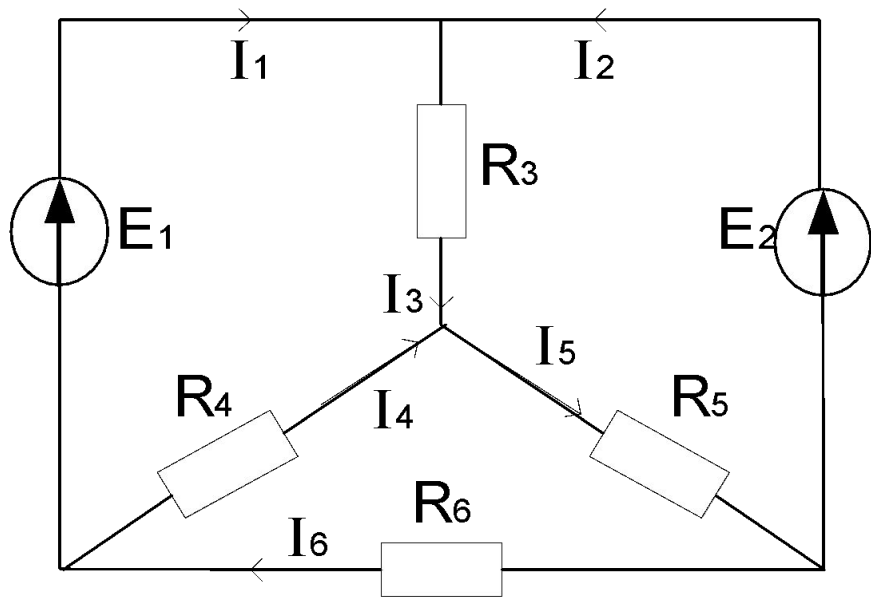


$$I_1 = 2,29 \text{ A}$$

$$I_2 = -1,44 \text{ A}$$

$$I_3 = 0,85 \text{ A}$$

# 3. Определение остальных ТОКОВ



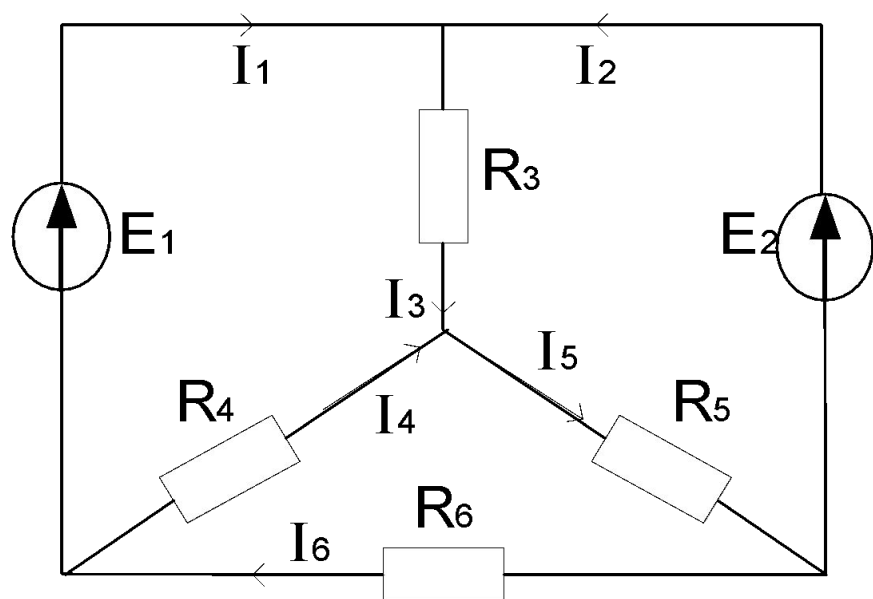
По II закону Кирхгофа

$$E_1 = I_3 R_3 - I_4 R_4$$

$$I_4 = \frac{I_3 R_3 - E_1}{R_4} =$$

$$= \frac{100 \cdot 0,85 - 160}{100} = -0,75 \text{ A}$$

# Определение остальных токов



По I закону Кирхгофа

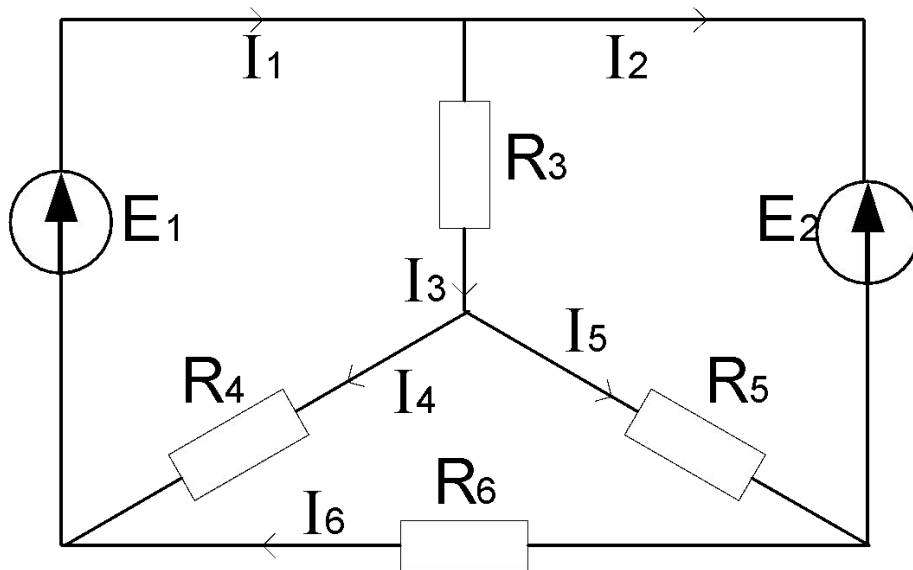
$$I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

$$I_5 = I_3 + I_4 = \\ = 0,85 + (-0,75) = 0,1 \text{ A}$$

$$I_1 + I_4 - I_6 = 0$$

$$I_6 = I_1 + I_4 = \\ = 2,29 + (-0,75) = 1,54 \text{ A}$$

# 4. Действительные направления ТОКОВ



$$I_1 = 2,29 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,44 \text{ A}$$

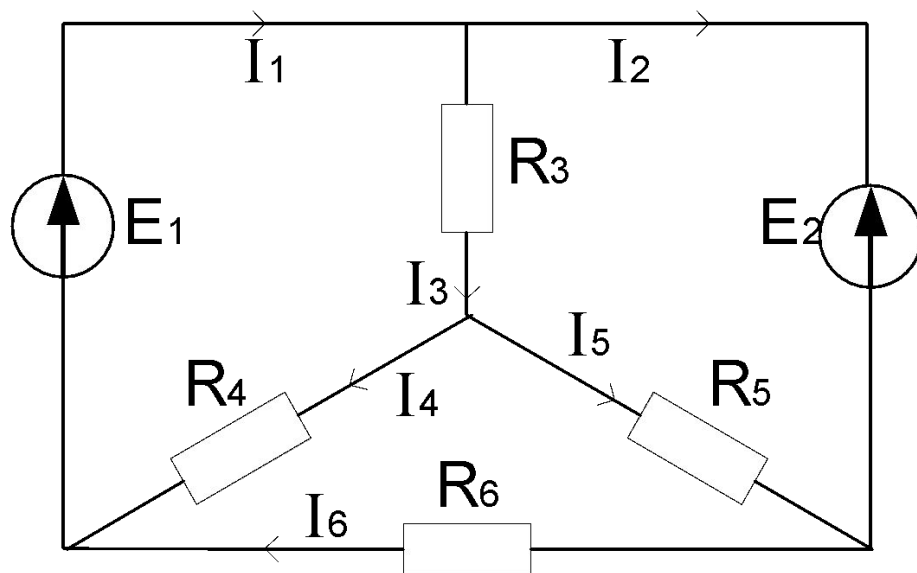
$$I_3 = 0,85 \text{ A}$$

$$I_4 = 0,75 \text{ A}$$

$$I_5 = 0,1 \text{ A}$$

$$I_6 = 1,54 \text{ A}$$

## 5. Баланс мощности



Мощность источников (ЭДС источника  $E_2$  направленно встречно току  $I_2$ )

$$\begin{aligned} E_1 I_1 - E_2 I_2 &= \\ &= 160 \cdot 2,29 - 100 \cdot 1,44 = \\ &= 222,4 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Мощность потребителей

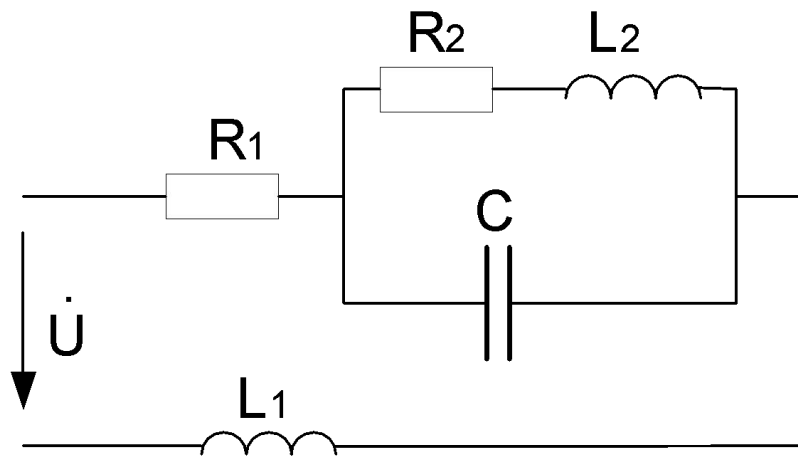
$$\begin{aligned} I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 &= \\ &= 0,85^2 \cdot 100 + 0,75^2 \cdot 100 + 0,1^2 \cdot 150 + 1,54^2 \cdot 40 = 224,86 \text{ Вт} \end{aligned}$$

# Расчет однофазных цепей синусоидального тока

---

Задача 2. Определить токи, напряжения, мощности на всех участках и во всей цепи символическим методом

# Условие задачи



Дано:

$$U=230 \text{ В}, f=50 \text{ Гц},$$
$$R_1=3 \text{ Ом}, R_2=2 \text{ Ом},$$
$$L_1=3,185 \text{ мГн},$$
$$L_2=12,75 \text{ мГн},$$
$$C=254,8 \text{ мкФ}.$$

Определить токи, напряжения, мощности на всех участках и во всей цепи

# 1. Определение индуктивных и емкостного сопротивлений цепи

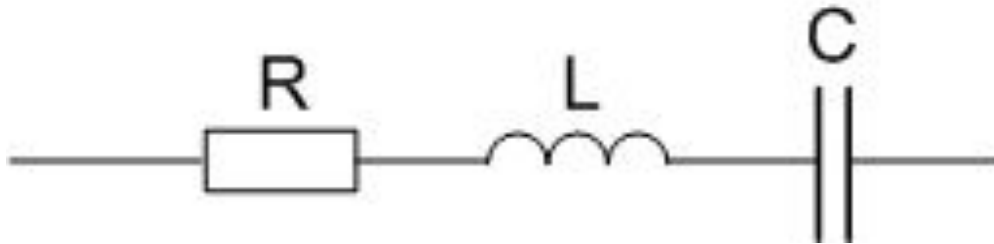
$$X_1 = 2\pi fL_1 = 2\pi \cdot 50 \cdot 3,185 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ Ом};$$

$$X_2 = 2\pi fL_2 = 2\pi \cdot 50 \cdot 12,75 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ Ом};$$

$$X_3 = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 254,8 \cdot 10^{-6}} = 12,5 \text{ Ом}.$$

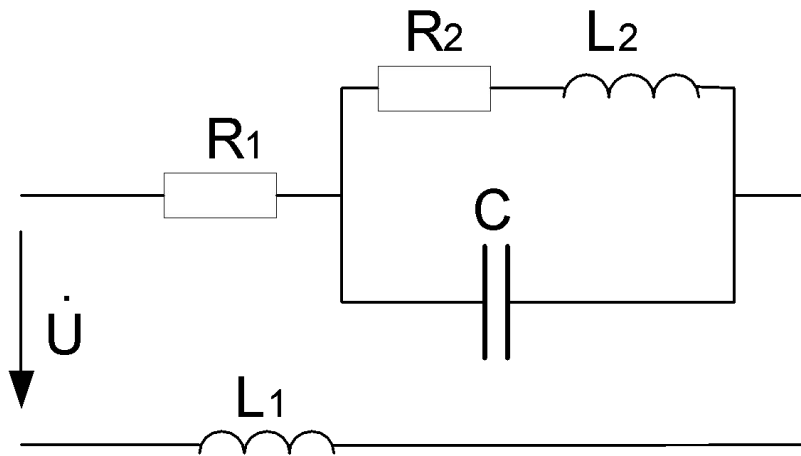


## 2. Комплексы сопротивлений участков цепи



$$\underline{Z} = R + jx_L - jx_C$$

# Комплексы сопротивлений участков цепи



$$\underline{Z}_1 = R_1 = 3 \text{ Ом}$$

$$\begin{aligned} \underline{Z}_2 &= R_2 + jX_2 = \\ &= 2 + j4 = 4,47e^{j63,4^\circ} \text{ Ом}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{Z}_3 &= -jX_3 = -j12,5 = \\ &= 12,5e^{-j90^\circ} \text{ Ом}; \end{aligned}$$

$$\underline{Z}_4 = jX_4 = j1 = e^{j90^\circ} \text{ Ом}.$$

### 3. Эквивалентное сопротивление цепи

$$\begin{aligned}\underline{Z}_{23} &= \frac{\underline{Z}_2 \cdot \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = \frac{4,47e^{j63,4^\circ} \cdot 12,5e^{-j90^\circ}}{2 + j4 - 12,5} = \\ &= 6,4e^{j50,2^\circ} = 4,1 + j4,92 \text{ Ом}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{Z} &= \underline{Z}_1 + \underline{Z}_{23} + \underline{Z}_4 = 3 + j1 + 4,10 + j4,92 = \\ &= 7,10 + j5,92 = 9,24e^{j39,8^\circ} \text{ Ом}\end{aligned}$$

## 4. Ток в неразветвленной части цепи

Пусть вектор приложенного напряжения совпадает с положительным направлением оси действительных чисел

+1

$$U_{\text{eff}} = U e^{j0^\circ} = U = 230 \text{ В}$$

+j

# Ток в неразветвленной части цепи

По закону Ома

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{230}{9,24e^{j39,8^\circ}} = 24,89e^{-j39,8^\circ} = 19,12 - j15,93 \text{ A}$$

Падение напряжения на резисторе  $R_1$

$$\begin{aligned} \underline{U}_1 &= \underline{I}_1 \cdot \underline{Z}_1 = 24,89e^{-j39,8^\circ} \cdot 3 = 74,67e^{-j39,8^\circ} = \\ &= 57,36 - j47,79 \text{ B} \end{aligned}$$

## 5. Напряжение на параллельном участке

Падение напряжения на индуктивности  $L_1$

$$\begin{aligned} U_4 &= I_1 \cdot \underline{Z}_4 = 24,89e^{-j39,8^\circ} \cdot e^{j90^\circ} = \\ &= 24,89e^{j50,2^\circ} = 15,93 + j19,12 \text{ В} \end{aligned}$$

Напряжение на параллельном участке

$$U = U_1 + U_{23} + U_4$$

$$\begin{aligned} U_{23} &= U - U_1 - U_4 = 230 - (57,36 - j47,79) - \\ &- (15,93 + j19,12) = 156,71 + j28,67 = 159,31e^{j10,4^\circ} \text{ В} \end{aligned}$$

## 6. Токи в параллельных ветвях

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_{23}}{\underline{Z}_2} = \frac{159,31e^{j10,4^\circ}}{4,47e^{j63,4^\circ}} = 35,54e^{-j53^\circ} = 21,45 - j28,46\text{A};$$

$$\underline{I}_3 = \frac{\underline{U}_{23}}{\underline{Z}_3} = \frac{159,31e^{j10,4^\circ}}{12,5e^{-j90^\circ}} = 12,74e^{j100,4^\circ} = -2,30 + j12,53\text{A}.$$

