

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

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

Москаленко Ярослав Александрович, группа БИВ201

**ДОМАШНЯЯ РАБОТА 1**

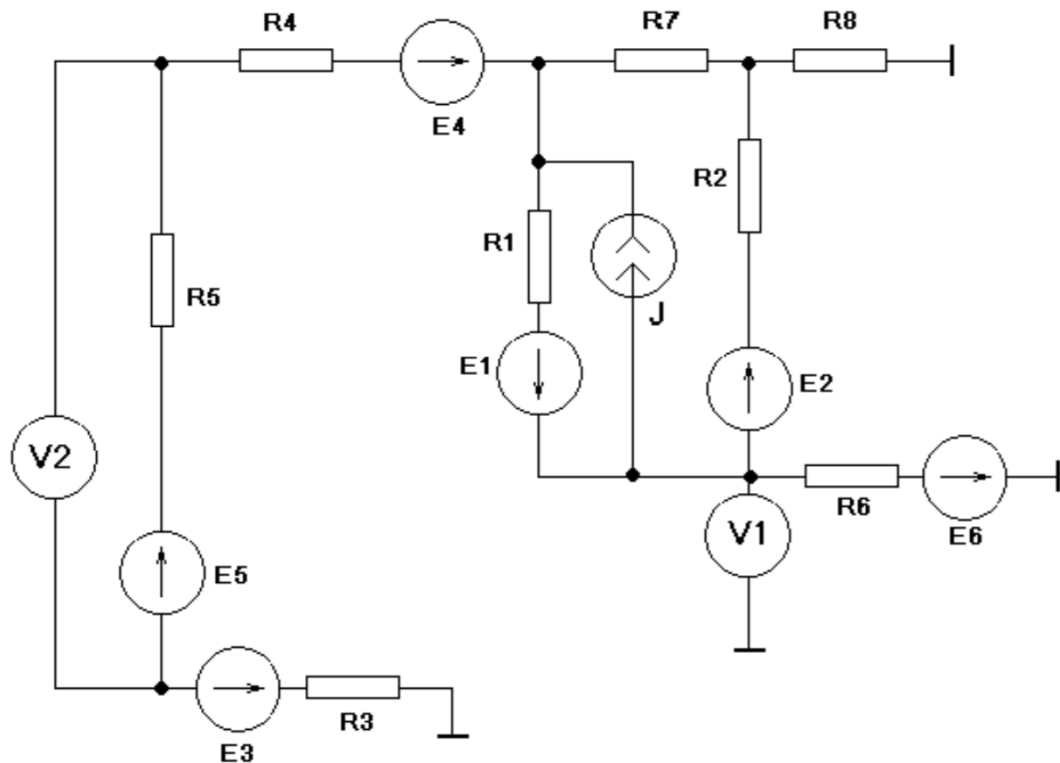
по дисциплине «Электротехника, Электроника и Метрология»  
Тема: «Расчет электрических схем по законам Кирхгофа»

Номер варианта: 17

Москва 2022 г.

### 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.

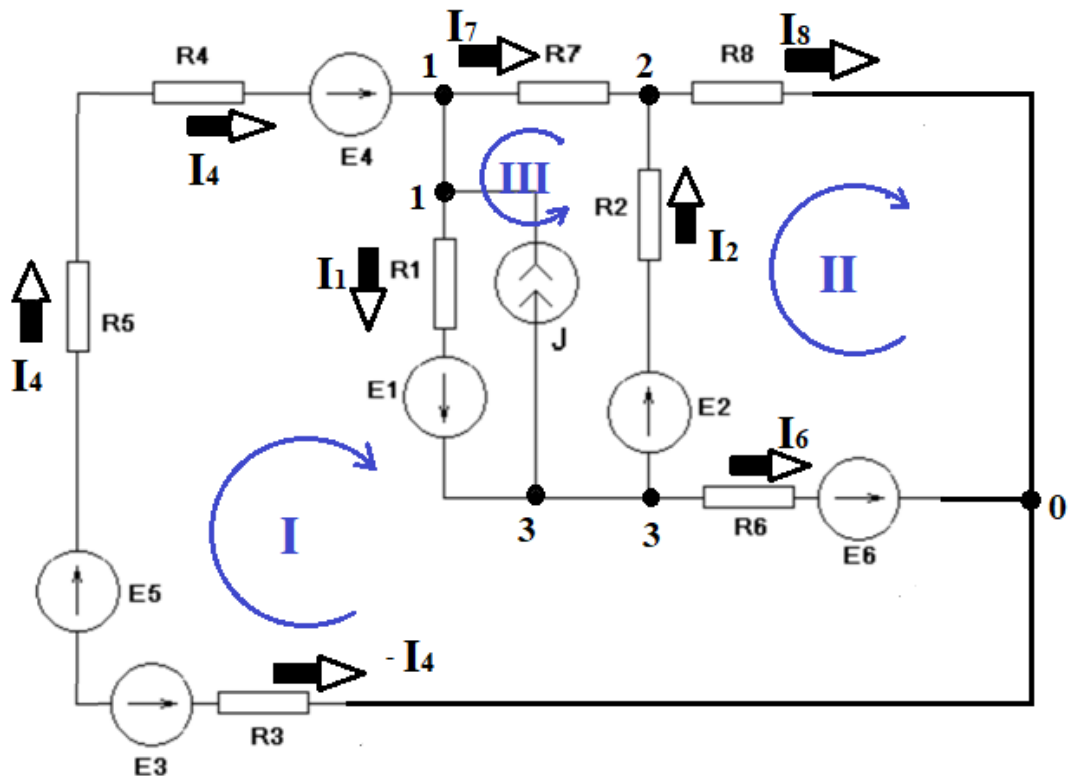


вариант 17

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

## Решение

Произвольно выбираем направление токов в каждом резисторе:



- 1) Соединяем заземлённые точки, выбираем узлы и контуры. Записываем систему уравнений по законам Кирхгофа

ЗТК:

$$\begin{cases} I_4 - I_1 - I_7 + J = 0 \\ I_7 + I_2 - I_8 = 0 \\ I_1 - J - I_2 - I_6 = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} I_4 - I_1 - I_7 = -1 \\ I_7 + I_2 - I_8 = 0 \\ I_1 - I_2 - I_6 = 1 \end{cases}$$

ЗКН:

$$\begin{cases} I_4(R_4 + R_5 + R_4) + I_1R_1 + I_6R_6 = -E_3 + E_5 + E_4 + E_1 + E_6 \\ I_8R_8 - I_6R_6 + I_2R_2 = -E_6 + E_2 \\ I_1R_1 + I_2R_2 - I_7R_7 = E_1 + E_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 16 * I_4 + 8 * I_1 + 7 * I_6 = 110 \\ 3 * I_8 - 7 * I_6 + 5 * I_2 = 20 \\ 8 * I_1 + 5 * I_2 - 2 * I_7 = 70 \end{cases}$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} I_4 - I_1 - I_7 = -1 \\ I_7 + I_2 - I_8 = 0 \\ I_1 - I_2 - I_6 = 1 \\ 16 * I_4 + 8 * I_1 + 7 * I_6 = 110 \\ 3 * I_8 - 7 * I_6 + 5 * I_2 = 20 \\ 8 * I_1 + 5 * I_2 - 2 * I_7 = 70 \end{cases}$$

2) Решая данную систему при помощи онлайн калькулятора, получаем значения неизвестных токов:

Уравнение с неизвестным  :

[Примеры](#)

x11 = 5.930798479087453  
x21 = 3.926489226869455  
x41 = 3.4702154626109  
x61 = 1.004309252217997  
x71 = -1.460583016476553  
x81 = 2.465906210392902

$$I_1 = 5,930798 \text{ A}$$

$$I_2 = 3,926489 \text{ A}$$

$$I_3 = -3,470215 \text{ A}$$

$$I_4 = 3,470215 \text{ A}$$

$$I_5 = 3,470215 \text{ A}$$

$$I_6 = 1,004309 \text{ A}$$

$$I_7 = -1,460583 \text{ A}$$

$$I_8 = 2,465906 \text{ A}$$

По формуле  $U_i = I_i * R_i$  рассчитываем напряжение на каждом резисторе. Результаты вычислений занесены в таблицу 1.

Таблица 1

№ Элемента	Сопротивление, Ом	Ток, А	Напряжение, В
$R_1$	8	5,930798	47,446384
$R_2$	5	3,926489	19,632445
$R_3$	4	-3,470215	-13,88086
$R_4$	6	3,470215	20,82129
$R_5$	6	3,470215	20,82129
$R_6$	7	1,004309	7,030163
$R_7$	2	-1,460583	-2,921166
$R_8$	3	2,465906	7,397718

3) По второму закону Кирхгофа находим напряжение на источнике:

$$I_1 * R_1 - U_j = E_1 \rightarrow U_j = I_1 * R_1 - E_1 = 47,446384 - 20 = 27,446384 \text{ (В)}$$

Составим баланс мощностей:

$$\begin{aligned} P_{\Pi} &= I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2 + I_3^2 * R_3 + I_4^2 * R_4 + I_5^2 * R_5 + I_6^2 * R_6 + I_7^2 * R_7 \\ &\quad + I_8^2 * R_8 \\ &= 281,395 + 77,087 + 48,17 + 72,254 + 72,254 + 7,06 + 4,267 \\ &\quad + 18,242 = \mathbf{580,729 \text{ (Вт)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= E_1 * I_1 + E_2 * I_2 + E_3 * I_3 + E_4 * I_4 + E_5 * I_5 + E_6 * I_6 + U_j * J \\ &= 118,616 + 196,324 - 104,106 + 138,809 + 173,511 + 30,129 \\ &\quad + 27,446 = \mathbf{580,729 \text{ (Вт)}} \end{aligned}$$

Баланс мощностей:

$$P_a = P_{\Pi}$$

4) Определяем напряжение измеряемое вольтметрами:

$$V_1 = U_{R_6} - E_6 = -30 + 7,030163 = \mathbf{-22,97 \text{ (В)}}$$

$$V_2 = E_5 - U_{R_5} = 50 - 20,82129 = \mathbf{29,179 \text{ (В)}}$$

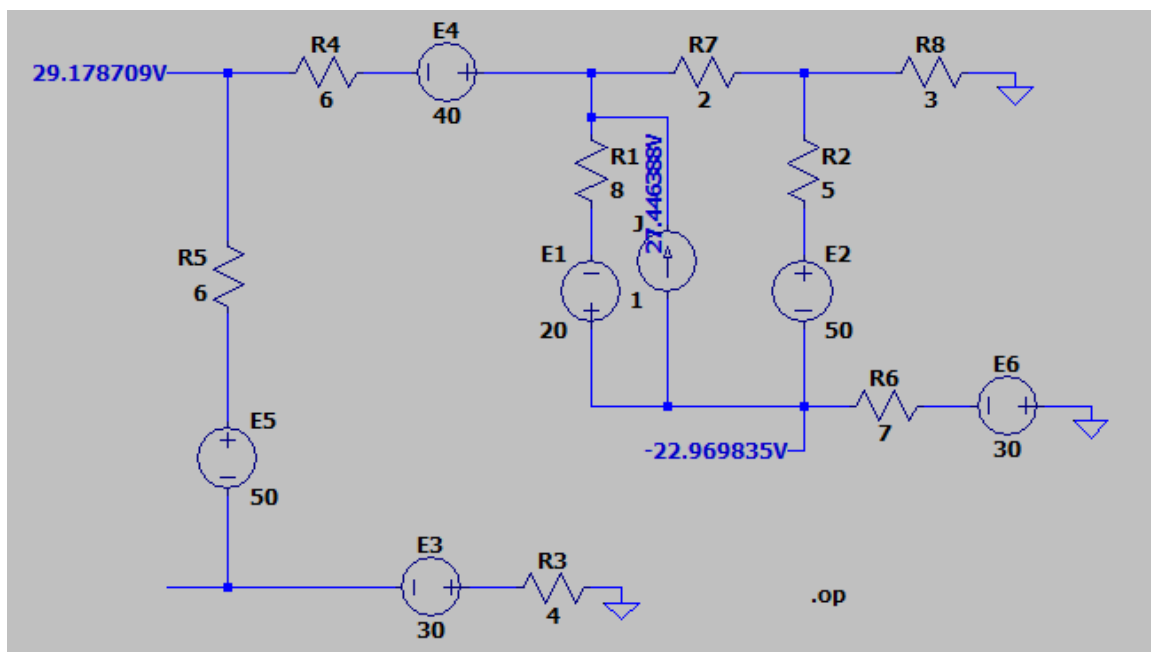
5) Рассчитаем режим схемы с помощью программы SPICE:

```

|      --- Operating Point ---

V(n007) :      -22.9698      voltage
V(n005) :      -42.9698      voltage
V(n006) :      27.0302      voltage
V(n011) :      -13.8809      voltage
V(n010) :      -43.8809      voltage
V(n003) :      4.47655      voltage
V(n002) :      -35.5234      voltage
V(n009) :      6.11914      voltage
V(n008) :      -30          voltage
V(n004) :      7.39772      voltage
V(n001) :      -14.7022      voltage
I(J) :         1            device_current
I(R8) :         2.46591      device_current
I(R7) :        -1.46058      device_current
I(R6) :         1.00431      device_current
I(R5) :         3.47022      device_current
I(R4) :        -3.47022      device_current
I(R3) :         3.47022      device_current
I(R2) :        -3.92649      device_current
I(R1) :         5.9308       device_current
I(E6) :        -1.00431      device_current
I(E5) :        -3.47022      device_current
I(E4) :        -3.47022      device_current
I(E3) :         3.47022      device_current
I(E2) :        -3.92649      device_current
I(E1) :        -5.9308       device_current

```



Все значения, полученные с помощью программы SPICE совпадают со всеми значениями, полученными в расчетах.