

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

"Национальный исследовательский университет

"Высшая школа экономики"

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

Курс: Электротехника, электроника и метрология

ОТЧЁТ

По Домашней работе №1

по теме: ЗАКОНЫ КИРХГОФА

Выполнила: Чихватова Алена Алексеевна БИВ 193

Вариант 22

Москва 2021

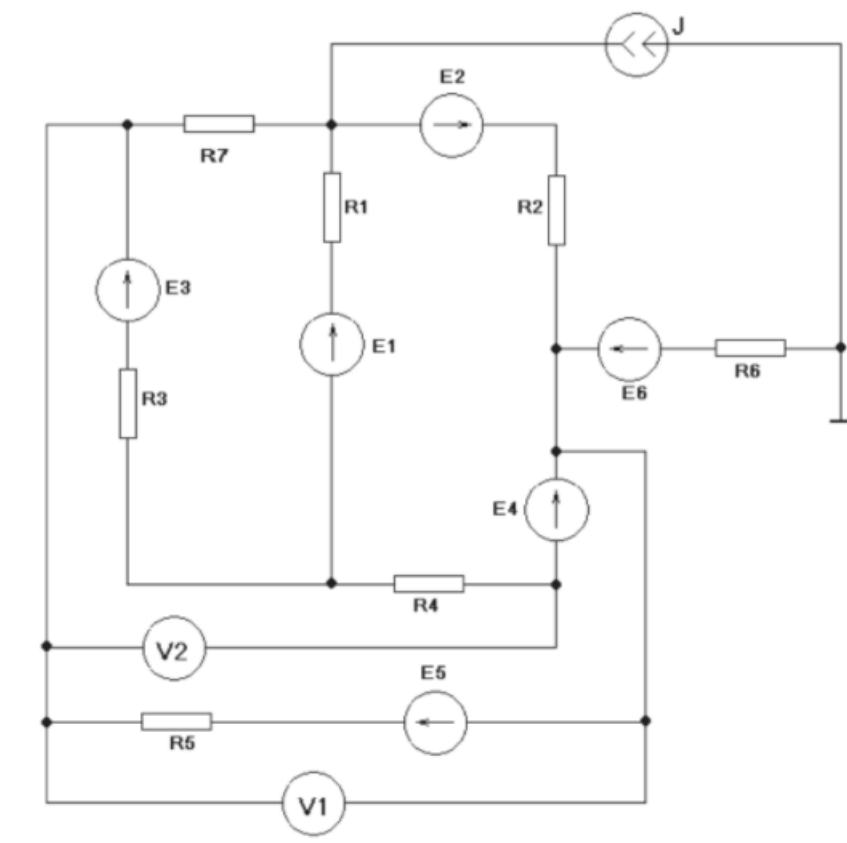


Рис 1. Исследуемая схема

Таблица №1

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	J, A
Om														
5	5	6	5	2	2	2	2	50	50	40	30	20	10	

Обозначим направления токов в схеме, пронумеруем узлы, выберем направления обхода для второго закона Кирхгофа. Считая, что вольтметры идеальны и имеют бесконечно большое сопротивление, заменим их разрывом в цепи: вольтметр V1 на точки a и b, а вольтметр V2 на точки c и d показаниями вольтметров будут являться разность потенциалов в этих точках.

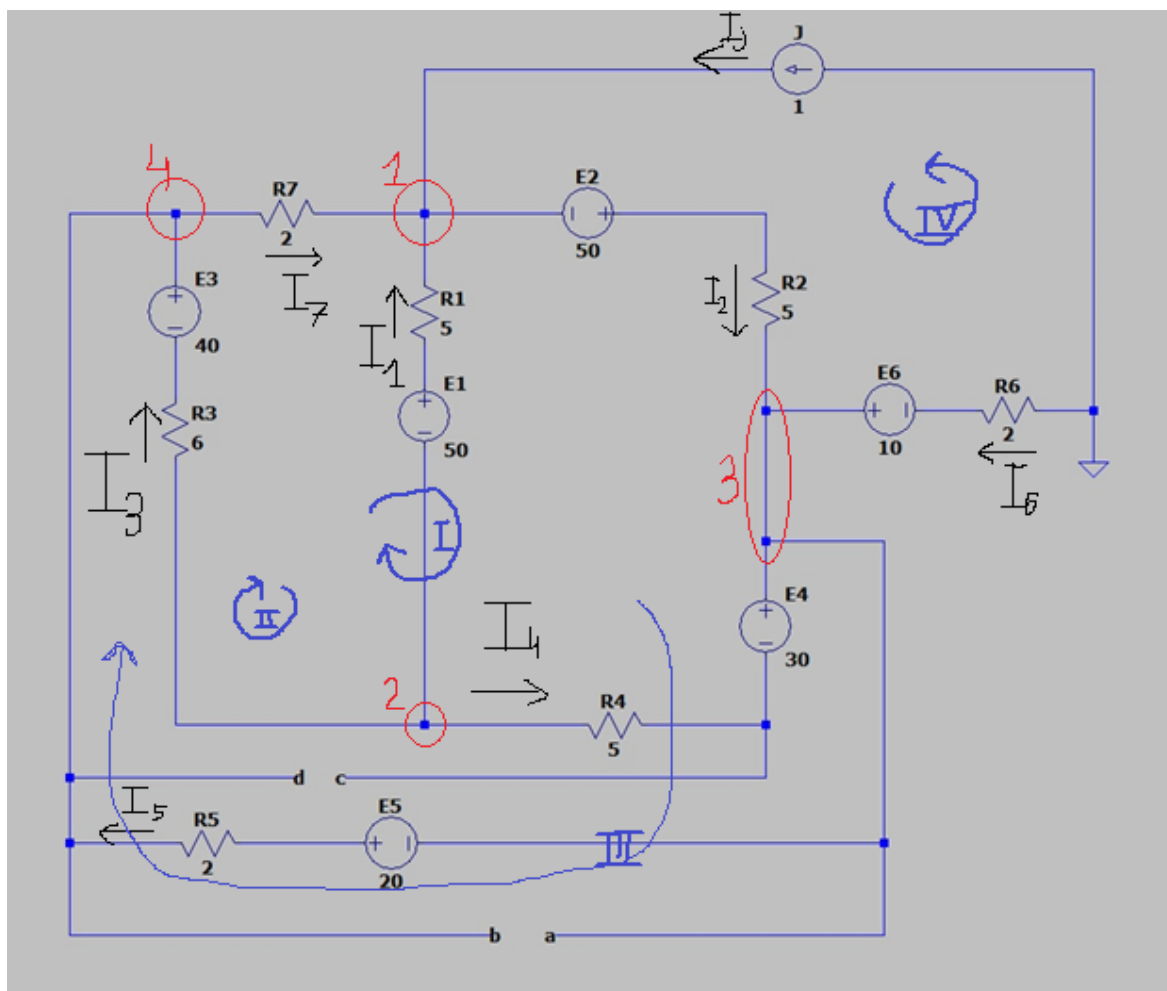


Рис 2. Дополненная исследуемая схема.

Имеем 8 ветвей, соответственно, необходимо составить 8 уравнений.

По закону токов Кирхгофа (ЗТК) составим 4 уравнения в 4 узлах (в каждом узле сумма всех токов равна 0):

$$1: I_1 - I_2 + I_7 + J = 0$$

$$2: -I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

$$3: I_2 + I_4 - I_5 + I_6 = 0$$

$$4: I_3 + I_5 - I_7 = 0$$

В схеме 8 ветвей, следовательно следует составить $8 - 1 - (4 - 1) = 4$ уравнения по второму правилу Кирхгофа. Запишем второе правило Кирхгофа для обходов I, II, III, IV.

$$I: I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 - I_4 \cdot R_4 + I_7 \cdot R_7 = E_2 + E_3 - E_4$$

$$II: -I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 + I_7 \cdot R_7 = -E_1 + E_3$$

$$\text{III: } I_2 \cdot R_2 + I_5 \cdot R_5 + I_7 \cdot R_7 = E_2 + E_5$$

$$\text{IV: } I_2 \cdot R_2 - I_6 \cdot R_6 = E_2 - E_6 + U_j$$

РЕШИМ СИСТЕМУ:

$$I_1 - I_2 + I_7 + 1 = 0$$

$$- I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_2 + I_4 - I_5 + I_6 = 0$$

$$I_3 + I_5 - I_7 = 0$$

$$5 \cdot I_2 + 6 \cdot I_3 - 5 \cdot I_4 + 2 \cdot I_7 = 60$$

$$- 5 \cdot I_1 + 6 \cdot I_3 + 2 \cdot I_7 = -10$$

$$5 \cdot I_2 + 2 \cdot I_5 + 2 \cdot I_7 = 70$$

$$5 \cdot I_2 - 2 \cdot I_6 = 40 + U_j$$

Решим ее с помощью MatLab:

```

syms I1 I2 I3 I4 I5 I6 I7 Uj
A = solve(I1 - I2 + I7 + 1 == 0,...
          I2 + I4 - I5 + I6 == 0,...
          -I1 - I3 - I4 == 0,...
          I3 + I5 - I7 == 0,...
          5*I2 + 6*I3 - 5*I4 + 2*I7 == 60,...
          -5*I1 + 6*I3 + 2*I7 == -10,...
          5*I2 + 2*I5 + 2*I7 == 70,...
          5*I2 - 2*I6 == Uj + 40,...
          I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, Uj);
disp('I1')
disp(vpa(A.I1));
disp('I2')
disp(vpa(A.I2));
disp('I3')
disp(vpa(A.I3));
disp('I4')
disp(vpa(A.I4));
disp('I5')
disp(vpa(A.I5));
disp('I6')
disp(vpa(A.I6));
disp('I7')
disp(vpa(A.I7));
disp('Uj')
disp(vpa(A.Uj));

```

I1

2.88995215311004784688995215311

I2

9.2727272727272727272727272727273

I3

-1.0526315789473684210526315789474

I4

-1.8373205741626794258373205741627

I5

6.4354066985645933014354066985646

I6

-1.0

I7

5.3827751196172248803827751196172

Uj

8.36363636363636363636363636364

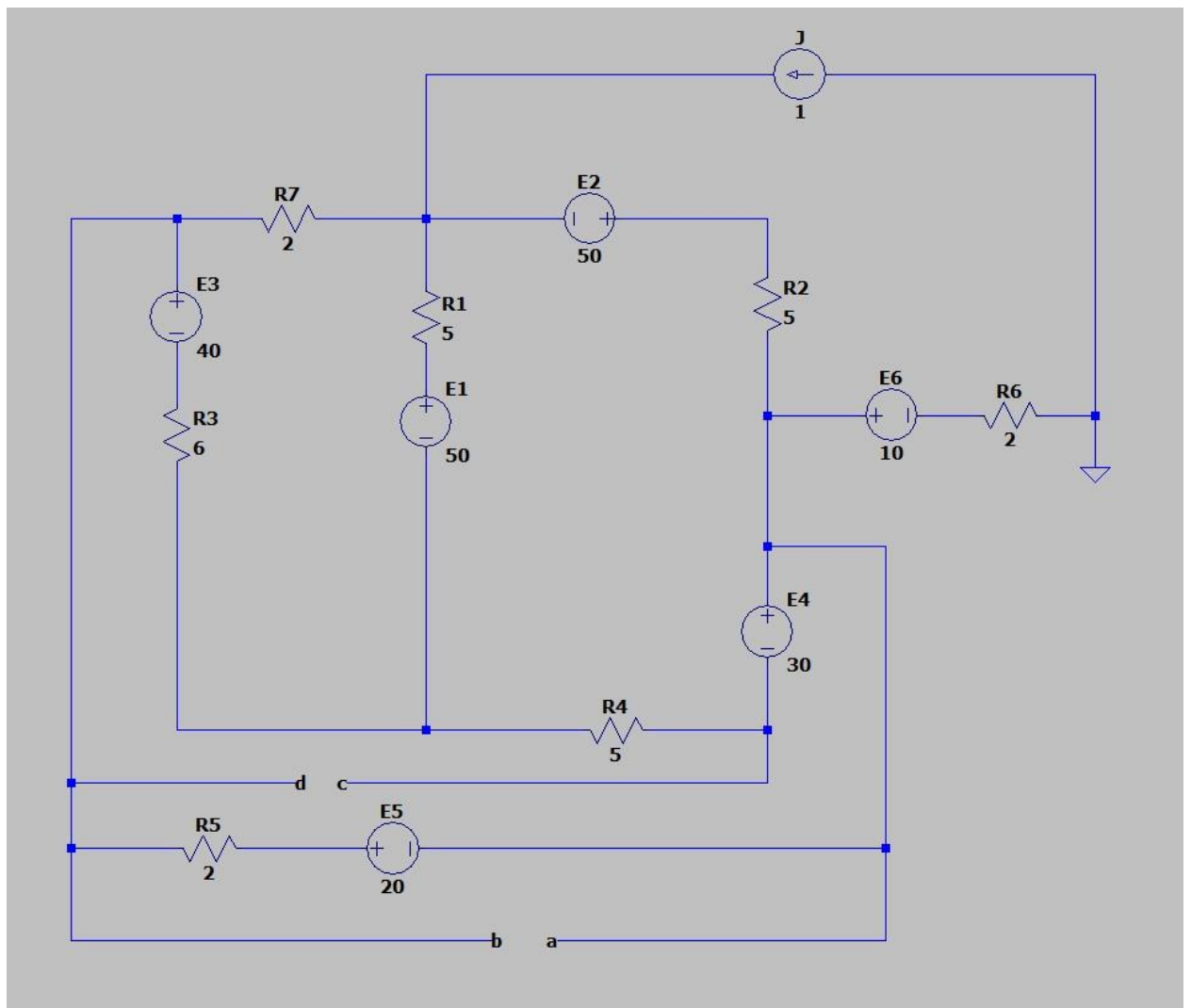


Рис 3. Схема, выполненная в LTspice.

Результаты расчетов LTspice:

```
* C:\Users\79106\Documents\LTspiceXVII\Draft1.asc
X
--- Operating Point ---
V(n002) :      58.3636      voltage
V(n001) :      8.36364     voltage
V(a) :        12          voltage
V(n005) :      2          voltage
V(n007) :      32          voltage
V(c) :       -18          voltage
V(n003) :     22.8134      voltage
V(n006) :    -27.1866      voltage
V(b) :      19.1292       voltage
V(n004) :    -20.8708      voltage
I(J) :         1          device_current
I(R5) :     6.43541        device_current
I(R4) :     1.83732        device_current
I(R3) :    -1.05263        device_current
I(R2) :    -9.27273        device_current
I(R7) :     5.38278        device_current
I(R6) :         1          device_current
I(R1) :    -2.88995        device_current
I(E3) :     1.05263        device_current
I(E1) :    -2.88995        device_current
I(E4) :     1.83732        device_current
I(E5) :    -6.43541        device_current
I(E6) :         1          device_current
I(E2) :    -9.27273        device_current
```

Теоретические расчёты и расчёты в LTspice совпадают в пределах погрешности.

Подсчитаем мощности потребителей и источников.


```

P_pas = A.I1^2*R1 + ...
        A.I2^2*R2 + ...
        A.I3^2*R3 + ...
        A.I4^2*R4 + ...
        A.I5^2*R5 + ...
        A.I6^2*R6 + ...
        A.I7^2*R7;
P_act = A.I1*E1 + ...
        A.I2 * E2 + ...
        A.I3 * E3 + ...
        A.I4 * E4 + ...
        A.I5 * E5 + ...
        A.I6 * E6 + ...
        J * A.Uj;

disp('P_pas');
disp(vpa(P_pas));
disp('P_act');
disp(vpa(P_act));

P_pas
637.98086124401913875598086124402

P_act
637.98086124401913875598086124402

```

$P_1 = P_2$ в пределах погрешности. Баланс мощностей соблюден.

Найдем напряжение на вольтметре V1.
Теоретически:

```

V1 = A.I5*R5 - E5;
V2 = E4 - A.I5*R5 + E5;
disp('V1=');
disp(vpa(V1));
disp('V2=');
disp(vpa(V2));

```

V1=

-7.1291866028708133971291866028708

V2=

37.129186602870813397129186602871

По расчетам LTspice: $V1 = V(b) - V(a) = 7,1292$

$V2 = V(b) - V(c) = 37,1292$, $b=d$

Теоретические расчёты и расчёты в LTspice совпадают в пределах погрешности.