

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ  
ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова  
Департамент компьютерной инженерии

**Отчет по результатам домашней работы №1**

**Электротехника, электроника и метрология.**

**Вариант №23**

Подготовил:

Хасанов Мурат Булатович, БИВ201

Проверил:

Рябов Никита Иванович

Москва, 2022

## Оглавление

Условие .....	3
Задание 1. Написать по законам Кирхгофа систему уравнений для определения неизвестных токов и напряжений в ветвях схемы.....	4
Задание 2. Определить неизвестные токи и напряжения в ветвях схемы, решив полученную систему уравнений.....	5
Задание 3. Составить баланс мощностей для исходной схемы.....	7
Задание 4. Определить напряжение, измеряемое вольтметрами. ....	7
Задание 5. Рассчитать режим схемы с помощью SPICE .....	8

Условие

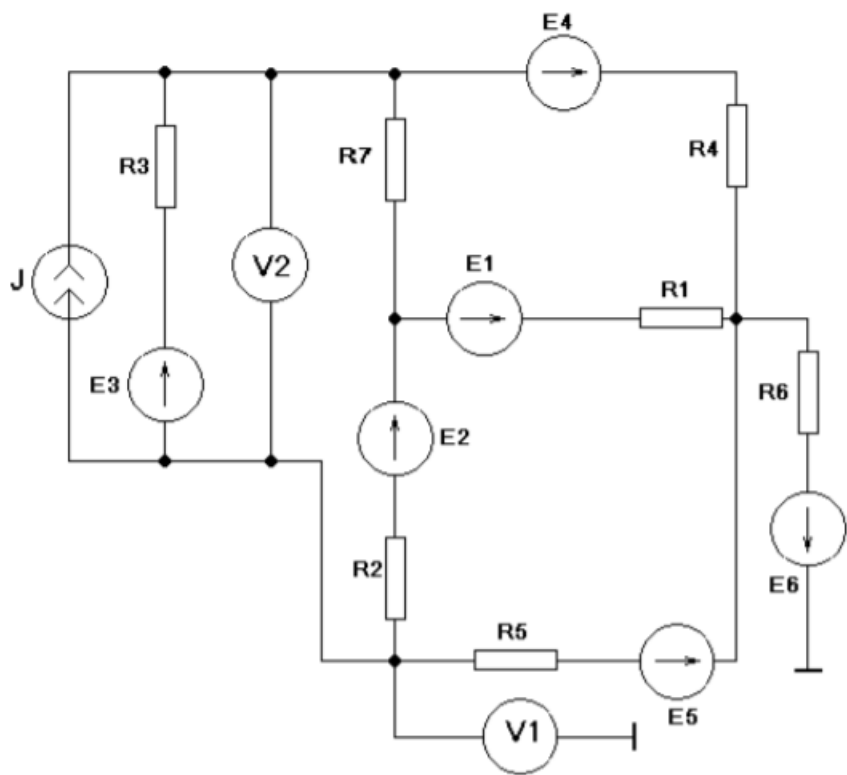


Рисунок 1. Исследуемая схема.

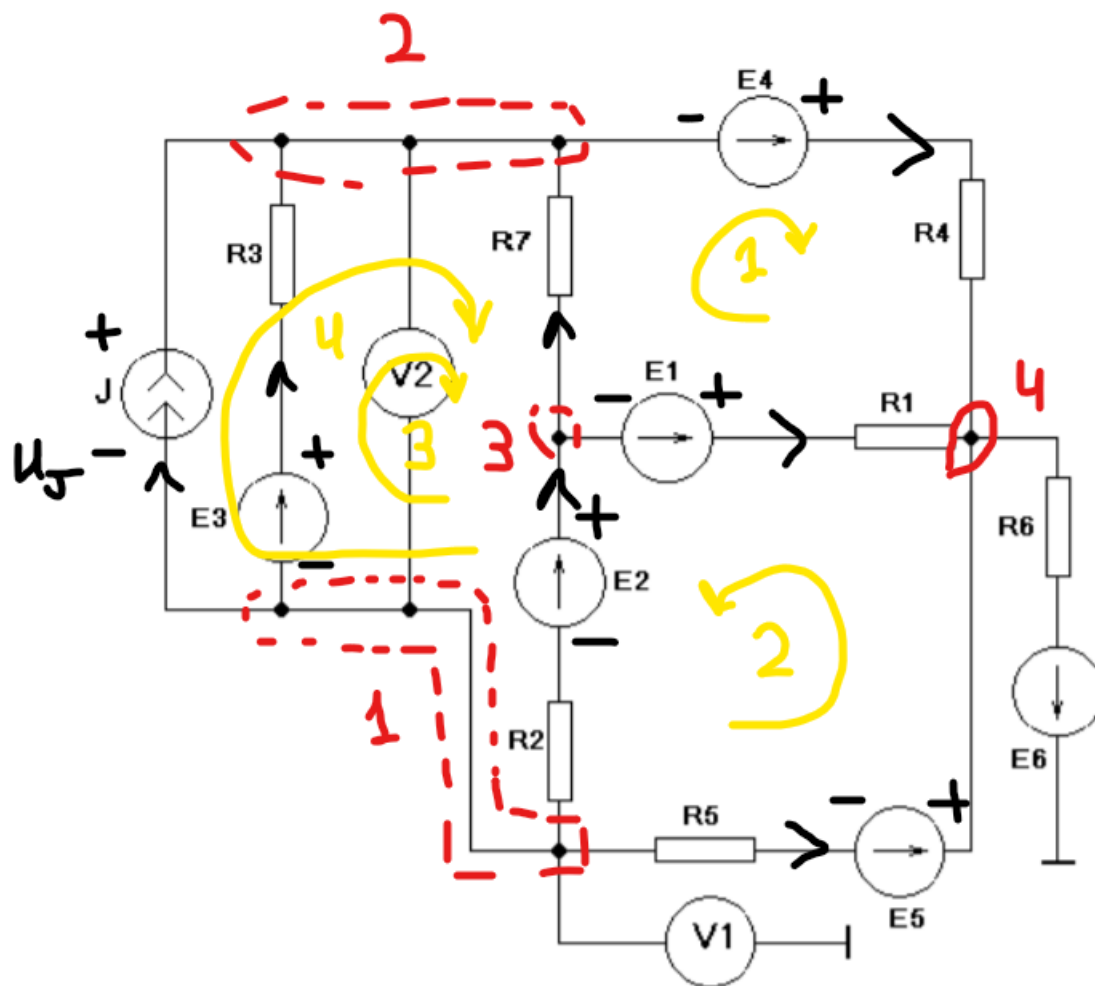
вариант 23

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	J, A
Ом								В						1
8	5	4	6	6	7	2	3	20	50	30	40	50	30	

Рисунок 2. Таблица с данными

Задание 1. Написать по законам Кирхгофа систему уравнений для определения неизвестных токов и напряжений в ветвях схемы.

В исходной схеме укажем направления обходов токов и выберем направления обхода для второго закона Кирхгофа.



Заметим, что на 6 ветви ток течь не будет, так как она заземлена, а значит  $I_6 = 0$ . Итого получается 7 веток.

В данной цепи 4 узла, а значит нужно составить  $4-1=3$  уравнения по ЗТК и  $7-4+1=4$  уравнения по ЗНК. Уравнения законов токов Кирхгофа составим для узлов 1,2 и 3, а уравнения напряжений Кирхгофа для контуров 1,2,3 и 4.

Получим системы:

ЗТК:

1.  $-J - I_3 - I_2 - I_5 = 0$
2.  $J + I_3 - I_4 + I_7 = 0$
3.  $-I_7 - I_1 + I_2 = 0$

ЗНК:

1.  $I_7 R_7 + I_4 R_4 - I_1 R_1 = E_4 - E_1$
2.  $-I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_5 R_5 = -E_1 - E_2 + E_5$
3.  $I_3 R_3 - I_7 R_7 - I_2 R_2 = E_3 - E_2$
4.  $-I_7 R_7 - I_2 R_2 = +U_J - E_2$

Задание 2. Определить неизвестные токи и напряжения в ветвях схемы, решив полученную систему уравнений.

Подставим значения в уравнения

<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>
<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>
<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>
<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>
<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>
<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>
<input type="text"/>	$x_1$	+	<input type="text"/>	$x_2$	+	<input type="text"/>	$x_3$	+	<input type="text"/>	$x_4$	+	<input type="text"/>	$x_5$	+	<input type="text"/>	$x_6$	+	<input type="text"/>	$x_7$	=	<input type="text"/>

ячейки
Очистить
+
-

Исследовать на совместность

Решить методом Крамера

Решить методом обратной матрицы

$$\circ x_1 = \Delta_1 / \Delta = \frac{528}{-2004} = \frac{-44}{167}$$

$$\circ x_2 = \Delta_2 / \Delta = \frac{-4224}{-2004} = \frac{352}{167}$$

$$\circ x_3 = \Delta_3 / \Delta = \frac{2364}{-2004} = \frac{-197}{167}$$

$$\circ x_4 = \Delta_4 / \Delta = \frac{-4392}{-2004} = \frac{366}{167}$$

$$\circ x_5 = \Delta_5 / \Delta = \frac{3864}{-2004} = \frac{-322}{167}$$

$$\circ x_6 = \Delta_6 / \Delta = \frac{-69576}{-2004} = \frac{5798}{167}$$

$$\circ x_7 = \Delta_7 / \Delta = \frac{-4752}{-2004} = \frac{396}{167}$$

Ответ:

$$x_1 = \frac{-44}{167}$$

$$x_2 = \frac{352}{167}$$

$$x_3 = \frac{-197}{167}$$

$$x_4 = \frac{366}{167}$$

$$x_5 = \frac{-322}{167}$$

$$x_6 = \frac{5798}{167}$$

$$x_7 = \frac{396}{167}$$

Подробности решения по ссылке:

<https://doza.pro/art/math/matrix/slur#solve-using-Gaussian-elimination%28%7B%7B0,-1,-1,0,-1,0,0,1%7D,%7B0,0,1,-1,0,0,1,-1%7D,%7B-1,1,0,0,0,0,-1,0%7D,%7B-8,0,0,6,0,0,2,20%7D,%7B-8,-5,0,0,6,0,0,-20%7D,%7B0,-5,4,0,0,0,-2,-20%7D,%7B0,-5,0,0,0,-1,-2,-50%7D%7D%29>

Решим систему уравнений. Получаем следующие значения: ( $x_6$  в системе соответствует  $U_j$ . Для всех остальных  $x_1 = I_1$ ,  $x_2 = I_2$  и т.д.)

$$I_1 = -0.263$$

$$I_2 = 2.107$$

$$I_3 = -1.179$$

$$I_4 = 2.191$$

$$I_5 = -1.928$$

$$I_7 = 2.371$$

$$U_j = 34.718$$

Задание 3. Составить баланс мощностей для исходной схемы.

$$P_{\Pi} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_7^2 R_7 = -0.263^2 * 8 + 2.107^2 * 5 + -1.179^2 * 4 + 2.191^2 * 6 + -1.928^2 * 6 + 2.371^2 * 2$$

$$P_{\Pi} \approx 90.660 \text{ Вт}$$

$$P_A = I_1 E_1 + I_2 E_2 + I_3 E_3 + I_4 E_4 + I_5 E_5 + J U_j = -0.263 * 20 + 2.107 * 50 - 1.179 * 30 + 2.191 * 40 - 1.928 * 50 + 1 * 34.718$$

$$P_A \approx 90.678 \text{ Вт}$$

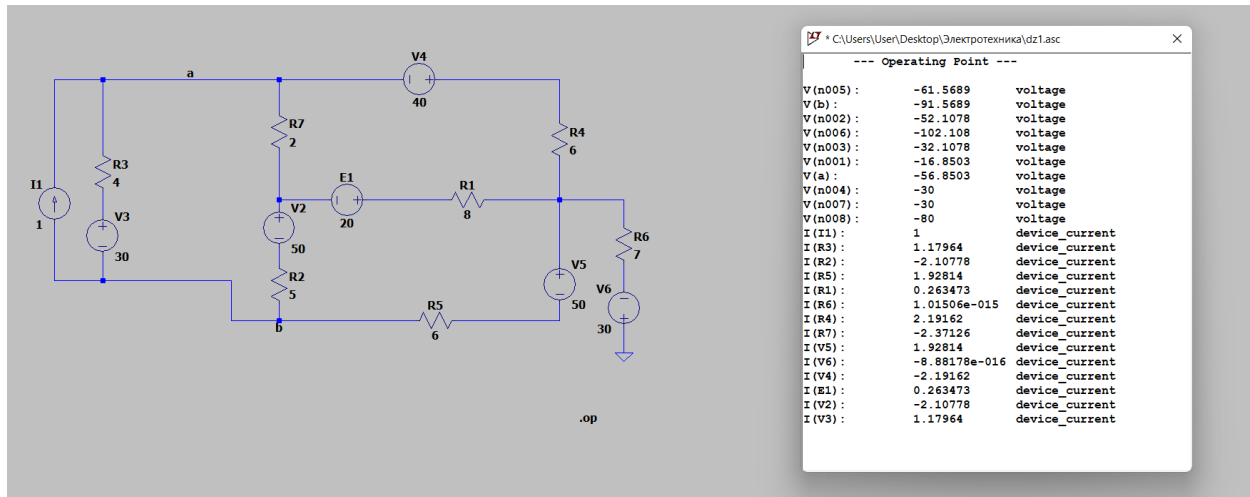
Погрешность в балансе мощностей невелика, поэтому расчеты произведены правильно.

Задание 4. Определить напряжение, измеряемое вольтметрами.

$$V_1 = -E_6 - E_5 + I_5 R_5 = -91.568$$

$$V_2 = E_3 - I_3 R_3 = 34.716$$

## Задание 5. Рассчитать режим схемы с помощью SPICE



Показания вольтметра V1 это значение  $V(b) = -91.5689$ , показания вольтметра V2 это значение  $V(a)-V(b) = -56.8503+91.5689=34.7186$ . Расчёты находятся в пределах погрешности.

**Результаты работы программы совпадают с расчётами, выполненными вручную. Подсчёты выполнены верно.**