

Учреждение образования  
Белорусский Государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
Кафедра теоретических основ электротехники

Типовой расчет по курсу: «Теория электрических цепей»  
Шифр студента № 650503-25

Проверил:  
Батюков С. В.

Выполнил:  
Ст. гр. № 650503  
Юревич А. С.

Минск 2017

## 1. Исходные данные

Таблица 1.1

Исходные данные для решения задачи

Номер ветви	Начало- Конец	Сопротивления, Ом	Источники	
			ЭДС, В	Ток, А
1	31	530	0	0
2	12	370	0	0
3	25	930	800	0
4	54	590	900	5
5	46	560	0	0
6	63	750	0	0
7	23	780	0	7
8	14	260	0	0

Схема, заданная по условию:

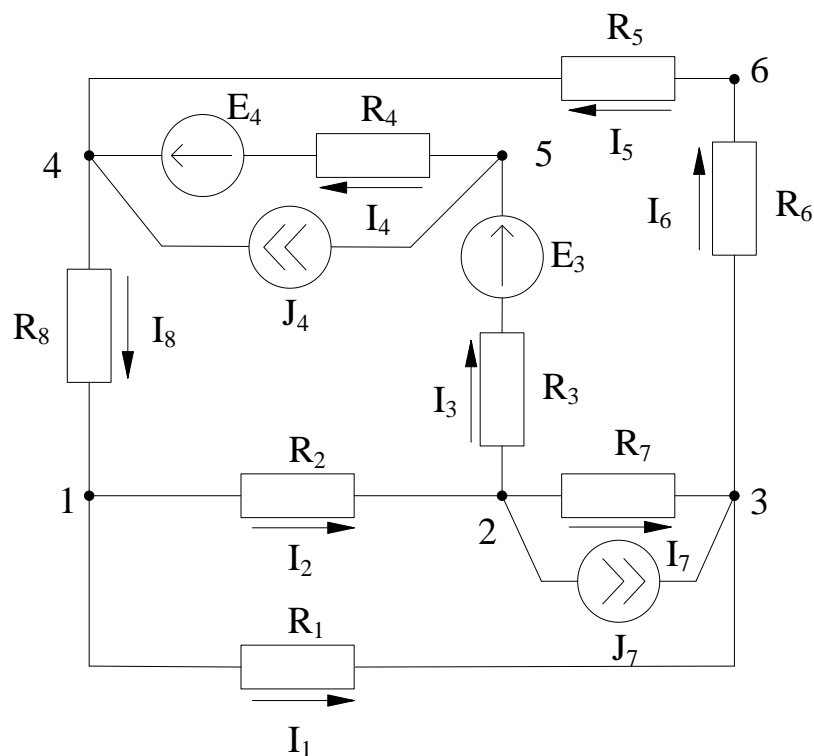


Рисунок 1.1

## 2. Преобразование схемы к двухконтурной

Преобразуем схему к двухконтурной. Для этого преобразуем все источники тока в источники напряжения:

$$E_{07} = J_7 \cdot R_7 = 7 \cdot 780 = 5460 \text{ В};$$

$$E_{04} = J_4 \cdot R_4 = 5 \cdot 590 = 2950 \text{ В}.$$

Объединим последовательно включенные сопротивления и источники ЭДС:

$$R_{56} = R_5 + R_6 = 560 + 750 = 1310 \text{ Ом};$$

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 930 + 590 = 1520 \text{ Ом};$$

$$E_{34} = E_3 + E_4 + E_{04} = 800 + 900 + 2950 = 4650 \text{ В.}$$

Полученная схема:

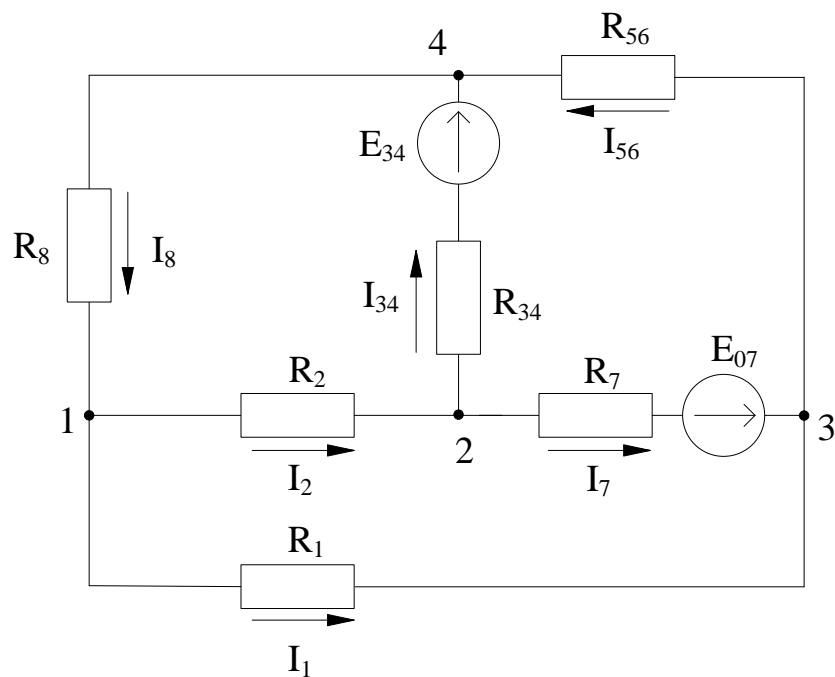


Рисунок 1.2

Чтобы сделать треугольник 1-2-3 пассивным, преобразуем источник напряжения  $E_{07}$  в источник тока (рис. 1.3):

$$J_{07} = \frac{E_{07}}{R_7} = \frac{5460}{780} = 7 \text{ А.}$$

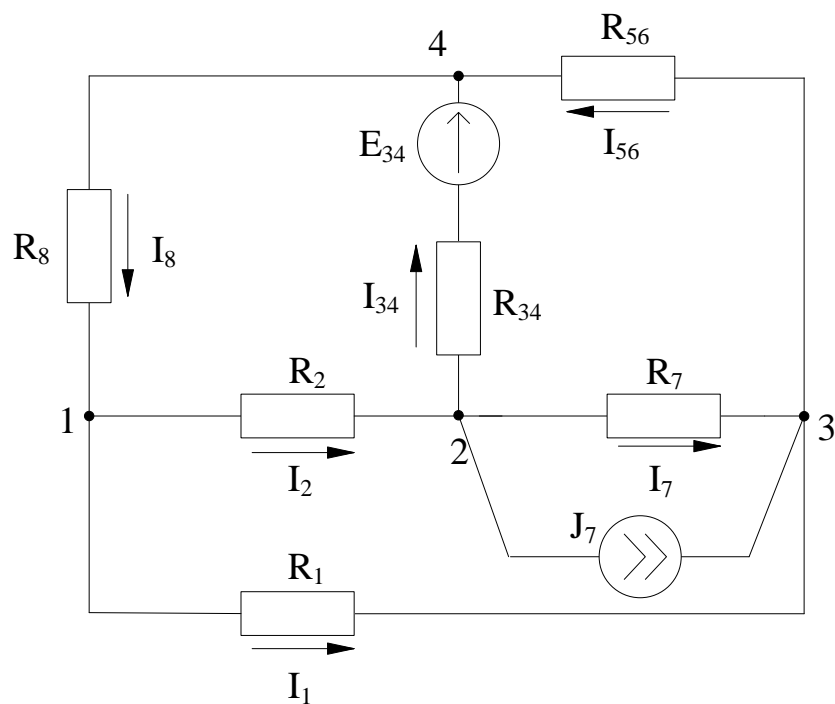


Рисунок 1.3

Пассивный треугольник 1-2-3 преобразуем в пассивную звезду (рис. 1.4).

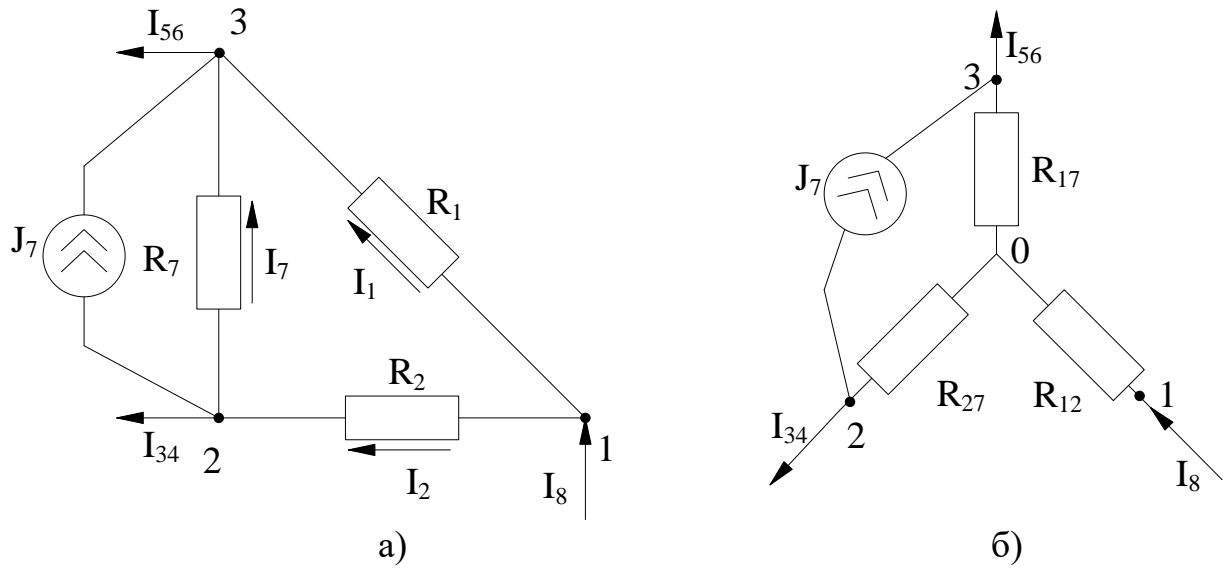


Рисунок 1.4 а – пассивный треугольник, б – пассивная звезда

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_7} = \frac{530 \cdot 370}{530 + 370 + 780} = 116,726 \text{ Ом};$$

$$R_{17} = \frac{R_1 \cdot R_7}{R_1 + R_2 + R_7} = \frac{530 \cdot 780}{530 + 370 + 780} = 246,071 \text{ Ом};$$

$$R_{27} = \frac{R_2 \cdot R_7}{R_1 + R_2 + R_7} = \frac{370 \cdot 780}{530 + 370 + 780} = 171,786 \text{ Ом}.$$

Источник тока  $J_7$  преобразуем в источники напряжения  $E_{17}$  и  $E_{27}$ :

$$E_{17} = J_7 \cdot R_{17} = 7 \cdot 246,071 = 1722,5 \text{ В};$$

$$E_{27} = J_7 \cdot R_{27} = 7 \cdot 171,786 = 1202,5 \text{ В}.$$

В результате схема примет вид:

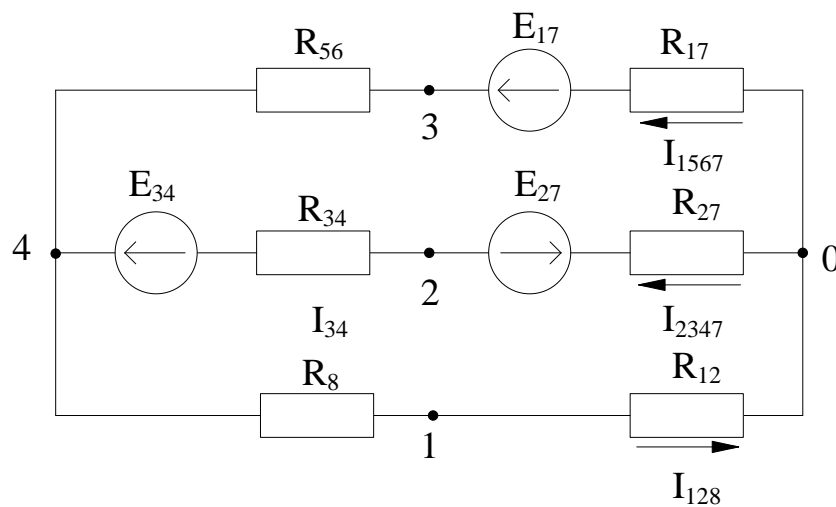


Рисунок 1.5

Для упрощения схемы объединим сопротивления и источники ЭДС:

$$R_{1567} = R_{56} + R_{17} = 1310 + 246,071 = 1556,071 \text{ Ом};$$

$$R_{2347} = R_{27} + R_{34} = 1440 + 171,786 = 1691,786 \text{ Ом};$$

$$R_{128} = R_{12} + R_8 = 116,726 + 260 = 376,726 \text{ Ом};$$

$$E_{2347} = E_{34} - E_{27} = 4650 - 1202,5 = 3477,5 \text{ В}.$$

Схема примет вид:

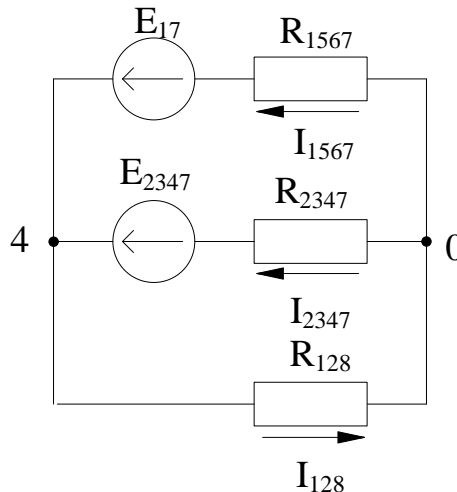


Рисунок 1.6

### 3. Расчет схемы, используя метод двух узлов

Необходимо использовать частный случай метода узловых потенциалов – метод двух узлов. Для определения  $U_{04}$  нужно составить одно уравнение:

$$U_{04} \left( \frac{1}{R_{128}} + \frac{1}{R_{2347}} + \frac{1}{R_{1567}} \right) = - \frac{E_{17}}{R_{1567}} - \frac{E_{2347}}{R_{2347}}.$$

Отсюда  $U_{04} = -808,794 \text{ В}.$

Определим токи в схеме на основании первого и второго законов Кирхгофа:

$$U_{04} = -I_{128} \cdot R_{128}; I_{128} = \frac{-U_{04}}{R_{128}} = \frac{808,794}{376,726} = 2,147 \text{ А};$$

$$U_{04} = -E_{2347} + I_{2347} \cdot R_{2347}; I_{2347} = \frac{E_{2347} + U_{04}}{R_{2347}} = \frac{3477,5 - 808,794}{1691,786} = 1,56 \text{ А};$$

$$U_{04} = -E_{17} + I_{1567} \cdot R_{1567}; I_{1567} = \frac{E_{17} + U_{04}}{R_{1567}} = \frac{1722,5 - 808,794}{1556,071} = 0,587 \text{ А}.$$

По рисунку 1.5 определим напряжения между узлами 1, 2, 3:

$$U_{13} = I_{128} \cdot R_{12} + I_{1567} \cdot R_{17} - E_{17} = 2,147 \cdot 116,726 + 0,587 \cdot 246,071 - 1722,5 = -1327,41 \text{ В};$$

$$U_{12} = I_{128} \cdot R_{12} + I_{2347} \cdot R_{27} + E_{27} = 2,147 \cdot 116,726 + 1,56 \cdot 171,786 + 1202,5 = 1721,037 \text{ В};$$

$$U_{23} = U_{12} - U_{13} = -1327,41 - 1721,037 = -3048,447 \text{ В}.$$

#### 4. Нахождение токов

Определим токи  $I_1, I_2, I_7$ :

$$I_1 = \frac{U_{13}}{R_1} = \frac{-1327,41}{530} = -2,505 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{U_{12}}{R_2} = \frac{1721}{370} = 4,651 \text{ A};$$

$$I_7 = J_7 - \frac{U_{23} + E_{07}}{R_7} = 7 - \frac{-3048,447 + 5460}{780} = -3,908 \text{ A}.$$

Для определения токов  $I_3, I_4, I_5, I_6$  и  $I_8$  составим уравнения по первому закону Кирхгофа для узлов 1, 2, 3 и 4:

$$1: I_8 = I_1 + I_2 = -2,505 + 4,651 = 2,147 \text{ A};$$

$$2: I_3 = I_2 + I_7 - J_7 = -3,908 + 4,651 - 7 = 1,56 \text{ A};$$

$$3: I_5 = I_6 = I_7 + I_1 + J_7 = -3,908 + (-2,505) + 7 = 0,587 \text{ A};$$

$$4: I_4 = I_3 - J_4 = 1,56 - 4 = -3,44 \text{ A}.$$

#### 5. Расчет напряжения

Найдем напряжение

$$U_{01} = I_5 \cdot R_5 + I_8 \cdot R_8 = 0,587 \cdot 560 + 2,147 \cdot 260 = 887,02 \text{ В}.$$

#### 6. Баланс мощностей

$$P_{\text{ист}} = J_4 \cdot (E_4 - R_4 \cdot I_4) + J_7 \cdot U_{23} + E_3 \cdot I_3 + E_4 \cdot I_4 = 5 \cdot (900 - 590 \cdot (-3,44)) + 7 \cdot (-3048,447) + 800 \cdot 1,56 + 900 \cdot (-3,44) = 34139,483 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{пр}} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6 + I_7^2 \cdot R_7 + I_8^2 \cdot R_8 = (-2,505)^2 \cdot 530 + 4,651^2 \cdot 370 + 1,56^2 \cdot 930 + (-3,44)^2 \cdot 590 + 0,587^2 \cdot 560 + 0,587^2 \cdot 750 + (-3,908)^2 \cdot 780 + 2,147^2 \cdot 260 = 34139,483 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{пр}}, \text{ следовательно баланс соблюдается.}$$

Определение тока в ветви с сопротивлением методом эквивалентного генератора напряжения:

а) Определим напряжение эквивалентного генератора напряжения, для чего исключим сопротивление  $R_5$  из исходной схемы (рис 1.7):

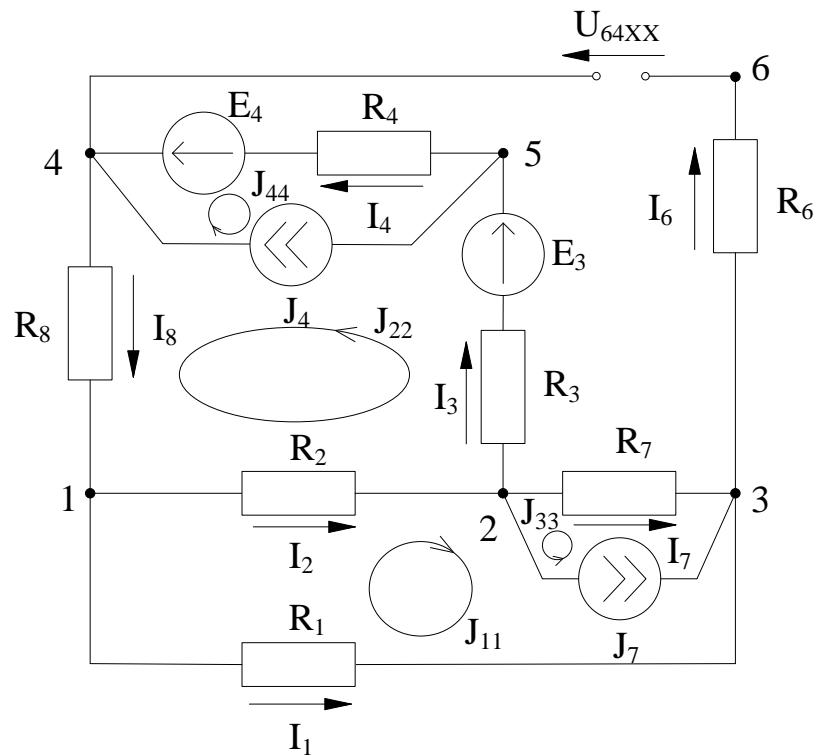


Рис 1.7

Методом контурных токов определим токи в ветвях схемы. Уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} J_{22} \cdot (R_3 + R_4 + R_8 + R_2) - J_{44} \cdot R_4 + J_{11} \cdot R_2 = E_3 + E_4, \\ J_{11} \cdot (R_1 + R_2 + R_7) + J_{22} \cdot R_2 - J_{33} \cdot R_7 = 0. \end{cases}$$

В этих уравнениях контурные токи  $J_{33}$  и  $J_{44}$  равны токам источников тока. После подстановки численных значений получается система уравнений:

$$\begin{cases} J_{22} \cdot 2150 + J_{11} \cdot 370 = 4650, \\ J_{11} \cdot 1680 + J_{22} \cdot 370 = 5460. \end{cases}$$

отсюда

$$J_{11} = 2,883 \text{ A}, \quad J_{22} = 1,667 \text{ A}.$$

Токи в ветвях схемы (см. рис. 1.7):

$$I_7 = J_{11} - J_{33} \text{ A},$$

$$I_3 = J_{22} \text{ A},$$

$$I_4 = J_{22} - J_{44} \text{ A}.$$

Значение этих токов дают возможность определить напряжение  $U_{64xx}$ :

$$\begin{aligned} U_{64xx} &= -E_3 - E_4 - I_7 \cdot R_7 + I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4 = \\ &= -800 - 900 + 4159,74 + 2681,18 - 1249,03 = 1095,1 \text{ В}. \end{aligned}$$

Закоротив источники ЭДС и разомкнув ветви с источниками тока, находим эквивалентное сопротивление схемы относительно зажимов 6-4 (рис. 1.8):

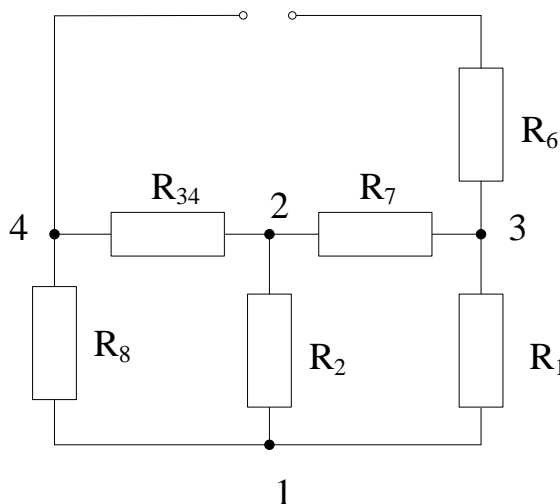


рис. 1.8

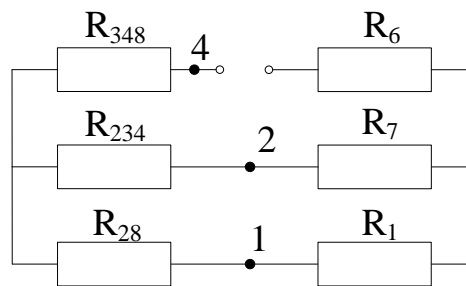


рис. 1.9

Эквивалентное сопротивление генератора  $R_{\Gamma}$  можно определить преобразовав треугольник сопротивлений  $R_{34}$ ,  $R_8$ ,  $R_2$  в эквивалентную звезду  $R_{348}$ ,  $R_{28}$ ,  $R_{234}$  (рис. 1.9) по формулам:

$$R_{28} = \frac{R_2 \cdot R_8}{R_2 + R_8 + R_{34}} = \frac{370 \cdot 260}{370 + 260 + 1520} = 44,744 \text{ Ом};$$

$$R_{348} = \frac{R_{34} \cdot R_8}{R_2 + R_8 + R_{34}} = \frac{1520 \cdot 260}{370 + 260 + 1520} = 183,814 \text{ Ом};$$

$$R_{234} = \frac{R_2 \cdot R_{34}}{R_2 + R_8 + R_{34}} = \frac{370 \cdot 1520}{370 + 260 + 1520} = 261,581 \text{ Ом};$$

$$R_{\Gamma} = \frac{(R_{234} + R_7) \cdot (R_{28} + R_1)}{R_{234} + R_7 + R_{28} + R_1} + R_{348} = 554,187 \text{ Ом}.$$

б) ток в искомой ветви схемы (см. рис. 1.1) определяется по формуле:

$$I_5 = \frac{U_{64xx}}{(R_{\Gamma} + R_5 + R_6)} = \frac{1095,1}{554,187 + 560 + 750} = 0,587 \text{ А}.$$

Ответ:

$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_7$	$I_8$	$U_{61}$	$U_{64xx}$	$R_{\Gamma}$	$P$
-2,505	4,651	1,56	-3,44	0,587	0,587	-3,908	2,147	887,02	1091,1	554,187	34139,483

Построим потенциальную диаграмму для контура 2-1-4-5-2.

За базисный узел примем узел 2.

Определим потенциалы точек:

$$\varphi_1 = \varphi_2 - I_2 \cdot R_2 = -(4,651 \cdot 370) = -1721,037 \text{ В};$$

$$\varphi_4 = \varphi_1 - I_8 \cdot R_8 = -1721,037 - (2,147 \cdot 260) = -2279,232 \text{ В};$$

$$\varphi_5 = \varphi_4 + E_4 - I_4 \cdot R_4 = -2279,232 + 900 - 3,44 \cdot 590 = 650,368 \text{ В};$$

$$\varphi_2 = \varphi_5 + E_3 - I_3 \cdot R_3 = 650,368 + 800 - 1,56 \cdot 930 = 0 \text{ В}.$$



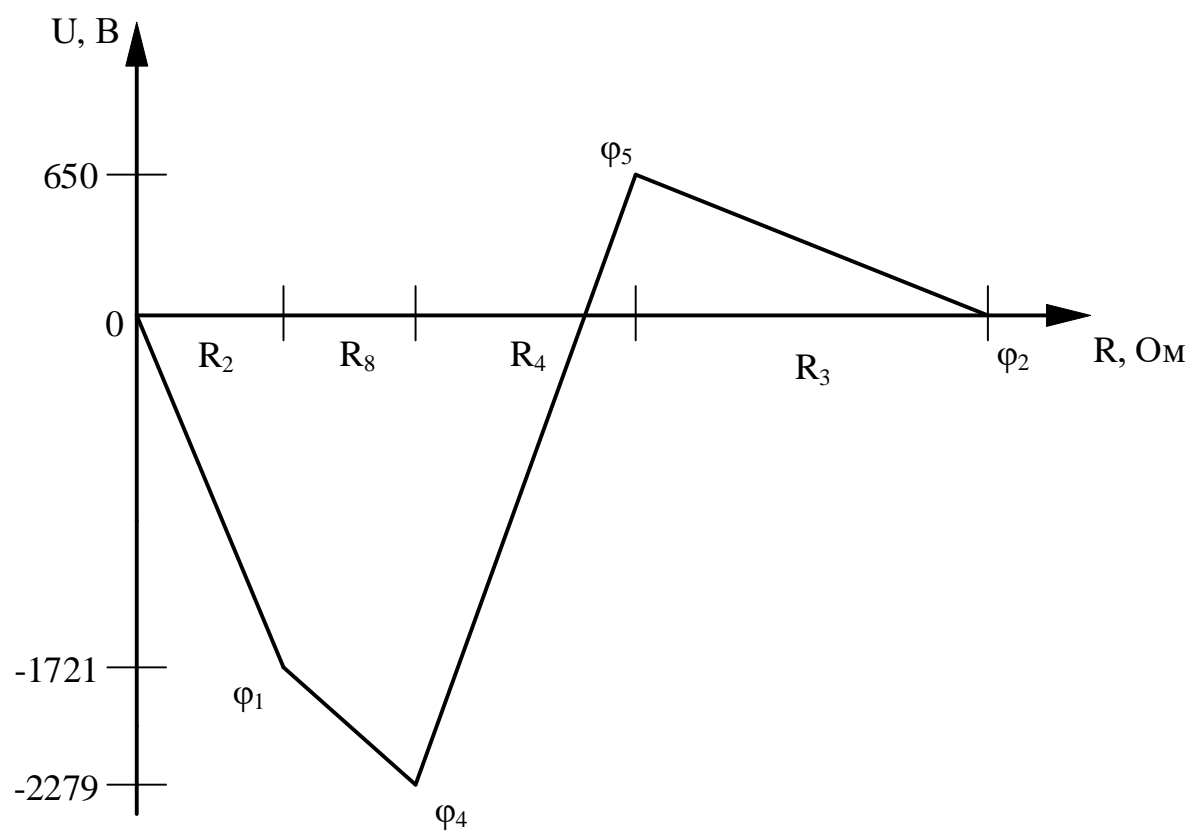


Рисунок 1.10