

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение
высшего образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Дисциплина: «Электротехника, электроника и метрология»

**ОТЧЕТ
по домашней работе №1**

Студент: Рыбаковский Никита Алексеевич

**Группа: БИВ204
Подгруппа: 2
Бригада: 5 (Вариант 22)**

Преподаватель: Рябов Никита Иванович

Дата сдачи отчёта: 06.02.2022

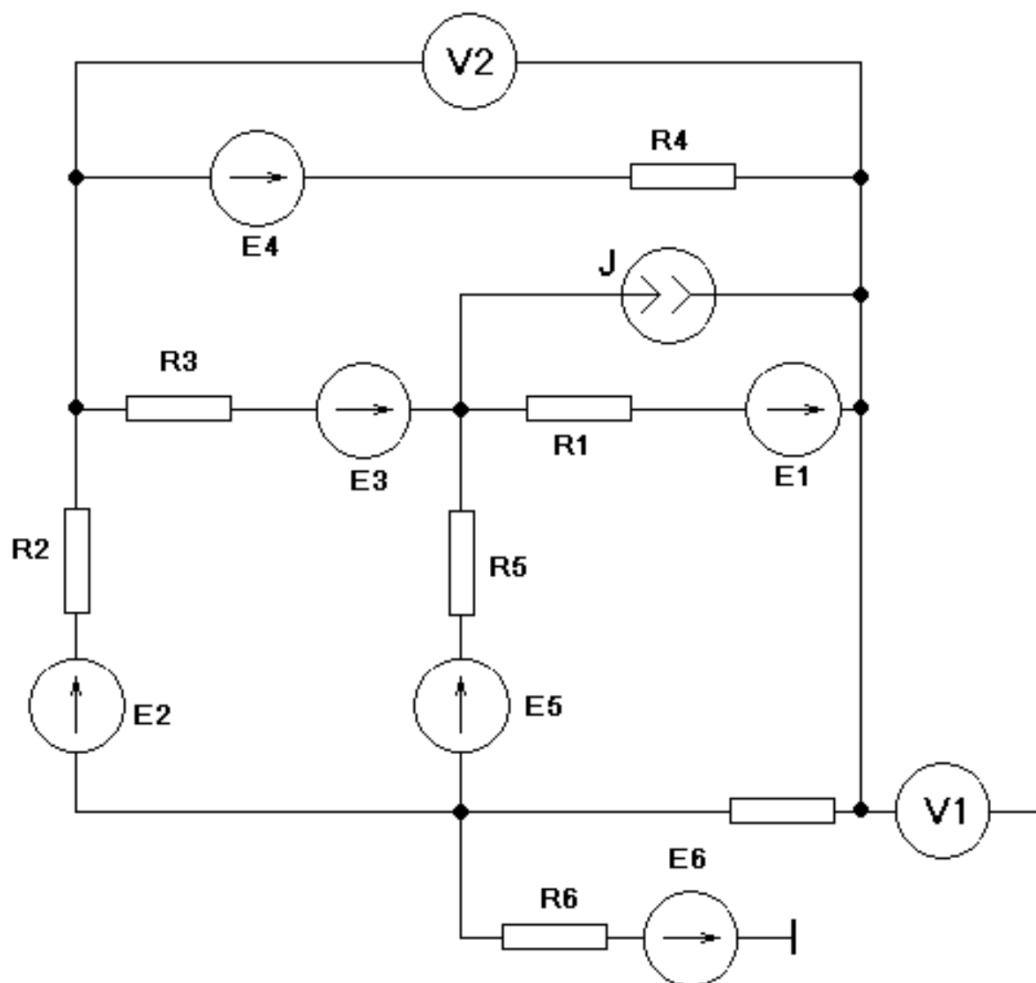
МОСКВА 2022

Дано:

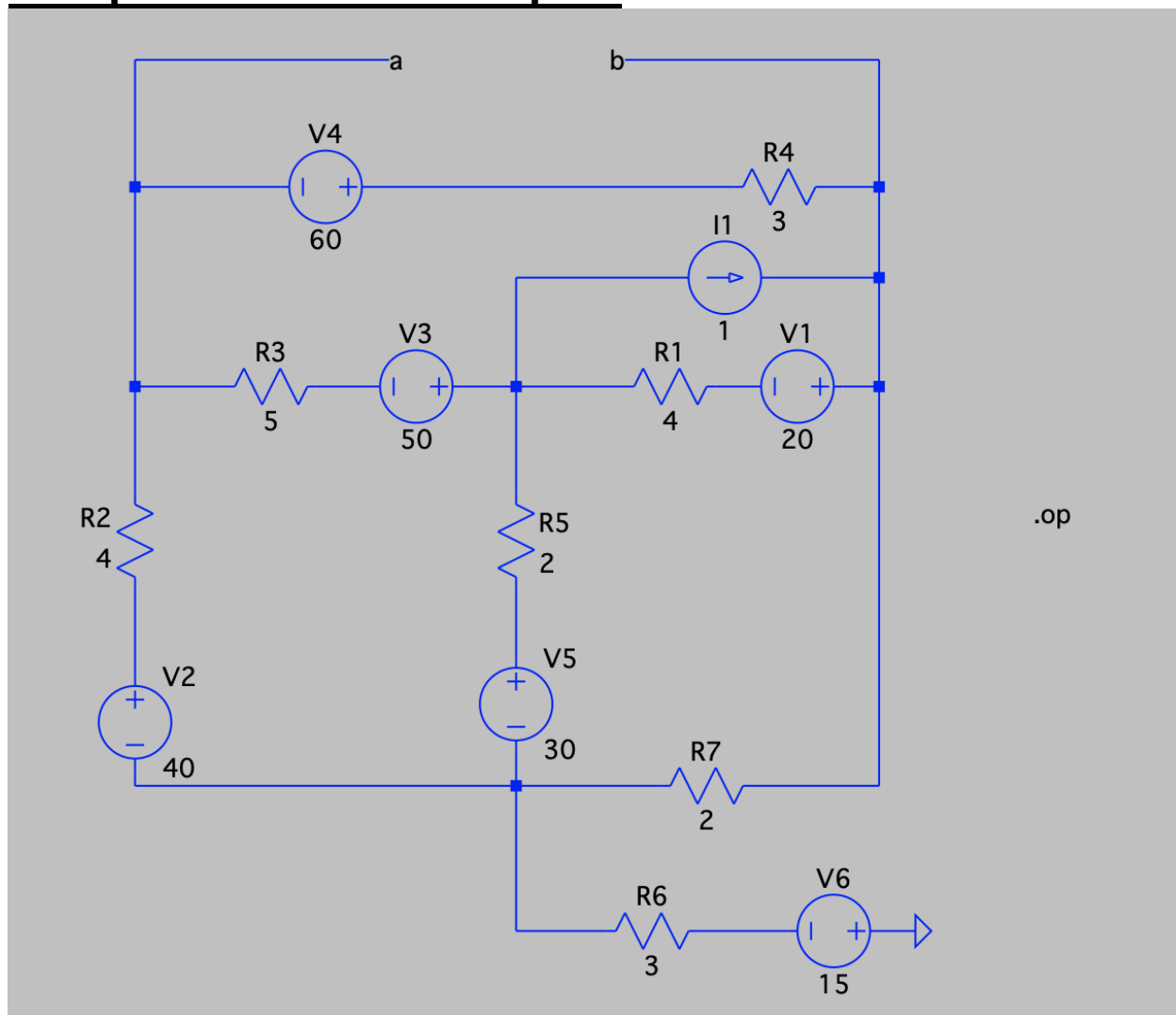
вариант 22

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	J, A
Om								B						
4	4	5	3	2	3	2	3	20	40	50	60	30	15	

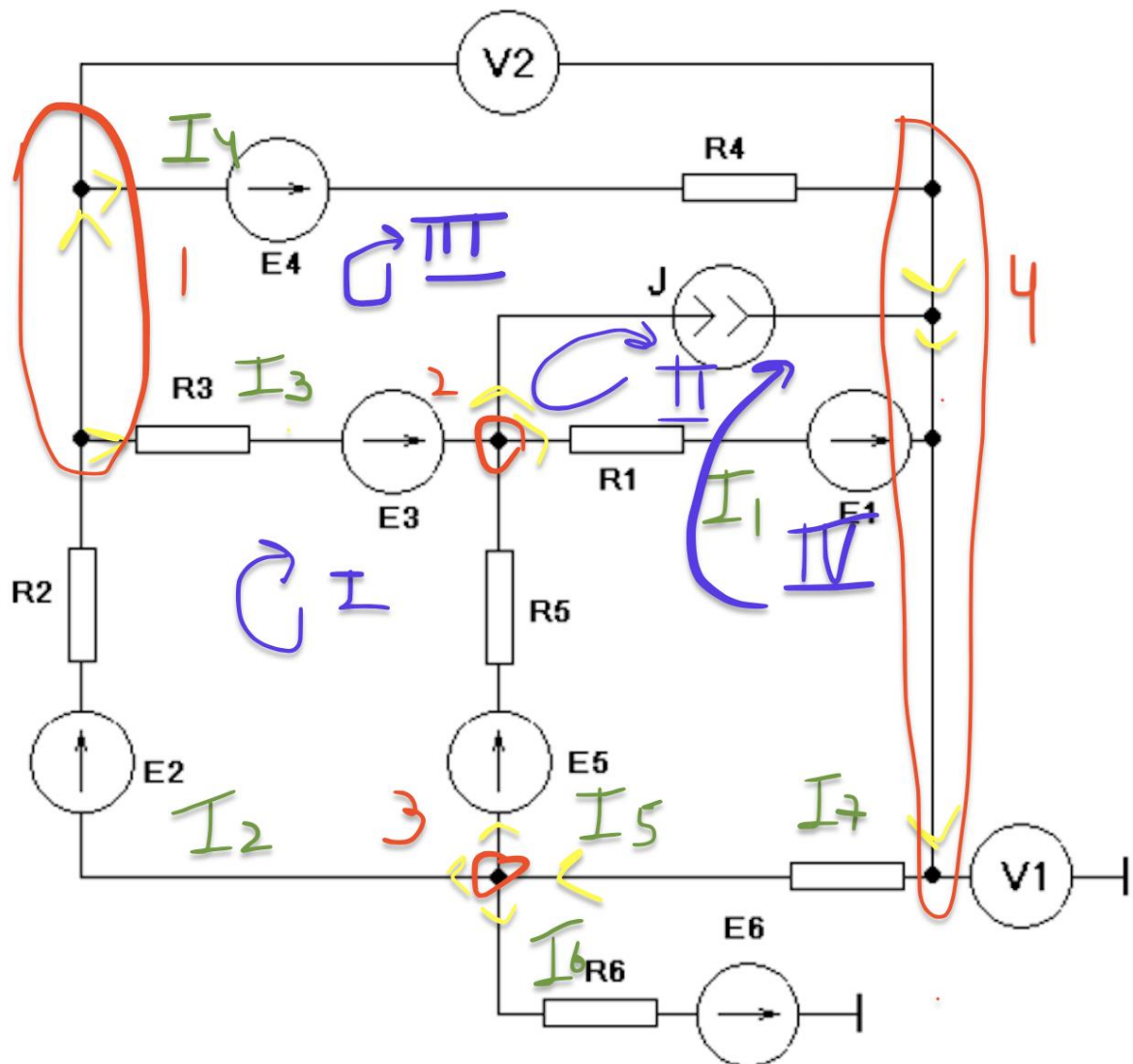
Исходная схема:



Построенная схема в LTspice:



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



$$\begin{aligned}
 I_2 - I_3 - I_4 &= 0 \\
 I_3 + I_5 - J - I_1 &= 0 \\
 I_7 - I_5 - I_2 - I_6 &= 0 \\
 I_4 + I_1 + J - I_7 &= 0 \\
 I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_5 R_5 &= E_2 + E_3 - E_5 \\
 I_1 R_1 &= U_J + E_1 \\
 I_4 R_4 - I_3 R_3 &= E_4 + U_J - E_3 \\
 I_5 R_5 + I_7 R_7 &= E_5 - U_J
 \end{aligned}$$

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

Листинг программы математического моделирования MatLAB:

```

1 - syms i1 i2 i3 i4 i5 i6 i7 uj
2 - r1=4; r2=4;r3=5;r4=3;r5=2;r6=3;r7=2;r8=3;
3 - j=1;
4 - e1=20;e2=40;e3=50;e4=60;e5=30;e6=15;
5
6 - [i1, i2, i3, i4, i5, i6, i7, uj] = solve( ...
7     i2-i3-i4 == 0, ...
8     i3+i5-j-i1 == 0, ...
9     i7-i5-i2-i6==0, ...
10    i4+i1+j-i7==0, ...
11    i2*r2+i3*r3-i5*r5==e2+e3-e5, ...
12    i1*r1==e1+uj, ...
13    i4*r4-i3*r3==e4-e3+uj, ...
14    i5*r5+i7*r7==e5-uj);
15
16 - fprintf(sprintf('i1= %0.5f\n',vpa(i1,5)))
17 - fprintf(sprintf('i2= %0.5f\n',vpa(i2,5)))
18 - fprintf(sprintf('i3= %0.5f\n',vpa(i3,5)))
19 - fprintf(sprintf('i4= %0.5f\n',vpa(i4,5)))
20 - fprintf(sprintf('i5= %0.5f\n',vpa(i5,5)))
21 - fprintf(sprintf('i6= %0.5f\n',vpa(i6,5)))
22 - fprintf(sprintf('i7= %0.5f\n',vpa(i7,5)))
23 - fprintf(sprintf('uj= %0.5f\n',vpa(uj,5)))

```

Результаты:

MatLAB:

```

i1= 4.51087
i2= 11.78261
i3= 3.41304
i4= 8.36957
i5= 2.09783
i6= 0.00000
i7= 13.88043
uj= -1.95652

```

LTSpice:

I(I1)	1	device_current
I(R7)	13.8804	device_current
I(R2)	11.7826	device_current
I(R4)	-8.36957	device_current
I(R6)	4.14483e-15	device_current
I(R5)	-2.09783	device_current
I(R3)	-3.41304	device_current
I(R1)	-4.51087	device_current
I(V1)	-4.51087	device_current
I(V5)	-2.09783	device_current
I(V4)	-8.36957	device_current
I(V3)	-3.41304	device_current
I(V2)	-11.7826	device_current
I(V6)	3.55271e-15	device_current

Uj=-1.95(V), I1=4.51(A), I2=11.78(A), I3=3.41(A), I4=8.36(A), I5=2.09(A), I6=0(A), I7=13.88(A)

3) Составить баланс мощностей для исходной схемы.

$$P_{\Pi} = I_1^2 \times R_1 + I_2^2 \times R_2 + I_3^2 \times R_3 + I_4^2 \times R_4 + I_5^2 \times R_5 + I_6^2 \times R_6 + I_7^2 \times R_7 =$$

$$= 1298.2883(\text{Вт})$$

$$P_A = I_1 \times E_1 + I_2 \times E_2 + I_3 \times E_3 + I_4 \times E_4 + I_5 \times E_5 + I_6 \times E_6 + U_j \times J = 1298.15 (\text{Вт})$$

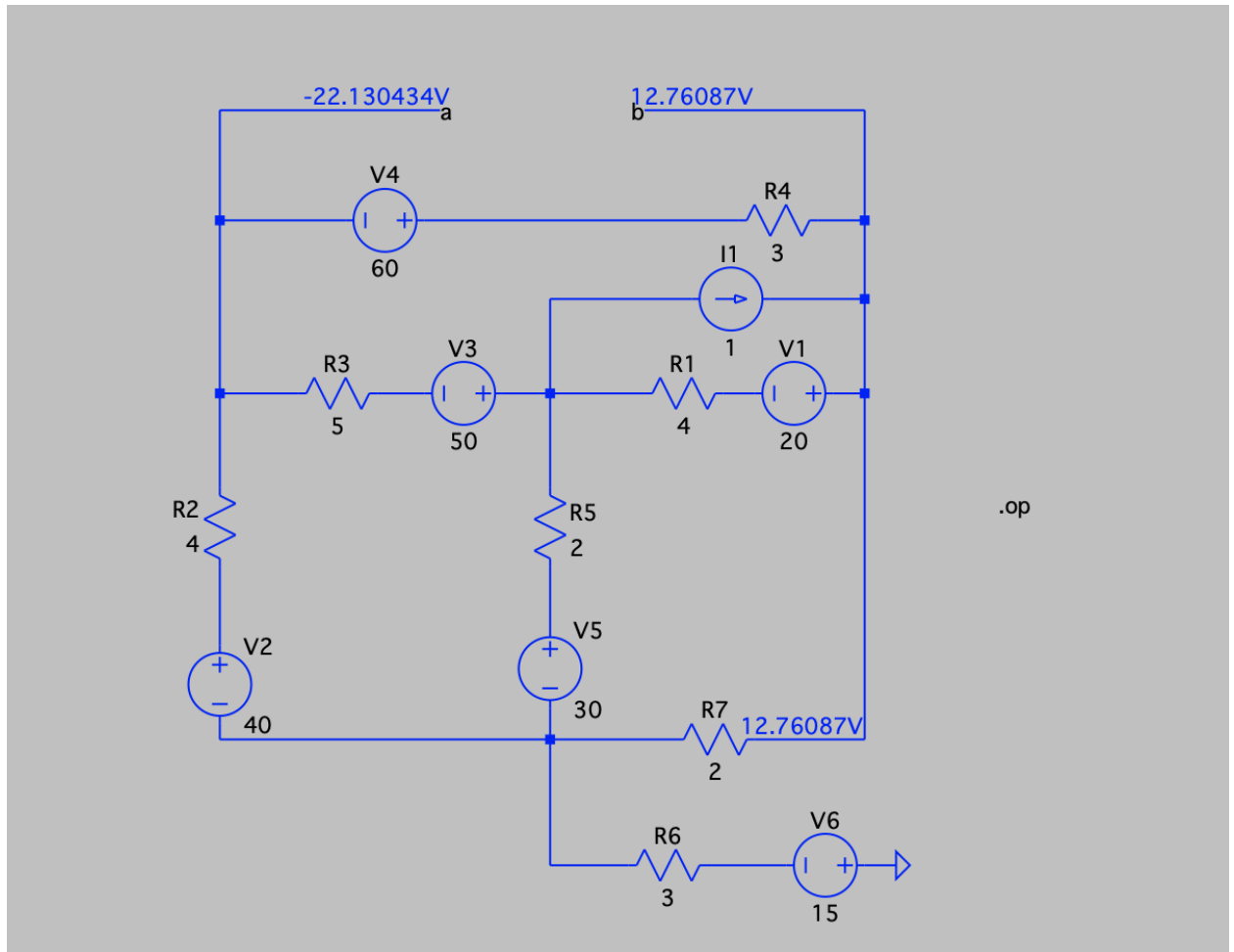
$P_A = P_{\Pi}$ с погрешностью 0.01% (допустимая 5%). Погрешность вызвана тем, что при расчете сила тока округлялась.

4) Определить напряжение измеряемое вольтметрами.

$$U1 = -E6 + R6 \cdot I6 + R7 \cdot I7 = -15 + 0 + 13.88 \cdot 2 = 12.76(\text{В})$$

$$U2 = E4 - I4 \cdot R4 = 60 - 8.36 \cdot 3 = 34.92(\text{В})$$

Сверяя с показателями на схеме, мы видим, что расчеты верны с незначительной погрешностью, которая вызвана округлением значений токов.



5) Рассчитать режим схемы с помощью программы SPICE.

```

Operating Bias Point Solution:
V(n004)      -7.23913    voltage
V(n002)      10.8043    voltage
V(n003)     -39.1957    voltage
V(a)        -22.1304    voltage
V(n005)         15    voltage
V(n008)        -15    voltage
V(n007)        -15    voltage
V(b)         12.7609    voltage
V(n001)        37.8696    voltage
V(n006)         25    voltage
I(I1)         1    device_current
I(R7)         13.8804    device_current
I(R2)         11.7826    device_current
I(R4)        -8.36957    device_current
I(R6)        4.14483e-15    device_current
I(R5)        -2.09783    device_current
I(R3)        -3.41304    device_current
I(R1)        -4.51087    device_current
I(V1)        -4.51087    device_current
I(V5)        -2.09783    device_current
I(V4)        -8.36957    device_current
I(V3)        -3.41304    device_current
I(V2)        -11.7826    device_current
I(V6)        3.55271e-15    device_current

```

Данные, полученные из расчёта вручную (из решения системы уравнений Кирхгофа) и полученные в программе LTspice, совпадают с точностью до знака.