

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

**“Национальный исследовательский университет “Высшая школа
экономики”**

**Московский институт электроники и математики им. А. Н. Тихонова НИУ
ВШЭ**

Департамент компьютерной инженерии

Курс: Электротехника

Домашнее задание №1

Студент: Маркова Эвелина Сергеевна

Группа: БИВ201

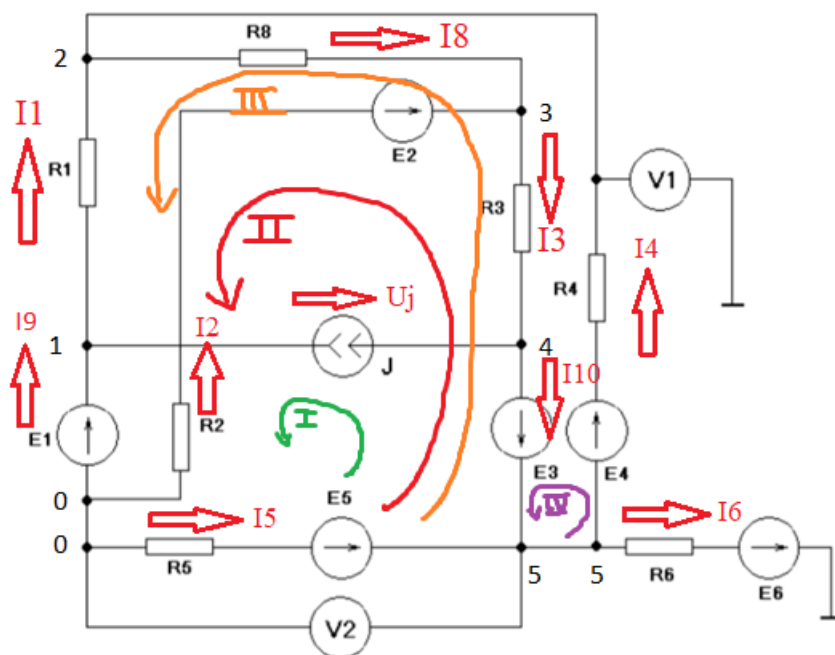
Вариант: №15

Преподаватель: Рябов Н. И.

МОСКВА 2022

Задание:

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



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

6 узлов, 9 ветвей \Rightarrow по 1 закону Кирхгофа $6 - 1 = 5$ уравнений, по 2 закону Кирхгофа $9 - 6 + 1 = 4$ уравнения

Получим систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 : I_9 - I_1 + J = 0 \\ 2 : I_1 - I_8 + I_4 = 0 \\ 3 : I_8 + I_2 - I_3 = 0 \\ 4 : I_3 - J - I_{10} = 0 \\ 5 : I_{10} - I_4 + I_5 = 0 \\ I : I_5 R_5 = -E_3 + U_J - E_1 + E_5 \\ II : I_5 R_5 - I_3 R_3 - I_2 R_2 = E_5 - E_3 - E_2 \\ III : I_5 R_5 - I_3 R_3 - I_8 R_8 - I_1 R_1 = E_5 - E_3 - E_1 \\ IV : I_4 R_4 + I_8 R_8 + I_3 R_3 = E_4 + E_3 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 : I_9 - I_1 + 1 = 0 \\ 2 : I_1 - I_8 + I_4 = 0 \\ 3 : I_8 + I_2 - I_3 = 0 \\ 4 : I_3 - 1 - I_{10} = 0 \\ 5 : I_{10} - I_4 + I_5 = 0 \\ I : 6I_5 = -30 + U_J - 20 + 50 \\ II : 6I_5 - 4I_3 - 5I_2 = 50 - 30 - 50 \\ III : 6I_5 - 4I_3 - 3I_8 - 8I_1 = 50 - 30 - 20 \\ IV : 6I_4 + 3I_8 + 4I_3 = 40 + 30 \end{array} \right.$$

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

Решение системы уравнений:

$i_9 - i_1 + 1 = 0$
$i_1 - i_8 + i_4 = 0$
$i_8 + i_2 - i_3 = 0$
$i_3 - i_{10} = 0$
$i_{10} - i_4 + i_5 = 0$
$6 \cdot i_5 = -30 + u - 20 + 50$
$6 \cdot i_5 - 4 \cdot i_3 - 5 \cdot i_2 = 50 - 30 - 50$
$6 \cdot i_5 - 4 \cdot i_3 - 3 \cdot i_8 - 8 \cdot i_1 = 50 - 30 - 20$
$6 \cdot i_4 + 3 \cdot i_8 + 4 \cdot i_3 = 40 + 30$

$i_{11} = -3.129597197898424$
 $i_{101} = 4.901926444833625$
 $i_{21} = 2.833625218914186$
 $i_{31} = 5.901926444833625$
 $i_{41} = 6.197898423817863$
 $i_{51} = 1.295971978984238$
 $i_{81} = 3.06830122591944$
 $i_{91} = -4.129597197898424$
 $u_1 = 7.775831873905429$

Перепишем:

$$I_1 = -3.129 \text{ A}$$

$$I_2 = 2.834 \text{ A}$$

$$I_3 = 5.902 \text{ A}$$

$$I_4 = 6.198 \text{ A}$$

$$I_5 = 1.296 \text{ A}$$

$$I_8 = 3.068 \text{ A}$$

$$I_{10} = 4.902 \text{ A}$$

$$U_J = 7.776 \text{ V}$$

3. Составить баланс мощностей для исходной схемы.

$$P_{\Pi} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_8^2 R_8 = (-3.129)^2 * 8 + 2.834^2 * 5 + 5.902^2 * 4 + 6.198^2 * 6 + 1.296^2 * 6 + 3.068^2 * 3 = 526.6 \text{ Вт}$$

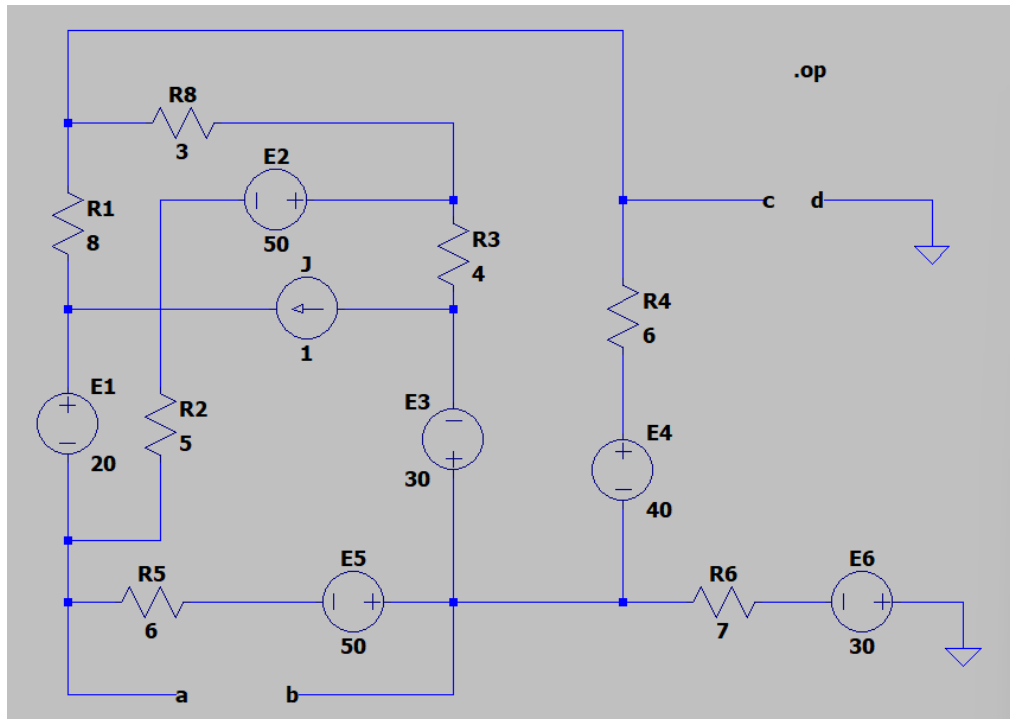
$$P_A = E_1 I_9 + E_2 I_2 + E_3 I_{10} + E_4 I_4 + E_5 I_5 + U_J J = -20 * 4.129 + 50 * 2.834 + 30 * 4.902 + 40 * 6.198 + 50 * 1.296 + 7.776 * 1 = 526.6 \text{ Вт}$$

4. Определить напряжение, измеряемое вольтметрами.

$$V_2 = E_5 - I_5 R_5 = 50 - 1.296 * 6 = 42.224 \text{ В}$$

$$V_1 = E_4 - I_4 R_4 + E_6 = 40 - 30 - 6.1979 * 6 = -27.1874 \text{ В}$$

5. Рассчитать режим схемы с помощью программы SPICE.



```
* C:\Users\level\Documents\LTspiceXVII\Draft2.asc

--- Operating Point ---

V(n001) :      -36.3923      voltage
V(c) :        -27.1874      voltage
V(n003) :      -52.2242      voltage
V(a) :        -72.2242      voltage
V(n006) :       -80         voltage
V(b) :        -30          voltage
V(n004) :       -60         voltage
V(n002) :      -86.3923      voltage
V(n005) :       10          voltage
V(n007) :      -30          voltage
I(J) :         1            device_current
I(R6) :      8.12049e-015     device_current
I(R4) :       -6.1979        device_current
I(R3) :       5.90193        device_current
I(R2) :      -2.83363        device_current
I(R5) :      -1.29597        device_current
I(R1) :       3.1296         device_current
I(R8) :      -3.0683         device_current
I(E6) :      7.99361e-015     device_current
I(E4) :       -6.1979        device_current
I(E2) :      -2.83363        device_current
I(E3) :      -4.90193        device_current
I(E5) :      -1.29597        device_current
I(E1) :       4.1296         device_current
```

Показание вольтметра V2 – это $V(b) - V(a)$, т.е. 42,2242. Показание вольтметра V1 – это $V(c) = -27,1874$