

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

15 вариант

Дисциплина: Электротехника

Преподаватель _____ С.П. Скворцов
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Задание

Для заданной схемы:

1. Найти токи всех ветвей методом контурных токов. Токи представить в виде комплексных амплитуд и в виде действительных функций от времени.
2. Найти токи всех ветвей методом узловых потенциалов. Токи представить в виде комплексных амплитуд и в виде действительных функций от времени.
3. Сравнить результаты, полученные в п.1,2, и методом уравнений Кирхгофа в РК-1; сравнение результатов представить в виде таблицы.
4. Найти проводимость и ток эквивалентного источника тока, подключенного к отмеченному в таблице сопротивлению Z . Найти ток через отмеченное в таблице сопротивление Z , подключенное к эквивалентному источнику тока.
5. Найти сопротивление и напряжение эквивалентного источника напряжения, подключенного к отмеченному в таблице сопротивлению Z . Найти ток через отмеченное в таблице сопротивление Z , подключенное к эквивалентному источнику напряжения.
6. Сравнить ток через сопротивление Z , найденный в п.п. 4,5 с током через это сопротивление, найденное в п.п. 1, 2 и методом уравнений Кирхгофа в РК-1. Сравнение токов представить в виде таблицы.
7. Найти среднюю рассеиваемую мощность на сопротивлении эквивалентного источника напряжения и на сопротивлении Z .
8. Определить, при каком значении комплексного сопротивления нагрузки Z_n , подключенного вместо Z к эквивалентному источнику напряжения (см. п. 5), отдаваемая им в нагрузку мощность будет максимальной.
9. Построить векторную диаграмму напряжений для любого контура, в который входит отмеченное сопротивление Z , на миллиметровой бумаге.

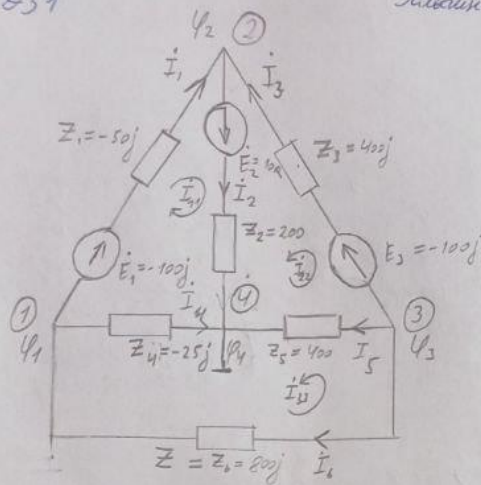
Примечание: во всех вариантах заданий использовать частоту $\omega = 2 \cdot 10^3$ рад/с.

Решение

Q31

Задача В.К. ИЧБ-33Б вариант 15.3

①



Возьмем некоторые данные из РК1:

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

Пусть есть контурные токи:

I_{11} в контуре ②-④-①

I_{22} в контуре ③-②-④

I_{33} в контуре ③-④-①

Потенциалы

φ_1 в узле ①

φ_2 в узле ②

φ_3 в узле ③

φ_4 в узле ④

1. МЕТОД КОНТУРНЫХ ТОКОВ:

По II закону Кирхгофа:

$$\begin{aligned} \text{I: } & \dot{I}_{11} Z_1 + \dot{I}_{11} Z_2 + \dot{I}_{22} Z_2 + \dot{I}_{11} Z_4 + \dot{I}_{33} Z_4 = \dot{E}_1 + \dot{E}_2 \\ \text{II: } & \dot{I}_{22} Z_2 + \dot{I}_{11} Z_2 + \dot{I}_{22} Z_5 - \dot{I}_{33} Z_5 + \dot{I}_{22} Z_3 = \dot{E}_2 + \dot{E}_3 \\ \text{III: } & \dot{I}_{33} Z_6 + \dot{I}_{33} Z_5 - \dot{I}_{22} Z_5 + \dot{I}_{33} (Z_4) + \dot{I}_{11} Z_4 = 0 \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{11} (Z_1 + Z_2 + Z_4) + \dot{I}_{22} (Z_2) + \dot{I}_{33} (Z_4) = \dot{E}_1 + \dot{E}_2 \\ \dot{I}_{11} (Z_4) + \dot{I}_{22} (Z_2 + Z_5 + Z_3) + \dot{I}_{33} (-Z_5) = \dot{E}_2 + \dot{E}_3 \\ \dot{I}_{11} (Z_4) + \dot{I}_{22} (-Z_5) + \dot{I}_{33} (Z_4 + Z_5 + Z_6) = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{11} (-50j + 200 - 25j) + \dot{I}_{22} (200) + \dot{I}_{33} (-25j) = -100j + 100 \\ \dot{I}_{11} (200) + \dot{I}_{22} (200 + 400 + 400j) + \dot{I}_{33} (-400) = 100 - 100j \\ \dot{I}_{11} (-25j) + \dot{I}_{22} (-400) + \dot{I}_{33} (-25j + 400 + 800j) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{11} (200 - 75j) + \dot{I}_{22} (200) + \dot{I}_{33} (-25j) = -100 - 100j \\ \dot{I}_{11} (200) + \dot{I}_{22} (600 + 400j) + \dot{I}_{33} (-400) = 100 - 100j \\ \dot{I}_{11} (-25j) + \dot{I}_{22} (-400) + \dot{I}_{33} (400 + 775j) = 0 \end{cases}$$

\dot{I}_{11} \dot{I}_{22} \dot{I}_{33} Вычислим контурные токи:

$$\begin{pmatrix} 200 - 75j & 200 & -25j \\ 200 & 600 + 400j & -400 \\ -25j & -400 & 400 + 775j \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -100 - 100j \\ 100 - 100j \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,65 - 0,23j \\ -0,07 - 0,02j \\ -0,01 + 0,02j \end{pmatrix}$$

Вычислим токи в ветвях:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_2 = \dot{I}_{11} + \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_3 = \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_4 = -\dot{I}_{11} - \dot{I}_{33} \\ \dot{I}_5 = -\dot{I}_{22} + \dot{I}_{33} \\ \dot{I}_6 = -\dot{I}_{33} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 0,65 - 0,23j \\ \dot{I}_2 = 0,58 - 0,25j \\ \dot{I}_3 = -0,07 - 0,02j \\ \dot{I}_4 = -0,64 + 0,27j \\ \dot{I}_5 = 0,06 + 0,04j \\ \dot{I}_6 = +0,01 - 0,02j \end{cases}$$

Представим токи в виде временных функций:

$$\text{Если } \dot{I} = a + jb, \text{ тогда } i(t) = \sqrt{a^2 + b^2} \cos(\omega t + \arctan(b/a))$$

$$\begin{cases} i_1(t) = 0,69 \cos(\omega t + \arctan(-0,33)) \\ i_2(t) = 0,63 \cos(\omega t - 0,41) \\ i_3(t) = 0,07 \cos(\omega t + 0,33) \\ i_4(t) = 0,68 \cos(\omega t - 0,30) \\ i_5(t) = 0,08 \cos(\omega t + 0,65) \\ i_6(t) = 0,02 \cos(\omega t - 1,37) \end{cases}$$

Рисунок 1 - решение

2. МЕТОД УСЛОВНЫХ ПОТОКОВ

(2)

№

$$\begin{cases} ① & -\dot{I}_1 - \dot{I}_4 + \dot{I}_6 = 0 \\ ② & \dot{I}_1 + \dot{I}_3 - \dot{I}_2 = 0 \\ ③ & \dot{I}_3 + \dot{I}_5 + \dot{I}_6 = 0 \end{cases}$$

$$\dot{G}_i = 1/Z_i$$

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = (\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 \\ \dot{I}_2 = (\varphi_2 - \varphi_4 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 \\ \dot{I}_3 = (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 \\ \dot{I}_4 = (\varphi_1 - \varphi_4) \dot{G}_4 \\ \dot{I}_5 = (\varphi_3 - \varphi_4) \dot{G}_5 \\ \dot{I}_6 = (\varphi_3 - \varphi_1) \dot{G}_6 \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{I}_1 = (\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 \\ \dot{I}_2 = (\varphi_2 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 \\ \dot{I}_3 = (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 \\ \dot{I}_4 = (\varphi_1) \dot{G}_4 \\ \dot{I}_5 = (\varphi_3) \dot{G}_5 \\ \dot{I}_6 = (\varphi_3 - \varphi_1) \dot{G}_6 \end{cases}$$

Подставим 2 в 1:

$$\begin{cases} -(\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 - (\varphi_1) \dot{G}_4 + (\varphi_3 - \varphi_1) \dot{G}_6 = 0 \\ (\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 + (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 - (\varphi_2 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 = 0 \\ (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 + (\varphi_3) \dot{G}_5 + (\varphi_3 - \varphi_1) \dot{G}_6 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -\varphi_1 \dot{G}_1 + \varphi_2 \dot{G}_2 - \dot{E}_1 \dot{G}_1 - \varphi_1 \dot{G}_4 + \varphi_3 \dot{G}_2 - \varphi_1 \dot{G}_6 = 0 \\ \varphi_1 \dot{G}_1 - \varphi_2 \dot{G}_2 + \dot{E}_1 \dot{G}_1 + \varphi_3 \dot{G}_3 - \varphi_2 \dot{G}_3 + \dot{E}_3 \dot{G}_3 - \varphi_2 \dot{G}_2 + \dot{E}_2 \dot{G}_2 = 0 \\ \varphi_3 \dot{G}_3 - \varphi_2 \dot{G}_3 + \dot{E}_3 \dot{G}_3 + \varphi_3 \dot{G}_5 + \varphi_3 \dot{G}_6 - \varphi_1 \dot{G}_6 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi_1 (-\dot{G}_1 - \dot{G}_4 - \dot{G}_6) + \varphi_2 \dot{G}_2 + \varphi_3 \dot{G}_6 = \dot{E}_1 \dot{G}_1 \\ \varphi_1 \dot{G}_1 + \varphi_2 (-\dot{G}_2 - \dot{G}_3 - \dot{G}_1) + \varphi_3 \dot{G}_3 = -\dot{E}_1 \dot{G}_1 + \dot{E}_2 \dot{G}_2 - \dot{E}_3 \dot{G}_3 \\ \varphi_1 (-\dot{G}_6) + \varphi_2 (-\dot{G}_3) + \varphi_3 (\dot{G}_3 + \dot{G}_5 + \dot{G}_6) = -\dot{E}_3 \dot{G}_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi_1 (\dot{G}_1 + \dot{G}_4 + \dot{G}_6) + \varphi_2 (-\dot{G}_2) + \varphi_3 (-\dot{G}_6) = -\dot{E}_1 \dot{G}_1 \\ \varphi_1 (-\dot{G}_1) + \varphi_2 (\dot{G}_2 + \dot{G}_3 + \dot{G}_1) + \varphi_3 (-\dot{G}_3) = \dot{E}_1 \dot{G}_1 - \dot{E}_2 \dot{G}_2 + \dot{E}_3 \dot{G}_3 \\ \varphi_1 (-\dot{G}_6) + \varphi_2 (-\dot{G}_3) + \varphi_3 (\dot{G}_3 + \dot{G}_5 + \dot{G}_6) = -\dot{E}_3 \dot{G}_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} \dot{G}_1 + \dot{G}_4 + \dot{G}_6 & -\dot{G}_2 & -\dot{G}_6 \\ -\dot{G}_1 & \dot{G}_2 + \dot{G}_3 + \dot{G}_1 & -\dot{G}_3 \\ -\dot{G}_6 & -\dot{G}_3 & \dot{G}_3 + \dot{G}_5 + \dot{G}_6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\dot{E}_1 \dot{G}_1 \\ \dot{E}_1 \dot{G}_1 - \dot{E}_2 \dot{G}_2 + \dot{E}_3 \dot{G}_3 \\ -\dot{E}_3 \dot{G}_3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 + 16j \\ 16 - 51j \\ 26 + 20j \end{pmatrix} \quad (X)$$

Подставим (X) в 2:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = (5 + 16j - (16 - 51j) - 100j) \cdot \frac{1}{-50j} \\ \dot{I}_2 = ((16 - 51j) + 100) \cdot \frac{1}{200} \\ \dot{I}_3 = (26 + 20j - (16 - 51j) - 100j) \cdot \frac{1}{400j} \\ \dot{I}_4 = (5 + 16j) \cdot \frac{1}{-25j} \\ \dot{I}_5 = (26 + 20j) \cdot \frac{1}{400} \\ \dot{I}_6 = (26 + 20j - 5 + 16j) \cdot \frac{1}{800j} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = 0,65 - 0,23j \\ \dot{I}_2 = 0,58 - 0,25j \\ \dot{I}_3 = -0,07 - 0,02j \\ \dot{I}_4 = -0,64 + 0,20j \\ \dot{I}_5 = 0,06 + 0,05j \\ \dot{I}_6 = 0,01 - 0,02j \end{cases}$$

3. Сравним результаты из п.1, п.2 и РК1:

(3)

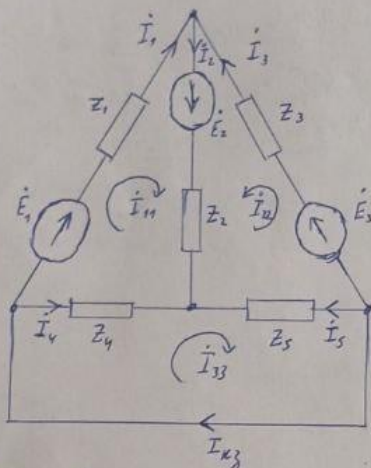
	РК-1	П. 1	П. 2
\dot{I}_1	$0,65 - 0,23j$	$0,65 - 0,23j$	$0,65 - 0,23j$
\dot{I}_2	$0,58 - 0,25j$	$0,58 - 0,25j$	$0,58 - 0,25j$
\dot{I}_3	$-0,07 - 0,02j$	$-0,07 - 0,02j$	$-0,07 - 0,02j$
\dot{I}_4	$-0,65 + 0,20j$	$-0,64 + 0,21j$	$-0,64 + 0,20j$
\dot{I}_5	$0,06 + j0,03$	$0,06 + 0,04j$	$0,06 + 0,05j$
\dot{I}_6	$+0,01 + 0,02j$	$+0,01 + 0,02j$	$+0,01 - 0,02$

Расхождение незначительно,
обусловлено точностью расчетов.

4. Найдем ток эквивалентного источника тока, подключенного к Z_6 и проводимость.

Найдем I_{K3} , заменив резистор на перемычку.

МЕТОД КОНТУРНЫХ ТОКОВ:



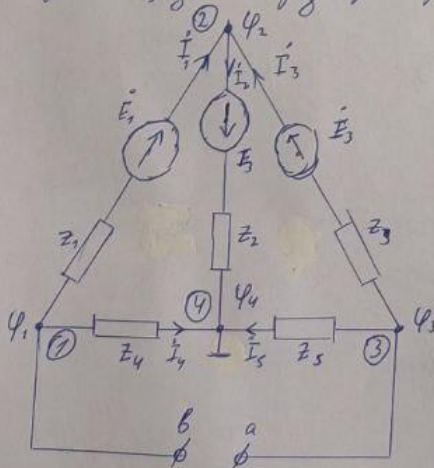
$$\begin{cases} \dot{I}_{11}(Z_1 + Z_2 + Z_4) + \dot{I}_{22}Z_2 - \dot{I}_{33}Z_4 = \dot{E}_1 + \dot{E}_2 \\ \dot{I}_{22}(Z_3 + Z_2 + Z_5) + \dot{I}_{11}Z_2 + \dot{I}_{33}Z_5 = \dot{E}_2 + \dot{E}_3 \\ \dot{I}_{33}(Z_4 + Z_5) - \dot{I}_{11}Z_4 + \dot{I}_{22}Z_5 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 + Z_4 & Z_2 & -Z_4 \\ Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_5 & Z_5 \\ -Z_4 & Z_5 & Z_4 + Z_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 + \dot{E}_2 \\ \dot{E}_2 + \dot{E}_3 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_{22} \\ \dot{I}_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,68 - 0,28j \\ -0,08 + 0,03j \\ 0,07 - 0,02j \end{pmatrix}; \quad \dot{I}_{K3} = \dot{I}_{33} = 0,07 - 0,02j$$

Найдем U_{K3} , заменив резистор на разрыв.

МЕТОД ЧИЗЛОВЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ:



$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_4 = 0 \\ \dot{I}_1 - \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0 \\ \dot{I}_3 + \dot{I}_5 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = (\varphi_1 - \varphi_2) \dot{G}_1 \\ \dot{I}_2 = (\varphi_2 - \varphi_4 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 \\ \dot{I}_3 = (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 \\ \dot{I}_4 = (\varphi_1 - \varphi_4) \dot{G}_4 \\ \dot{I}_5 = (\varphi_3 - \varphi_4) \dot{G}_5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1 = (\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 \\ \dot{I}_2 = (\varphi_2 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 \\ \dot{I}_3 = (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 \\ \dot{I}_4 = (\varphi_1) \dot{G}_4 \\ \dot{I}_5 = (\varphi_3) \dot{G}_5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 + (\varphi_2 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 + (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 = 0 \\ (\varphi_1 - \varphi_2 + \dot{E}_1) \dot{G}_1 - (\varphi_2 + \dot{E}_2) \dot{G}_2 + (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 = 0 \\ (\varphi_3 - \varphi_2 + \dot{E}_3) \dot{G}_3 + \varphi_3 \dot{G}_5 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi_1(\dot{G}_1 + \dot{G}_4) + \varphi_2(-\dot{G}_1) = -\dot{E}_1 \dot{G}_1 \\ \varphi_1(\dot{G}_1) + \varphi_2(-\dot{G}_1 - \dot{G}_2 - \dot{G}_3) + \varphi_3(\dot{G}_3) = -\dot{E}_1 \dot{G}_1 + \dot{E}_2 \dot{G}_2 - \dot{E}_3 \dot{G}_3 \\ \varphi_1(0) + \varphi_2(-\dot{G}_3) + \varphi_3(\dot{G}_3 + \dot{G}_5) = -\dot{E}_3 \dot{G}_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} \dot{G}_1 + \dot{G}_4 & -\dot{G}_1 & 0 \\ -\dot{G}_1 & \dot{G}_1 + \dot{G}_2 + \dot{G}_3 - \dot{G}_3 & \dot{G}_3 \\ 0 & -\dot{G}_3 & \dot{G}_3 + \dot{G}_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\dot{E}_1 \dot{G}_1 \\ \dot{E}_1 \dot{G}_1 - \dot{E}_2 \dot{G}_2 + \dot{E}_3 \dot{G}_3 \\ -\dot{E}_3 \dot{G}_3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - 53 + 31j \\ -45 - 54j \\ 0,3 + 45j \end{pmatrix}$$

$$\dot{U}_{xx} = U_3 - U_1 = -0,3 + 45j + 53 - 37j = 52,7 + 14j$$

$$\dot{J}_3 = \dot{I}_{k3} = 0,07 - 0,07j$$

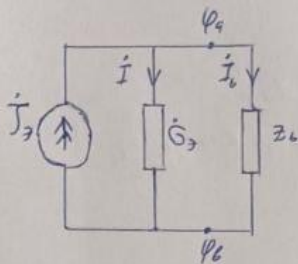
$$\dot{E}_3 = \dot{U}_{xx} = 52,7 + 14j$$

По т. оверзук т. Нортон и т. Тевенина

$$\dot{J}_3 = \frac{\dot{E}_3}{Z_3} \Rightarrow Z_3 = \frac{\dot{E}_3}{\dot{J}_3} = \frac{\dot{U}_{xx}}{\dot{I}_{k3}} \Rightarrow Z_3 = \frac{52,7 + 14j}{0,07 - 0,07j} = 276 + 476j \Rightarrow G_3 = \frac{1}{Z_3} = \frac{1}{276 + 476j} = 0,001 - 0,0015j$$

$$\boxed{\begin{aligned} J_3 &= 0,07 - 0,07j \\ G_3 &= 0,001 - 0,0015j \end{aligned}}$$

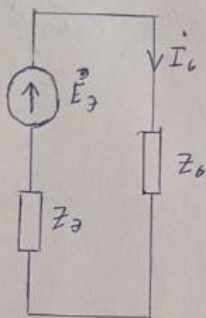
По т. Нортон



$$\begin{aligned} \dot{I}_3 Z_3 - \dot{I}_6 Z_6 &= 0 \\ \dot{I} + \dot{I}_6 &= \dot{J}_3 \Rightarrow \dot{I} = \dot{J}_3 - \dot{I}_6 \end{aligned} \Rightarrow (\dot{J}_3 - \dot{I}_6) Z_3 - \dot{I}_6 Z_6 = 0 \Rightarrow -\dot{I}_6 (Z_3 + Z_6) = -\dot{J}_3 Z_3 \Rightarrow \dot{I}_6 = \frac{\dot{J}_3 Z_3}{Z_3 + Z_6} = \frac{(0,07 - 0,07j) \cdot (276 + 476j)}{(276 + 476j) + (800j)} = 0,02 - 0,03j$$

5. Найдём сопротивление и напряжение эквивалентного источника напряжения, подключенного к Z_6 .

По т. Тевенина:



$$\dot{I}_6 = \frac{\dot{E}_3}{Z_3 + Z_6} = \frac{52,7 + 14j}{(276 + 476j) + (800j)} = 0,02 - 0,03j$$

$$\boxed{\begin{aligned} \dot{E}_3 &= 52,7 + 14j \\ Z_3 &= 276 + 476j \end{aligned}}$$

6. Сравним ток через Z_6 , найденный в п.п. 4, 5, с током, найденным в п.п. 1, 2 и РК-1.

	Z_6
П.1	$0,01 - 0,02j$
П.2	$0,01 - 0,02j$
П.4	$0,02 - 0,03j$
П.5	$0,02 - 0,03j$
РК1	$0,01 - 0,03j$

значения незначительно расходятся, это обусловлено неточностью в ~~расчете~~ округлениях.

(5)

7. Найдем среднюю рассеиваемую мощность на сопротивлении эквивалентного источника напряжения и на сопротивлении Z .

$$P_{ср Z_3} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ \dot{I}_6 \dot{I}_6^* Z_3 \} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ (0,02 - 0,03j) \cdot (0,02 + 0,03j) \cdot (276 + 476j) \} = 0,1794$$

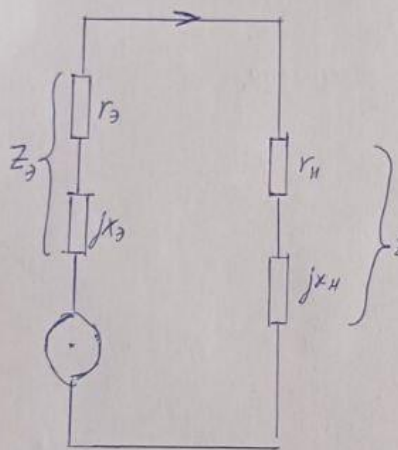
$$\dot{I}_6^* = 0,02 + 0,03j$$

$$P_{ср Z_6} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ \dot{I}_6 \dot{I}_6^* Z_6 \} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ (0,02 - 0,03j) (0,02 + 0,03j) \cdot (800j) \} = 0 - \text{средняя мощность на сопротивлении } Z_6$$

$$P_{ср E_3} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ \dot{I}_6^* E_3 \} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ (0,02 + 0,03j) \cdot (52,7 + 14j) \} = 0,2170$$

Баланс мощности выполняется \Rightarrow расчет верен.

8. Определим, при каком значении комплексного сопротивления нагрузки Z_H , подключенного вместо Z к эквивалентному источнику напряжений, отдаваемая им в нагрузку мощность будет максимальной.



$$P_{ср} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \{ \dot{U} \dot{I}^* \} ; \dot{I} = \frac{\dot{E}_3}{Z_3 + Z_H} ; \dot{I}^* = \frac{\dot{E}_3^*}{(Z_3 + Z_H)^*}$$

$$P_{ср} = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left\{ \frac{\dot{E}_3}{(Z_3 + Z_H)} \cdot Z_H \cdot \frac{\dot{E}_3^*}{(Z_3 + Z_H)^*} \right\} = \frac{|\dot{E}_3|^2}{2} \operatorname{Re} \left\{ \frac{r_H + jx_H}{(r_H + r_3)^2 + (x_H + x_3)^2} \right\} =$$

$$Z_H = \left. \begin{array}{l} \text{скомпенсируем} \\ \text{реактивные} \\ \text{нагрузки} \\ x_H = -x_3 \end{array} \right\} = \frac{|\dot{E}_3|^2}{2} \operatorname{Re} \left\{ \frac{r_H}{(r_H + r_3)^2} \right\}$$

$$\max \left(\frac{r_H}{(r_H + r_3)^2} \right) \rightarrow r_H = r_3.$$

Тогда $Z_H = 276 - 476j$ - значение для максимальной мощности.

$$P_{\max} = \frac{(52,7^2 + 14^2)}{2} \cdot \frac{1}{4r_H} = \frac{(52,7^2 + 14^2)}{8 \cdot 276} = 1,384 - \text{максимальная мощность}$$

9. Построим векторную диаграмму напряжений для контура (1)-(3)-(4), который содержит Z_6 . По 3-му закону Кирхгофа: $-\dot{I}_5 Z_5 + \dot{I}_6 Z_6 + \dot{I}_4 Z_4 = 0$

$$\text{Найдем значения: } \dot{I}_5 Z_5 = (0,06 + 0,04j) \cdot (1400) = 24 + 20j$$

$$\dot{I}_4 Z_4 = (-0,14 + 0,27j) \cdot (-25j) = 4 + 16j$$

$$\dot{I}_6 Z_6 = (0,01 - 0,02j) \cdot (800j) = 20 + 4j$$

Последовательно отложим векторы $\dot{I}_4 Z_4$, $-\dot{I}_5 Z_5$, $\dot{I}_6 Z_6$ на миллиметровой бумаге

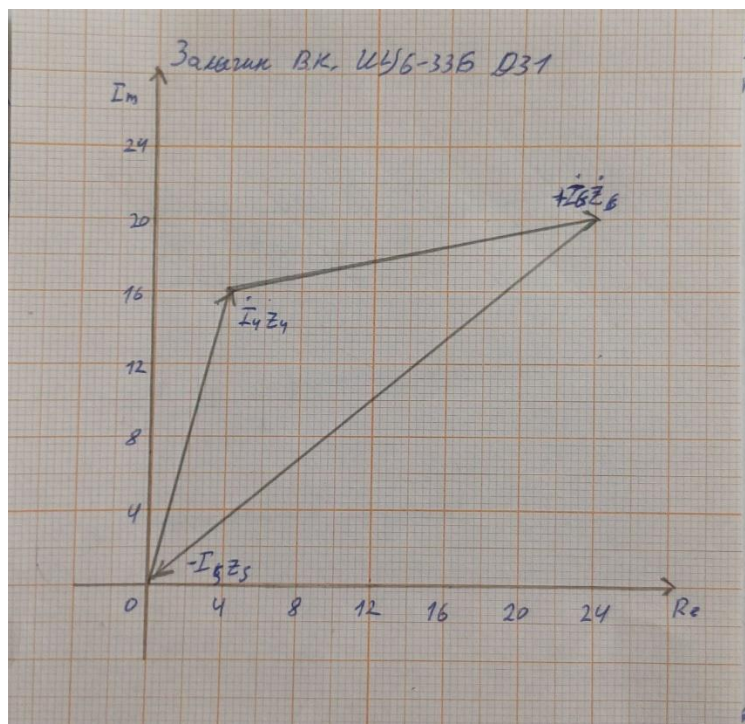


Рисунок 6 - диаграмма для пункта 9

Вывод

В рамках домашнего задания был выполнен расчет токов в цепи методом контурных токов, методов узловых потенциалов, выполнено сравнение полученных результатов между собой и результатами РК1. Для резистора z_6 были найдены проводимость и ток эквивалентного источника тока, сопротивление и напряжение эквивалентного источника напряжения, выполнено сравнение токов сопротивления z_6 , найденных в п.п.1,2,4,5 и РК1.

Найденные значения токов на ветвях:

$$I_1 = 0.65 - 0.23j$$

$$I_2 = 0.58 - 0.25j$$

$$I_3 = -0.07 - 0.02j$$

$$I_4 = -0.64 + 0.21j$$

$$I_5 = 0.06 + 0.04j$$

$$I_6 = 0.01 - 0.02j$$

Напряжение, сила тока, сопротивление, проводимость эквивалентные на z_6 :

$$I_3 = 0.07 - 0.07j$$

$$U_3 = 52.7 + 14j$$

$$z_3 = 276 + 476j$$

$$G_3 = 0.001 - 0.0015j$$

Средняя рассеиваемая мощность на сопротивлении эквивалентного источника напряжения и на z_6 :

$$P_{cpz_3} = 0.1794$$

$$P_{cpz_6} = 0.2170$$

Максимальная мощность при данном напряжении:

$$P_{max} = 1.34$$