

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

Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова
Департамент электронной инженерии

Курс: ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

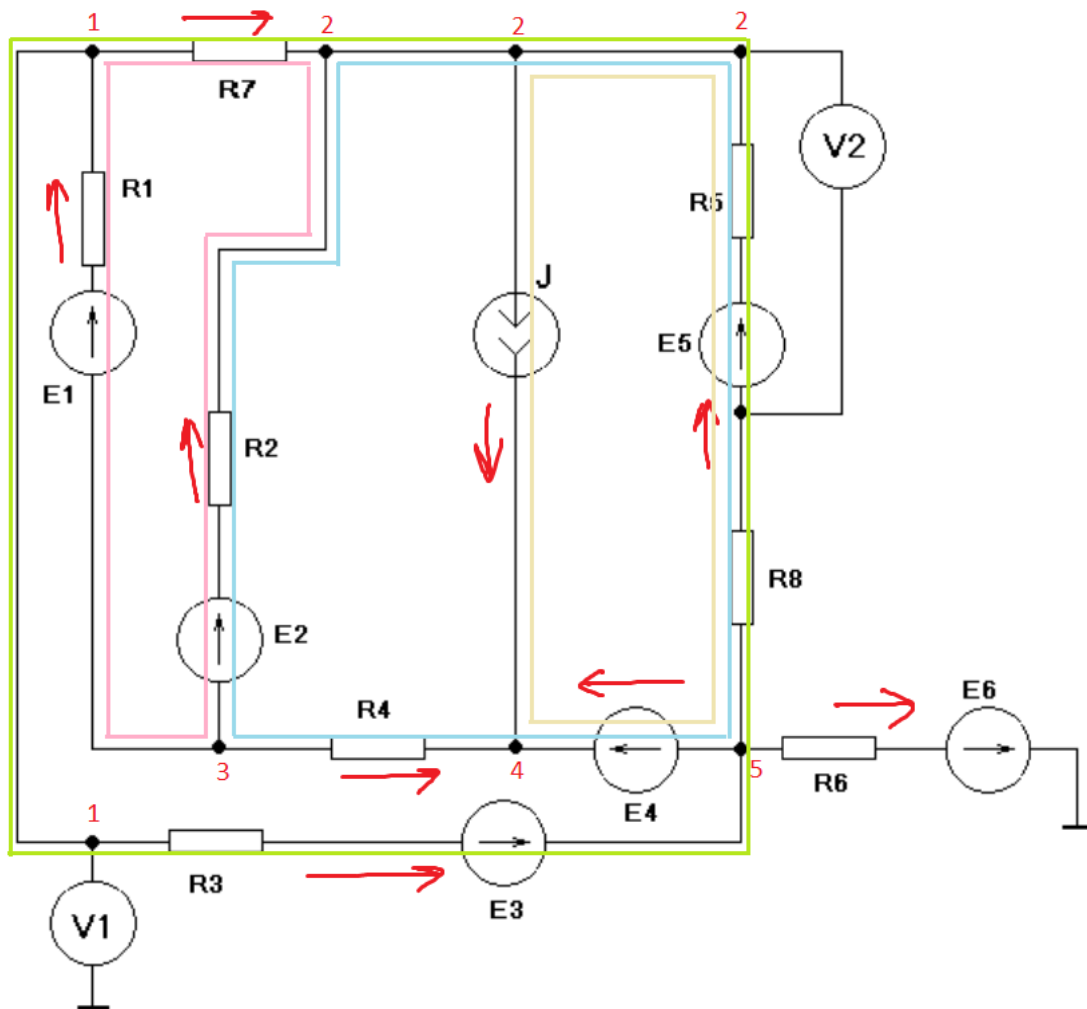
Домашнее задание №1

«РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ПО ЗАКОНАМ КИРХГОФА»

Ефремов Виктор Васильевич
БИТ-203
Вариант 6

Москва

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	J, A
ОМ								В						
5	4	4	5	3	6	4	6	30	50	40	60	20	20	



Красными числами помечены узлы. Красными стрелками – выбранные направления токов. Цветами выделены контуры. Направление обхода всех контуров – против часовой стрелки.

Задание 1

Напишем уравнения Кирхгофа.

По 1 закону (пропускаем 5 узел, т.к. уравнений нужно на 1 меньше чем узлов):

$$I_1 - I_7 - I_3 = 0$$

$$I_7 + I_2 - J + I_5 = 0$$

$$-I_1 - I_2 - I_{R4} = 0$$

$$I_{R4} + J + I_{E4} = 0$$

По 2 закону

$$-R_7 * I_7 + R_2 * I_2 - R_1 * I_1 = E_2 - E_1$$

$$(R_5 + R_8) * I_5 - R_2 * I_2 + R_4 * I_{R4} = E_5 - E_2 - E_4$$

$$R_3 * I_3 + (R_5 + R_8) * I_5 - R_7 * I_7 = E_3 + E_5$$

$$(R_5 + R_8) * I_5 = E_5 - E_4 + U_J$$

Подставляем численные значения, получаем систему из 8 уравнений:

$$I_1 - I_7 - I_3 = 0$$

$$I_7 + I_2 + I_5 = 1$$

$$-I_1 - I_2 - I_{R4} = 0$$

$$I_{R4} + I_{E4} = -1$$

$$-4 * I_7 + 4 * I_2 - 5 * I_1 = 20$$

$$9 * I_5 - 4 * I_2 + 5 * I_{R4} = -90$$

$$4 * I_3 + 9 * I_5 - 4 * I_7 = 60$$

$$9 * I_5 = -40 + U_J$$

Задание 2

Решение системы:

$$I_1 = 5.44247$$

$$I_2 = 6.59316$$

$$I_3 = 10.65238$$

$$I_{R4} = -12.03563$$

$$I_{E4} = 11.03563$$

$$I_5 = -0.38325$$

$$I_7 = -5.20992$$

$$U_J = 36.55079$$

Решал с помощью онлайн калькулятора -

<https://quickmath.com/webMathematica3/quickmath/equations/solve/advanced.jsp>

Enter an equation or system of equations, enter the variable or variables to be solved for, set the options and click the Solve button.

Help

Expressions

```
x_1-x_7-x_3=0
x_7+x_2+x_5=1
-x_1-x_2-x_4=0
x_4+x_6=-1
-4*x_7+4*x_2-5*x_1=20
9*x_5-4*x_2+5*x_4=-90
4*x_3+9*x_5-4*x_7=60
9*x_5=-40+x_8
```

Variables

```
x_3
x_4
x_5
x_6
x_7
x_8
```

[one per line]

Options

☒ Approximate to
7 digits

☐ Eliminate variables

[one per line]

Solve

Command

Solve approximate to 7 digits

Equations

$$\begin{cases} x_1 - x_7 - x_3 = 0 \\ x_7 + x_2 + x_5 = 1 \\ -x_1 - x_2 - x_4 = 0 \\ x_4 + x_6 = -1 \\ (-4)x_7 + 4x_2 + (-5)x_1 = 20 \\ 9x_5 - 4x_2 + 5x_4 = -90 \\ 4x_3 + 9x_5 + (-4)x_7 = 60 \\ 9x_5 = -40 + x_8 \end{cases}$$

Variables

$[x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8]$

Result

Exact

$$\begin{cases} x_1 = \frac{11304}{13694} \\ x_2 = \frac{2077}{22125} \\ x_3 = \frac{2077}{24998} \\ x_4 = -\frac{2077}{796} \\ x_5 = -\frac{2077}{22921} \\ x_6 = \frac{2077}{10821} \\ x_7 = -\frac{2077}{75916} \\ x_8 = \frac{2077}{2077} \end{cases}$$

Approximate

$$\begin{cases} x_1 = 5.442465 \\ x_2 = 6.593163 \\ x_3 = 10.65238 \\ x_4 = -12.03563 \\ x_5 = -0.3832451 \\ x_6 = 11.03563 \\ x_7 = -5.209918 \\ x_8 = 36.55079 \end{cases}$$

Задание 3

Баланс мощностей - алгебраическая сумма мощностей источников энергии равна сумме мощностей потребителей. Формулой это можно записать следующим образом (слева мощности на резисторах, справа – на источниках эдс и тока):

$$\sum_k I_k^2 R_k = \sum_k U_k I_k$$

$$5 * 5.44247^2 + 4 * 6.59316^2 + 4 * 10.65238^2 + 5 * 12.03563^2 + 3 * 0.38325^2 + 4 * 5.20992^2 + 6 * 0.38325^2 \approx 1610.0512$$

$$30 * 5.44247 + 50 * 6.59316 + 40 * 10.65238 + 60 * 11.03563 - 20 * 0.38325 + 36.55079 * 1 \approx 1610.0509$$

Совпадает с точностью до второго знака.

Задание 4

Посчитаем напряжения, которые покажут вольтметры.

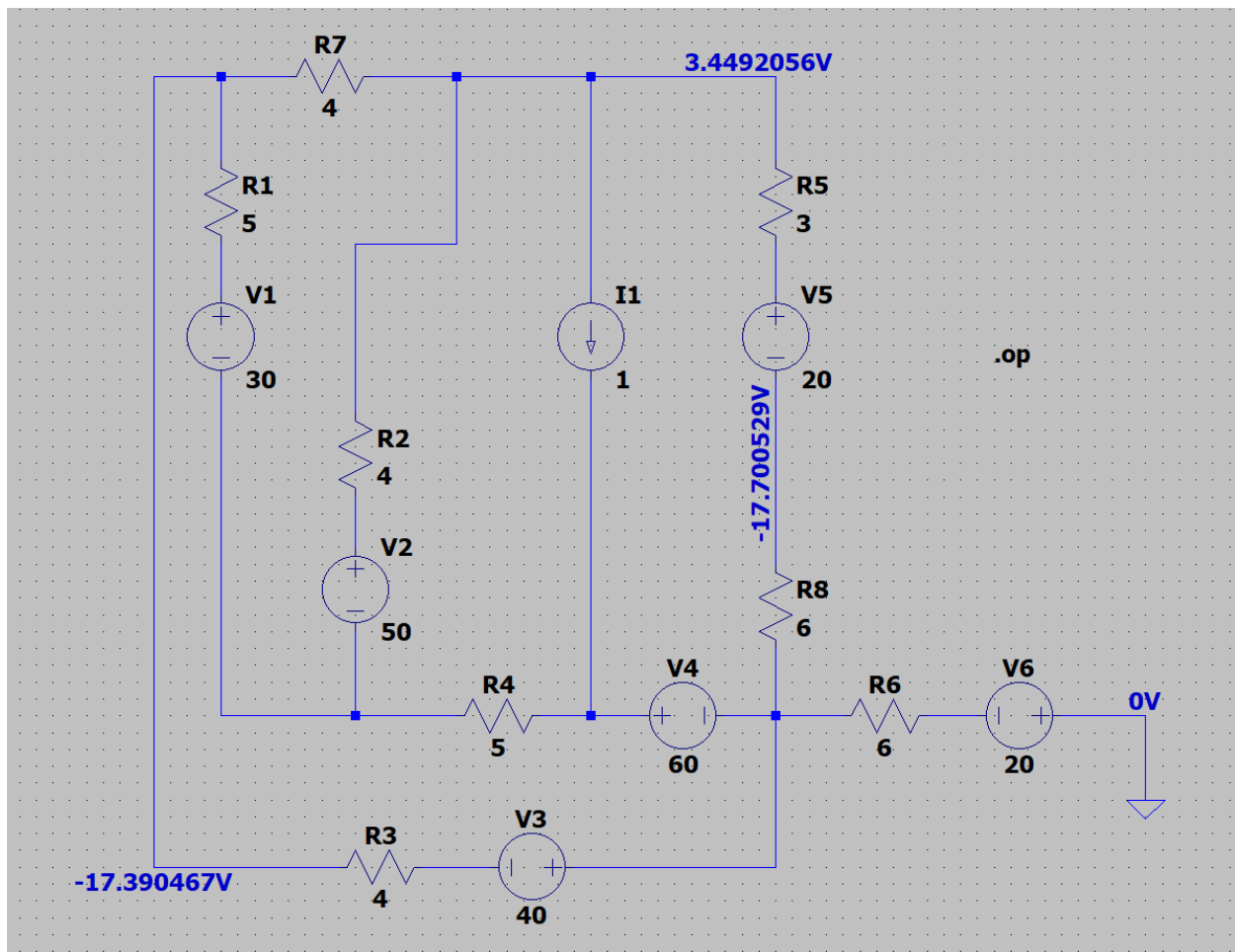
$$V_1 = -R_3 I_3 + E_3 + E_6 = -4 * 10.65238 + 40 + 20 \approx 17.3905$$

$$V_2 = -R_5 I_5 + E_5 = -3 * (-0.38325) + 20 \approx 21.1498$$

Задание 5

Смоделируем схему в LTSpice и сравним результаты.

--- Operating Point ---		
V(n003) :	9.82186	voltage
V(n007) :	-20.1781	voltage
V(n001) :	-17.3905	voltage
V(n005) :	29.8219	voltage
V(n002) :	3.44921	voltage
V(n009) :	-20	voltage
V(n011) :	-60	voltage
V(n008) :	40	voltage
V(n004) :	2.29947	voltage
V(n006) :	-17.7005	voltage
V(n010) :	-20	voltage
I(I1) :	1	device_current
I(R8) :	0.383245	device_current
I(R7) :	5.20992	device_current
I(R6) :	0	device_current
I(R5) :	0.383245	device_current
I(R4) :	12.0356	device_current
I(R3) :	-10.6524	device_current
I(R2) :	-6.59316	device_current
I(R1) :	-5.44247	device_current
I(V6) :	0	device_current
I(V5) :	0.383245	device_current
I(V4) :	-11.0356	device_current
I(V3) :	-10.6524	device_current
I(V2) :	-6.59316	device_current
I(V1) :	-5.44247	device_current



Результаты (и токи, и показания вольтметров) совпадают.