

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

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

Пискунов Андрей Дмитриевич, группа БИВ186

ОТЧЕТ

ПО ДОМАШНЕЙ РАБОТЕ №1

по дисциплине «Электротехника»

Вариант 20

Дата сдачи отчета _____

Москва 2019 г.

Домашнее задание 1 «Расчёт электрических схем по законам Кирхгофа» группа БПВ-186

Указания к оформлению:

- 1) Решение выполняется на белых листах формата А4 с одной стороны.
- 2) Решение каждой задачи должно быть проверено с помощью программы схемотехнического моделирования (следует приложить описание электрической схемы и листинг график с результатами машинного расчёта).
- 3) Системы уравнений должны решаться только с помощью программ математического моделирования (следует приложить листинг решений).

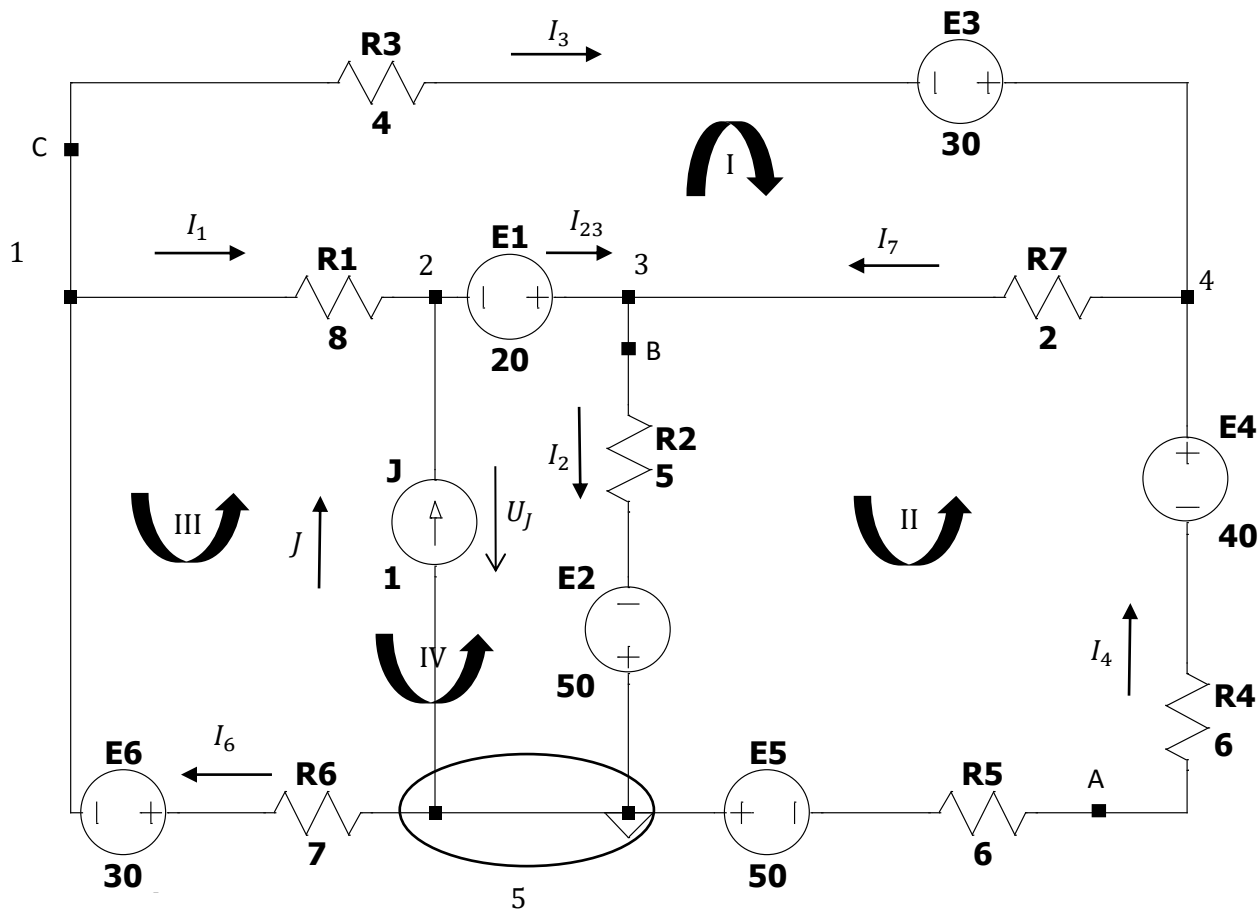
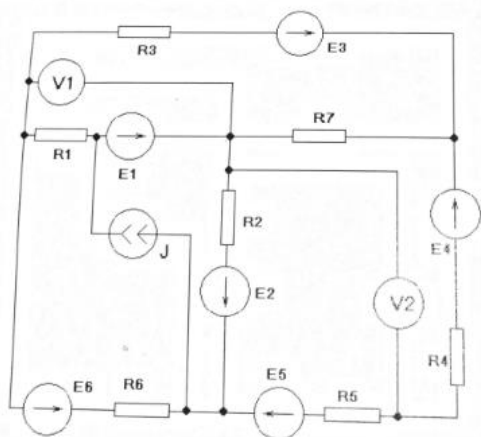
вариант 20

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

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.

Указания

1. Номер схемы соответствует порядковому номеру, под которым фамилия студента занесена в групповом журнале.
2. Числовые данные параметров схем приведены в таблице и выбираются в соответствии с номером группы.



Преобразовав исходную, получим следующую схему. Вольтметры были убраны, т.к. их сопротивление бесконечно большое, что аналогично разрыву. Для нахождения значений вольтметров необходимо найти разность потенциалов между точками В и С, и А и В.

Ток на R4 равен току на R5.

С учётом J имеем 8 токов, соответственно необходимо составить 8 уравнений. Имеем 5 узлов, отсюда $5 \text{ узлов} - 1 = 4$ уравнения ЗТК.

$8 \text{ уравнений} - 4 \text{ уравнения ЗТК} = 4 \text{ уравнения ЗНК} = 4$ контура из которых лишь один включает J. Составим систему уравнений

ЗТК

$$1) I_1 - I_6 + I_3 = 0$$

$$2) -I_1 - J + I_{23} = 0$$

$$3) -I_{23} + I_2 - I_7 = 0$$

$$4) I_7 - I_4 - I_3 = 0$$

ЗНК

$$I) E_3 - E_1 = I_3 R_3 + I_7 R_7 - I_1 R_1$$

$$II) E_4 + E_2 - E_5 = I_4 R_4 + I_7 R_7 + I_2 R_2 + I_4 R_5$$

$$III) E_6 = -I_6 R_6 - U_J - I_1 R_1$$

$$IV) E_6 - E_2 - E_1 = -I_6 R_6 - I_2 R_2 - I_1 R_1$$

После подстановки всех известных значений и преобразования системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 + I_3 - I_6 = 0 \\ -I_1 + I_{23} = 1 \\ I_2 - I_{23} - I_7 = 0 \\ -I_3 - I_4 + I_7 = 0 \\ -8I_1 + 4I_3 + 2I_7 = 10 \\ 5I_2 + 12I_4 + 2I_7 = 40 \\ -8I_1 - 7I_6 - U_J = 30 \\ -8I_1 - 5I_2 - 7I_6 = -40 \end{array} \right.$$

Решим данную систему уравнений с помощью Octave:

```

my_script.m RUN
1 A = [
2 %I1 I2 I23 I3 I4 I6 I7 Uj
3 1, 0, 0, 1, 0, -1, 0, 0;
4 -1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0;
5 0, 1, -1, 0, 0, 0, -1, 0;
6 0, 0, 0, -1, -1, 0, 1, 0;
7 -8, 0, 0, 4, 0, 0, 2, 0;
8 0, 5, 0, 0, 12, 0, 2, 0;
9 -8, 0, 0, 0, 0, -7, 0, -1;
10 -8, -5, 0, 0, 0, -7, 0, 0
11 ]
12
13 B = [0;1;0;0;10;40;30;-40]
14
15 C = A \ B
16 I1 = C(1)
17 I2 = C(2)
18 I23 = C(3)
19 I3 = C(4)
20 I4 = C(5)
21 I6 = C(6)
22 I7 = C(7)
23 Uj = C(8)
24

```

Vars

A =

```

[8x8] A
[8x1] B
[8x1] C
# I1
# I2
# I23
# I3
# I4
# I6
# I7
# Uj
# ans

```

B =

```

0
1
0
0
10
40
30
-40

```

C =

```

0.38702
4.28116
1.38702
1.82698
1.06716
2.21400
2.89414
-48.59419

```

I1 = 0.38702
I2 = 4.2812
I23 = 1.3870
I3 = 1.8270
I4 = 1.0672
I6 = 2.2140
I7 = 2.8941
Uj = -48.594

Получаем

$$I_1 = 0.38702 \text{ A}$$

$$I_2 = 4.2812 \text{ A}$$

$$I_{23} = 1.387 \text{ A}$$

$$I_3 = 1.8270 \text{ A}$$

$$I_4 = 1.0672 \text{ A}$$

$$I_6 = 2.214 \text{ A}$$

$$I_7 = 2.8941 \text{ A}$$

$$U_j = -48.594 \text{ V}$$

Для проверки выполним расчёт баланса мощностей.

$$P_{\Pi} = R_1 * I_1^2 + R_2 * I_2^2 + R_3 * I_3^2 + R_4 * I_4^2 + R_5 * I_4^2 + R_6 * I_6^2 + R_7 * I_7^2$$

При расчёте мощности источников учитываем, что если ток противоположен ЭДС источника, то он потребляет мощность, а не отдаёт.

$$P_o = E_1 * I_{23} + E_2 * I_2 + E_3 * I_3 + E_4 * I_4 - E_5 * I_4 - E_6 * I_6 + U_j * J$$

Расчеты

$$P_{\Pi} = 8 \text{ Ом} * 0.38702^2 \text{ A}^2 + 5 \text{ Ом} * 4.2812^2 \text{ A}^2 + 4 \text{ Ом} *$$

$$1.8270^2 A^2 + 200 \text{ Ом} * 1.0672^2 A^2 + 6 \text{ Ом} * 1.0672^2 A^2 + 7 \text{ Ом} * 2.214^2 A^2 + 2 \text{ Ом} * 2.8941^2 A^2 = \mathbf{170.92 \text{ Вт}}$$

$$P_o = 20 \text{ В} * 1.387 \text{ А} + 50 \text{ В} * 4.2812 \text{ А} + 30 \text{ В} * 1.827 \text{ А} + 40 \text{ В} * 1.0672 \text{ А} - 50 \text{ В} * 1.0672 \text{ А} - 30 \text{ В} * 2.2140 \text{ А} - 48.594 \text{ В} * 1 \text{ А} = \mathbf{170.92 \text{ Вт}}$$

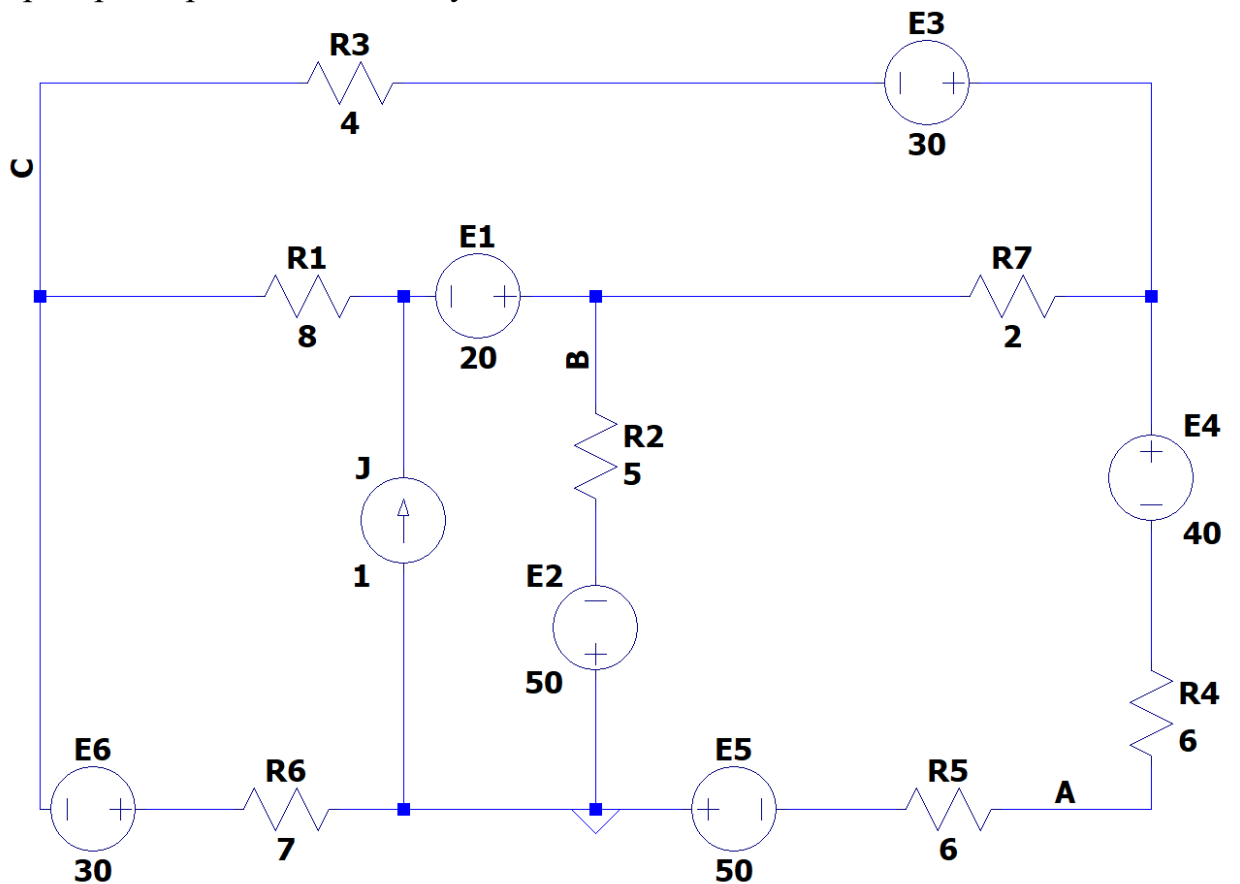
$P_{\Pi} = P_o$, баланс мощностей выполняется \Rightarrow расчёты верны.

Расчитаем напряжения показываемые вольтметрами:


$$V_1 = E_1 - I_1 R_1 = 20 \text{ В} - 0.38702 \text{ А} * 8 \text{ Ом} = 16.904 \text{ В}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= I_2 R_2 - E_2 + E_5 - R_5 I_4 \\ &= 4.2812 \text{ А} * 5 \text{ Ом} - 50 \text{ В} + 50 \text{ В} - 1.0672 \text{ А} * 6 \text{ Ом} \\ &= 27.809 \text{ В} \end{aligned}$$

Проверим правильность полученных значений в LTSPYCE



Симуляция в режиме op

 * C:\Users\User\Downloads\Д31.asc

--- Operating Point ---

V(n001) :	-52.8059	voltage
V(c) :	-45.498	voltage
V(n002) :	-22.8059	voltage
V(b) :	-28.5942	voltage
V(n003) :	-48.5942	voltage
V(n005) :	-62.8059	voltage
V(a) :	-56.403	voltage
V(n007) :	-50	voltage
V(n004) :	-50	voltage
V(n006) :	-15.498	voltage
I(J) :	1	device_current
I(R1) :	-0.387023	device_current
I(R6) :	2.214	device_current
I(R2) :	4.28116	device_current
I(R5) :	-1.06716	device_current
I(R4) :	-1.06716	device_current
I(R7) :	2.89414	device_current
I(R3) :	-1.82698	device_current
I(E6) :	2.214	device_current
I(E2) :	-4.28116	device_current
I(E5) :	1.06716	device_current
I(E4) :	-1.06716	device_current
I(E1) :	-1.38702	device_current
I(E3) :	-1.82698	device_current

Напряжения на вольтметрах равны:

$$V_1 = V(b) - V(c) = -28.5942 \text{ В} + 45.498 \text{ В} = 16.904 \text{ В}$$

$$V_2 = V(b) - V(a) = -28.5942 \text{ В} + 56.403 \text{ В} = 27.809 \text{ В}$$

Таким образом, значения полученные по Кирхгофу совпадают с результатами симуляции.

Ответ:

Величина	Значение
I_1	0.38702 A
I_2	4.2812 A
I_{23}	1.387 A
I_3	1.8270 A
I_4	1.0672 A
I_5	1.0672 A
I_6	2.2140 A
I_7	2.8941 A
U_J	-48.594 B
P_{π}	170.92 Вт
P_o	170.92 Вт
V_1	16.904 B
V_2	27.809 B