МИНОБРНАУКИ

РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

Высшее профессиональное образование

**Курсовая работа “Методы расчёта электрических цепей”**

Дисциплина “Электротехника”

Вариант-

Выполнил:

Студент группы ЭН-21

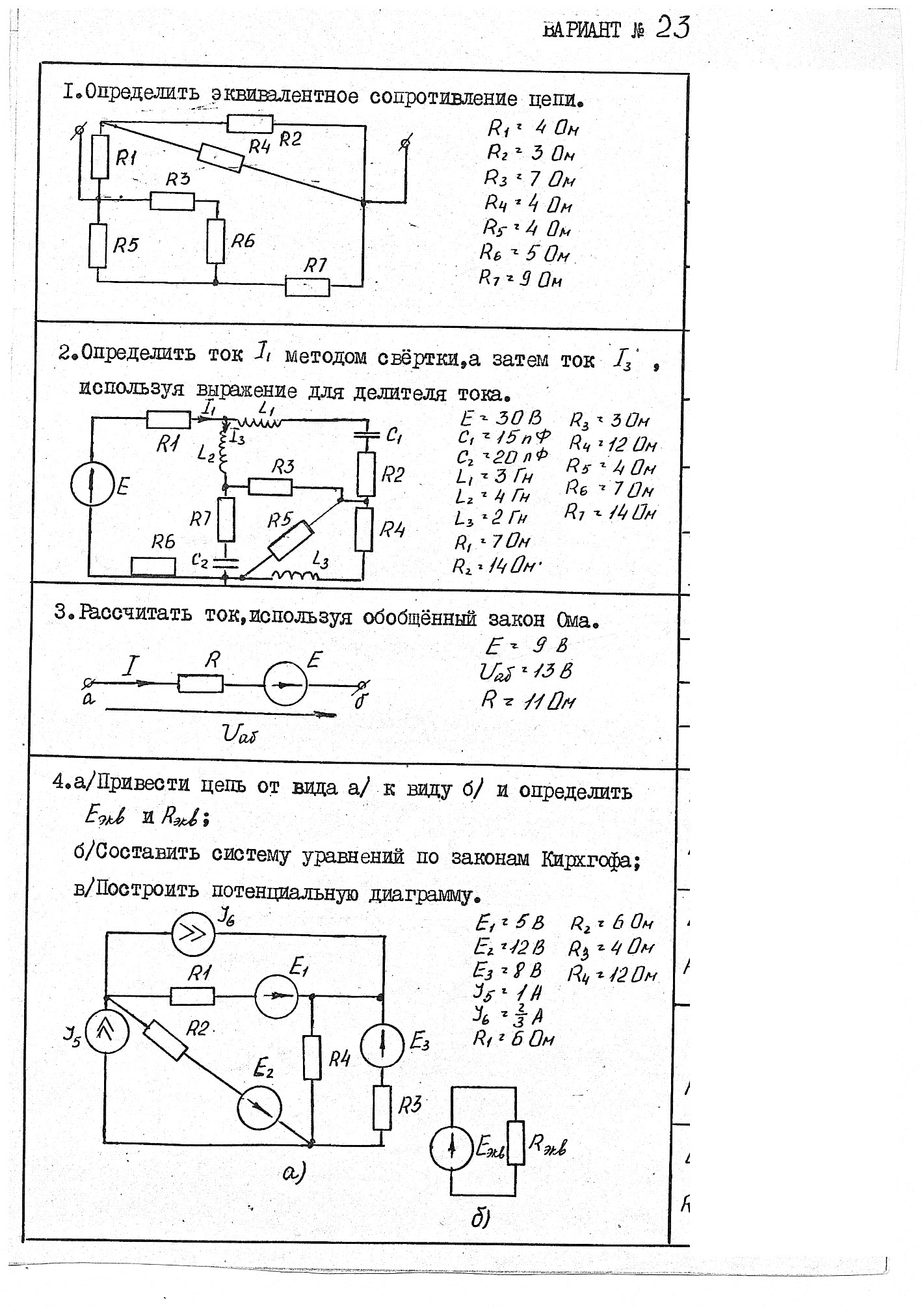
Проверил:

Дата\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

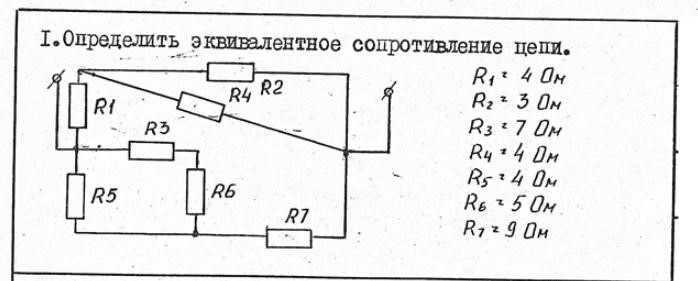
Оценка\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

# Глава1: Постоянный ток



**Задание 1:**



Дано: R1= 4 Ом, R2=4 Ом, R3= 7 Ом, R4= 4 Ом, R5= 4 Ом, R6= 5 Ом, R7= 9 Ом.

R36= R3+R6= 7+5= 12 Ом (соединены последовательно)

1/R356= (1/R36) + (1/R5) = 1/12+1/4= 1/3 Ом (соединены параллельно)

R356 = 3 Ом

R3567= R356 + R7= 3+9= 12 Ом (соединены последовательно)

1/R24= (1/R2) + (1/R4) = 1/3 + 1/4 = 7/12 Ом (соединены параллельно) R24 = 12/7 Ом

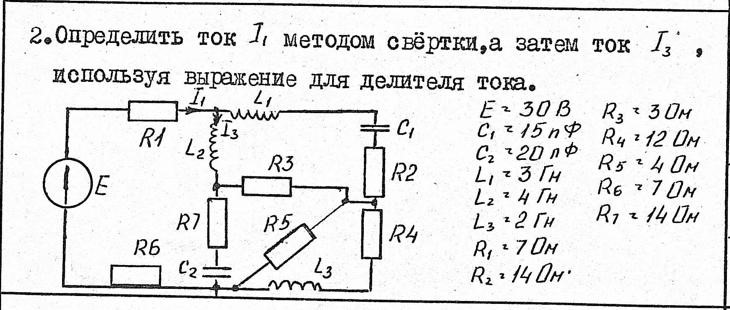
R124 = R1+ R24 = 4 + 12/7 = 40/7 Ом (соединены последовательно)

1/Rэ = 1/R124 + 1/ R3567 = 1/12 + 7/40 = 31/120 Ом (соединены параллельно)

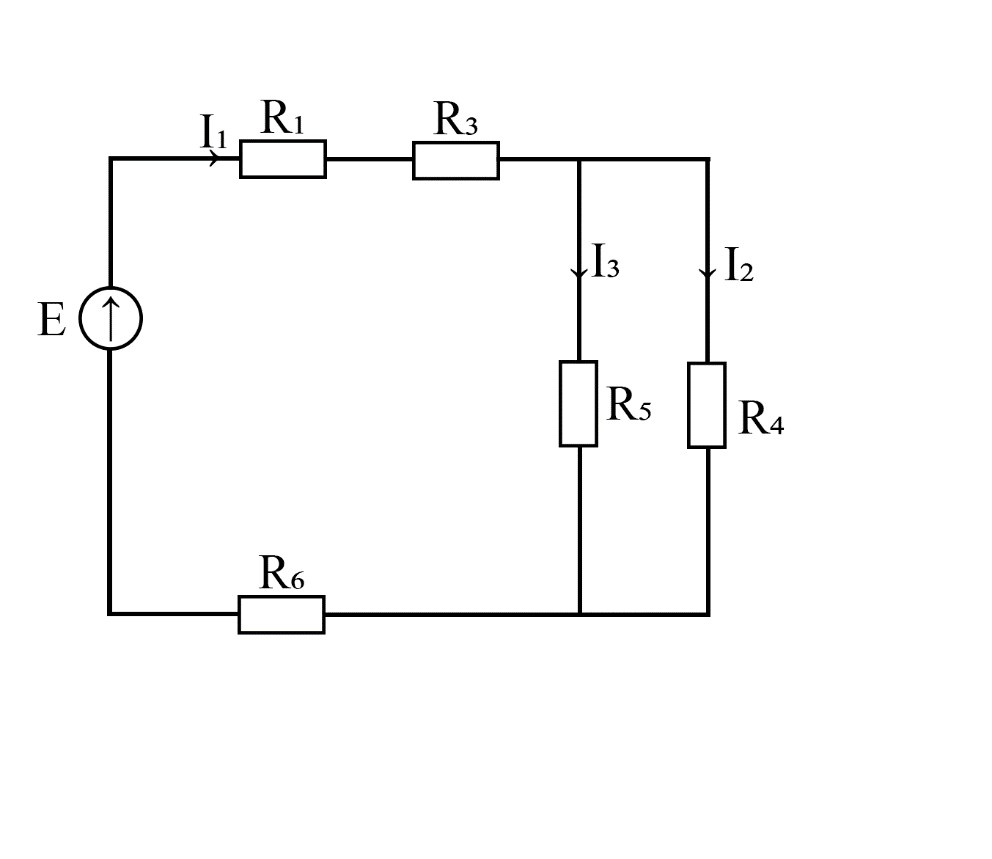
Rэ = 120/31 = 3,87 Ом

**Ответ:** R1234567 = 3,87 Ом

**Задание 2:**



Дано: Е= 30 В, С1= 15 пФ, С2= 20 пФ, L1= 3 Гн, L2= 4 Гн, L3= 2 Гн, R1= 7 Ом, R2= 14 Ом, R3= 3 Ом, R4= 12 Ом, R5= 4 Ом, R6= 7 Ом, R7= 14 Ом.



R13 = R1 + R3= 7+3 =10 Ом (соединены последовательно)

1/ R45 = (1/R4) + (1/R5) = 1/12 + 1/4 = 1/3 Ом (соединены параллельно) R45 = 3 Ом

Rэ = R13 + R45 + R6 = 7 + 3 + 10 = 20 Ом (соединены последовательно) I1 \* Rэ = E

I1 = 30 / 20 = 1,5 А

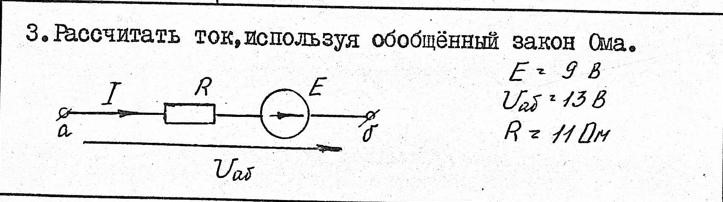
Так как по ветви с C1 ток не течёт, следовательно ток I1 равен току I3

I1 = I3

I1 =I3 = 1,5 А

**Ответ:** I1= 1,5 А, I3= 1,5 А

**Задание 3:**



Дано: Uaб = 13В, Е=9, R= 11Ом

**Решение:**

Обобщенный закон Ома:

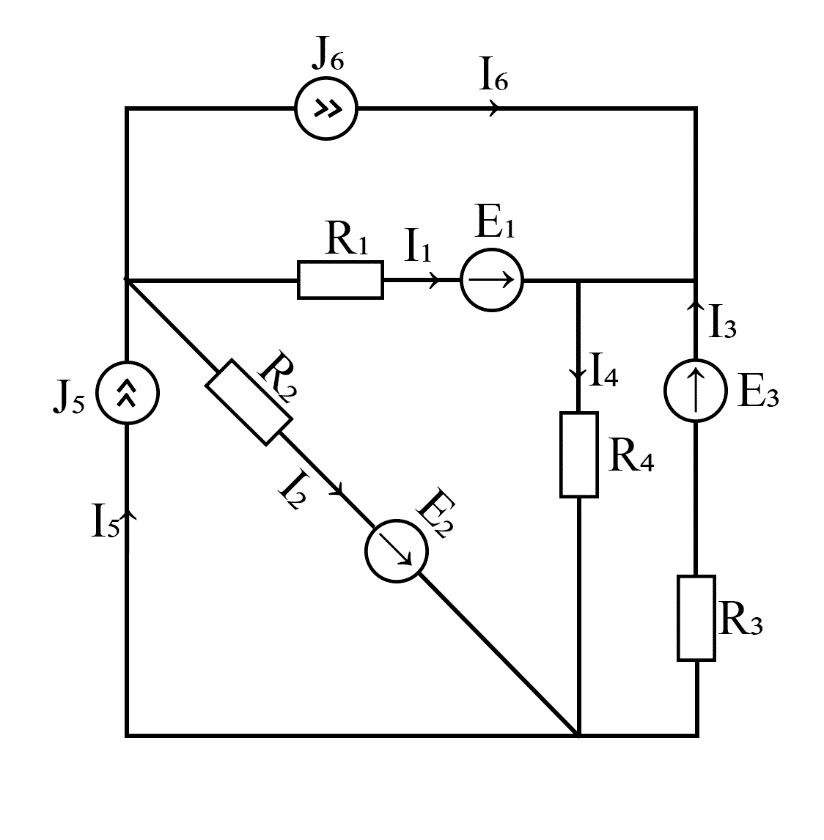
I= (Uаб +Е) / R

I = (13+9) / 11 = 0,36 А

Ответ: I= 0,36 А

**Задание 4:**

Схема с условно положительными направлениями токов:



Е1= 5В;

Е2= 12В;

Е3= 8В;

R1= 6Ом;

R2= 6Ом;

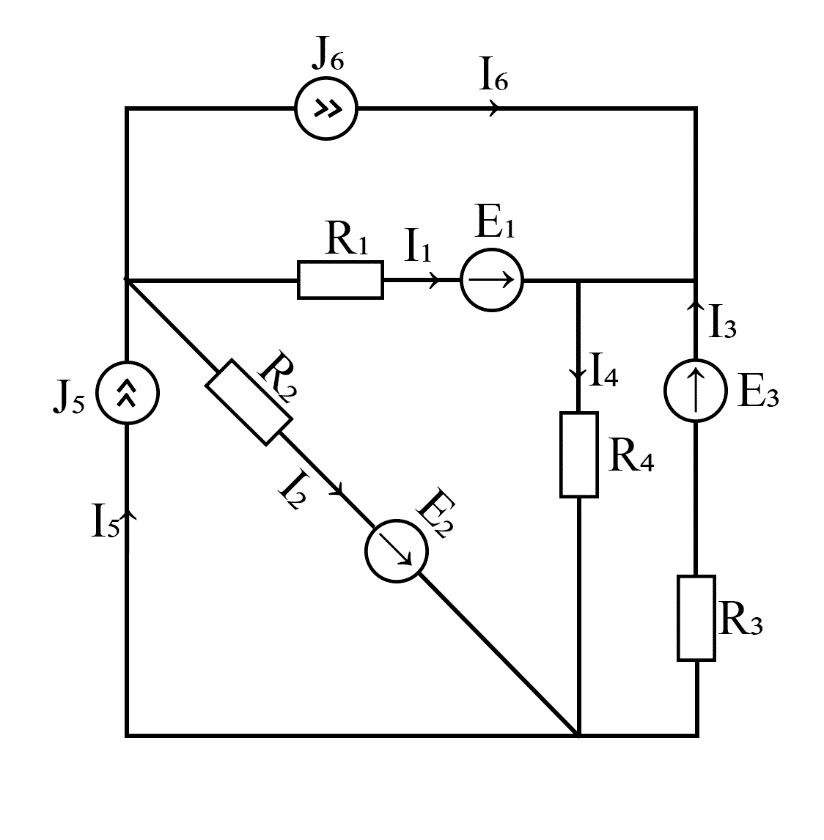
R3= 4Ом;

R4= 12Ом;

J5= 1А;

J6= 2/3А;

## Метод Эквивалентных Преобразований (МЭП)



Выберем ветвь 3

𝐽

1

=

𝐸

1

𝑅

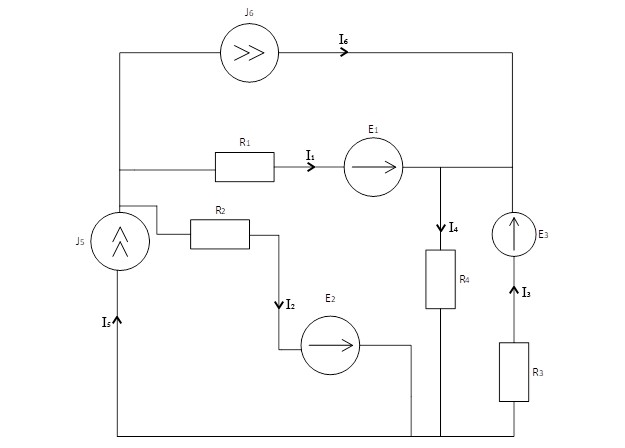
1

=

5

6

𝐴



𝐽

16

=

𝐽

1

+

𝐽

6

=

5

6

+

2

3

=

1

,

5

𝐴

𝐽

2

=

𝐸

2

𝑅

2

=

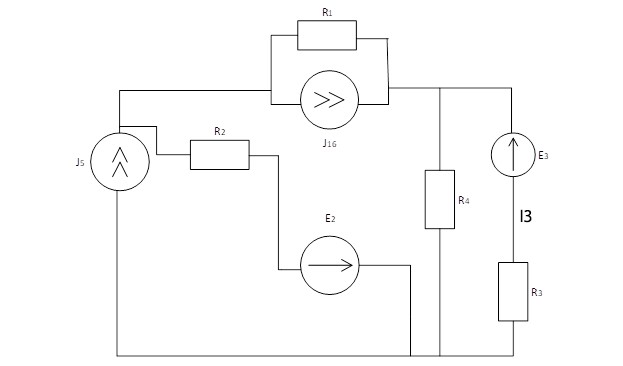
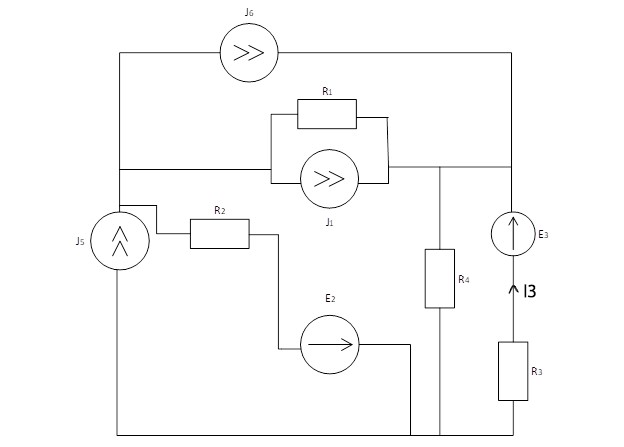
12

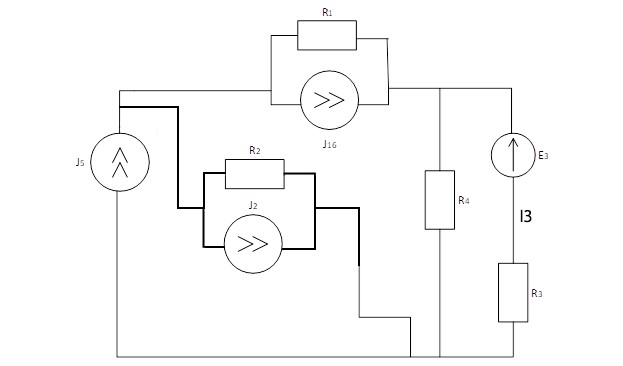
6

=

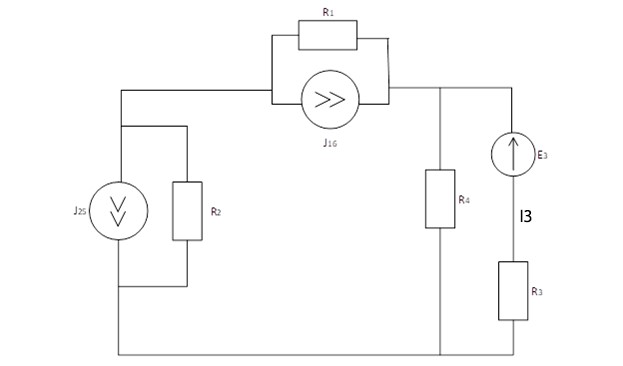
2

𝐴

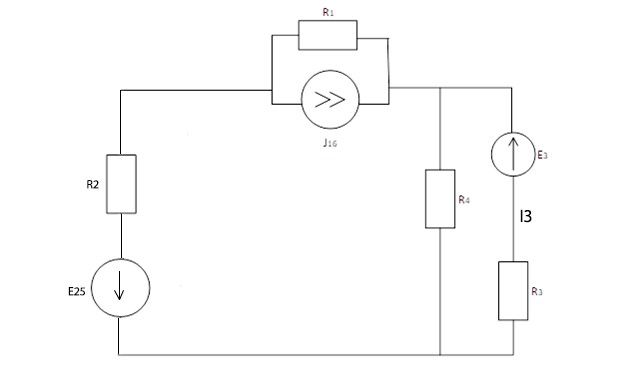




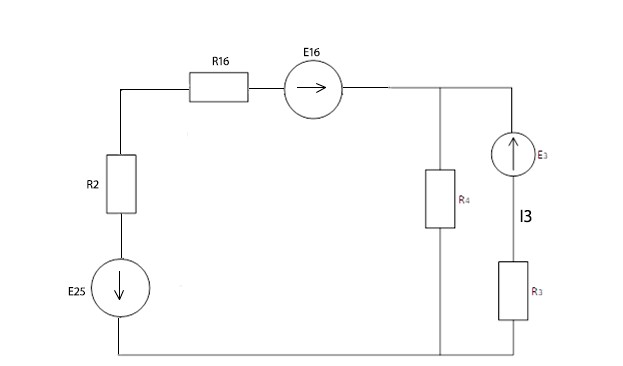
𝐽25 = 𝐽2 − 𝐽5 = 2 − 1 = 1𝐴



E25 = J25 \* R25 = 6 В

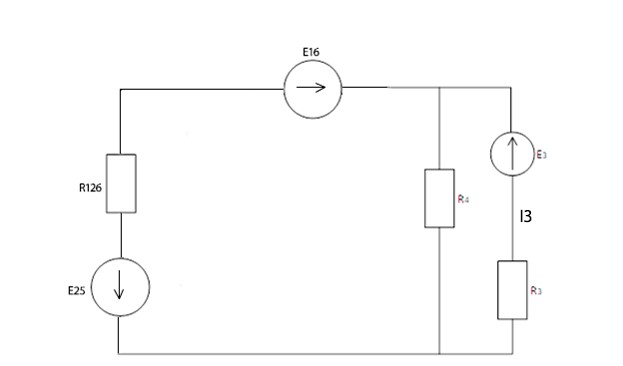


E16 = J16 \* R1 = 9 В

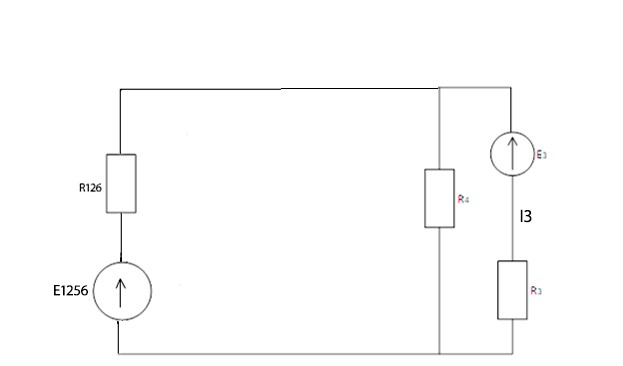


R16 = R1

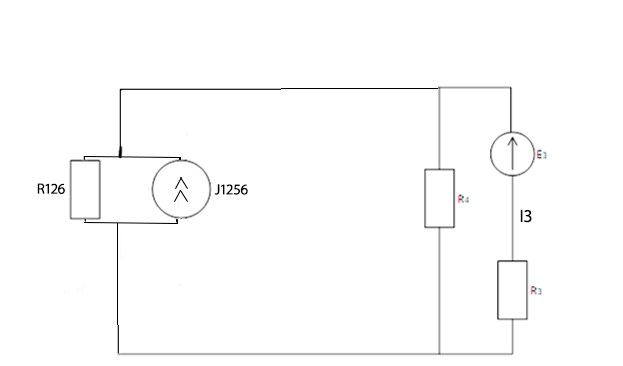
R126 = R2 + R16 = 12 Ом



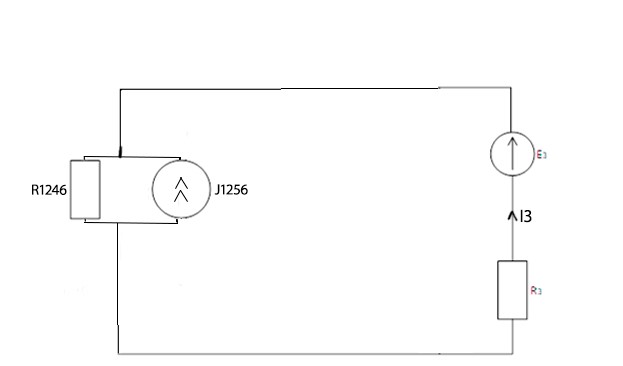
Е1256 = Е16 – Е25 = 9 – 6 = 3 В



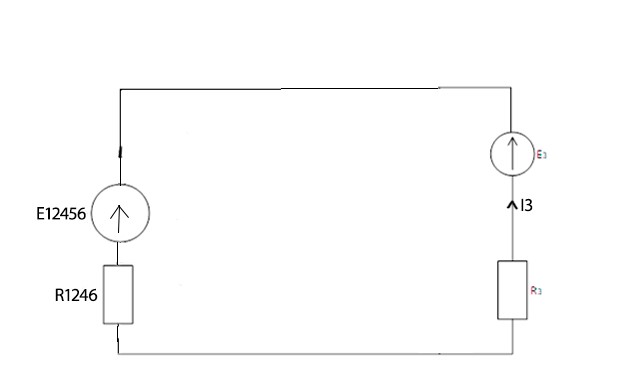
J1256 = Е1256 / R126 = 3 / 12 = 0.25А



R1246 = (R126\*R4)/(R126+R4) = (12\*12)/(24) = 6 Ом

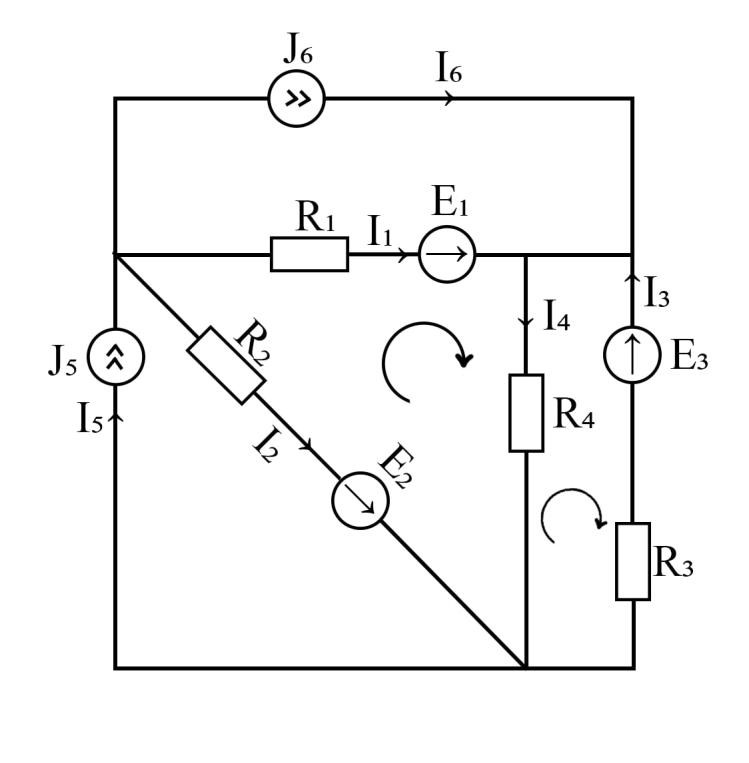


E12456 = J1256\*R1246 = 1,5 В



I3 = (E3 - E12456) / (R1246 + R3) = -0.65 А

## 1 и 2 Законы Кирхгофа



NI = n – 1= 3 – 1 = 2, где n – количество узлов.

NII = в-а-(n – 1) = 6 - 2 - (3 – 1) = 2, где в – количество ветвей, а – количество ветвей с источником тока

Составим систему уравнений:

𝐼5 − 𝐼6 − 𝐼2 − 𝐼1 = 0

{ 𝐼1 − 𝐼4 + 𝐼3 + 𝐼6 = 0

𝐼1 ∗ 𝑅1 + 𝐼4 ∗ 𝑅4 − 𝐼2 ∗ 𝑅2 = 𝐸1 − 𝐸2

−𝐼3 ∗ 𝑅3 − 𝐼4 ∗ 𝑅4 = −𝐸3

Запишем систему с подставленными константами: 𝐼5 = 𝐽5; 𝐼6 = 𝐽6;

𝐼2 + 𝐼1 = 𝐽5 − 𝐽6

{ 𝐼1 − 𝐼4 − 𝐼3 = −𝐽6

𝐼1 ∗ 𝑅1 + 𝐼4 ∗ 𝑅4 − 𝐼2 ∗ 𝑅2 = 𝐸1 − 𝐸2 −𝐼3 ∗ 𝑅3 − 𝐼4 ∗ 𝑅4 = −𝐸3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝐼1 | 𝐼1 | 𝐼1 | 𝐼1 | . |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 𝐽5 − 𝐽6 |
| 1  𝑅1  0 | 0  −𝑅2 0 | 1  0  −𝑅3 | −1  𝑅4  −𝑅4 | −𝐽6  𝐸1 − 𝐸2  −𝐸3 |

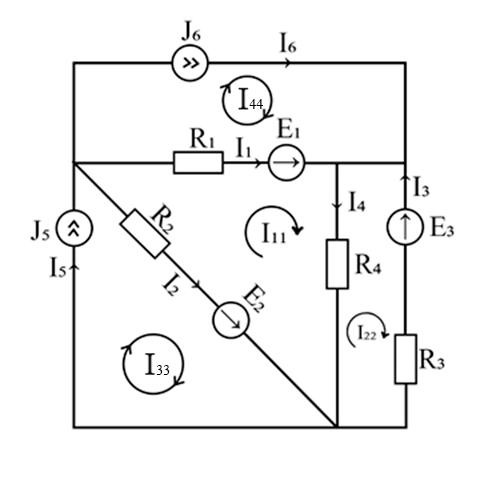
I1= -0.87А

I2=1.2А

I3=-0.65А

I4=0.45А

## МКТ (Метод контурных токов)



Определим количество уравнений по формуле: 𝑁мкт = в − (𝑛 − 1) − а где в – количество ветвей, n – количество узлов, а – кол-во источников тока

𝑁мкт = 7 − (4 − 1) − 2 = 2ур

{𝐼11 × (𝑅1 + 𝑅2+ 𝑅4) − 𝐼22 × 𝑅4 − 𝐼33 × 𝑅2 − 𝐼44 × 𝑅1 = 𝐸1 − 𝐸2

−𝐼11 × 𝑅4 + 𝐼22 × (𝑅3+ 𝑅4) = −𝐸3

Заменим константы I33 и I44, на равные им J5 и J6 и перенесём на правую сторону

{𝐼11 × (𝑅1 + 𝑅2+ 𝑅4) − 𝐼22 × 𝑅4 = 𝐸1 − 𝐸2 + 𝐽5 × 𝑅2 + 𝐽6 × 𝑅1

−𝐼11 × 𝑅4 + 𝐼22 × (𝑅3+ 𝑅4) = −𝐸3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 𝐼11 | 𝐼22 | . |
| 𝑅1 + 𝑅2 + 𝑅4 −𝑅4 | −𝑅4  𝑅3 + 𝑅4 | 𝐸1 − 𝐸2 + 𝐽5 × 𝑅2 + 𝐽6 × 𝑅1  −𝐸3 |
| 𝐼11 𝐼22 | . |  |
| 24 −12 −12 16 | 3 −8 |  |

Из решенной матрицы:

I11 = -0.2 А

I22 = -0.65 А

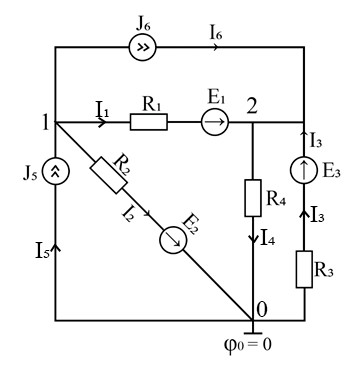
Выразим токи ветвей через контурные токи: I1 = I11 – J6 = -0.87A

I2 = I11 + J5 = 1.2A

I3 = I22 = -0.65A

I4 = I11 – I22 = 0.45A

## МУП (Метод узловых потенциалов)



Вычисляем количество уравнений по методу узловых потенциалов по формуле:

Nур = n – 1 = 3 – 1 = 2 n = количество узлов в цепи

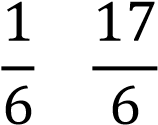
Составим систему уравнений:

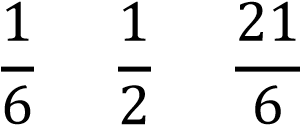
{ 𝜑1 × (𝑔1 + 𝑔2) − 𝜑2 × (𝑔1) = −𝐸1 × 𝑔1 − 𝐸2 × 𝑔2 + 𝐽5 − 𝐽6

−𝜑1 × (𝑔1) + 𝜑2 × (𝑔1 + 𝑔3 + 𝑔4) = 𝐸1 × 𝑔1 + 𝐸3 × 𝑔3 + 𝐽6 Составим матрицу:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 𝜑1 | 𝜑2 | . |
| 𝑔1 + 𝑔2  −𝑔1 | −𝑔1  𝑔1 + 𝑔3 + 𝑔4 | −𝐸1 × 𝑔1 − 𝐸2 × 𝑔2 + 𝐽5 − 𝐽6  𝐸1 × 𝑔1 + 𝐸3 × 𝑔3 + 𝐽6 |

𝜑1 𝜑2 .

−

− 

𝐼1 = (𝜑1 − 𝜑2 + 𝐸1) × 𝑔1 = −0.87𝐴

𝐼2 = (𝜑1 − 𝜑3 + 𝐸2) × 𝑔2 = 1.2𝐴

𝐼3 = (𝜑2 − 𝜑3 − 𝐸3) × 𝑔3 = −0.65𝐴

𝐼4 = (𝜑2 − 𝜑3) × 𝑔4 = 0.45𝐴

I1 = -0.87A

I2 = 1.2A

I3 = -0.65A

I4 = 0.45A

**Проверка по первому закону Кирхгофа** Токи возьмем из МКТ.

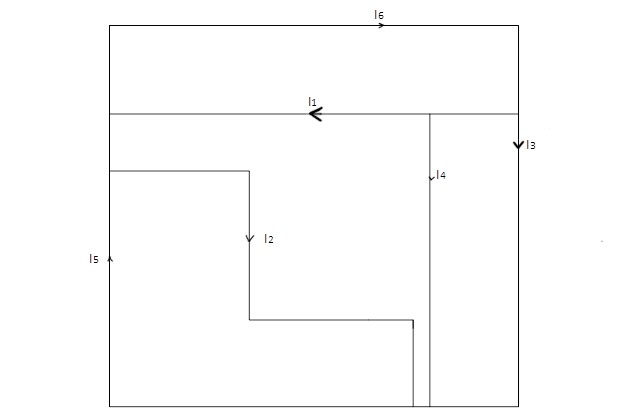
I5 – I6 – I2 – I1 = 0

1-0.67-1.2+0.87=0 Верно

I1 – I4 + I3 + I6 = 0

-0.87-0.45+0.65+0.67=0 Верно

## Граф цепи



## Баланс Мощности

Источники: 𝐸2 𝐽1 𝐽2

Потребители: 𝑅1 𝑅2𝑅3 𝑅4 𝐸3 𝐸1

Для источника тока J5 и J6 найдем Uj5 и Uj6

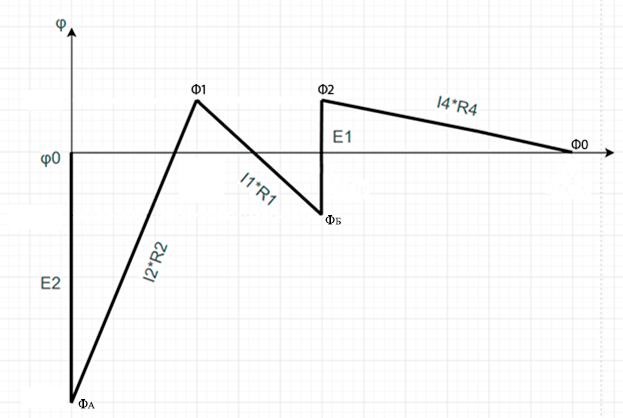
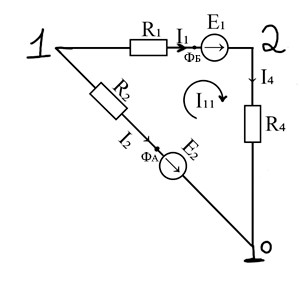
𝑈𝑗5 = 𝜑0 − 𝜑1 = − φ1 = 4,8 В

𝑈𝑗6 = 𝜑1 − 𝜑2 = −10,2 В

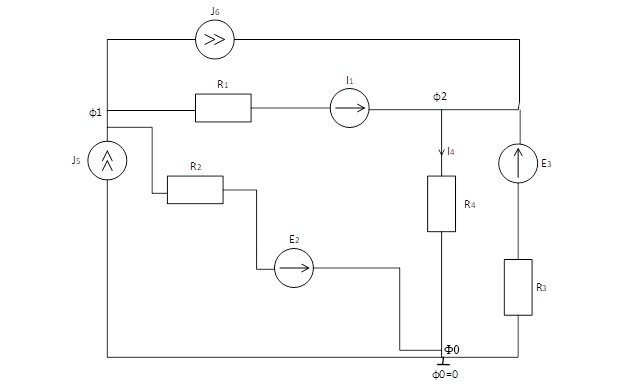
𝑃ист = 𝐸2 ∗ 𝐼2 + 𝐽5 ∗ 𝑈𝑗5 + 𝐽6 ∗ |𝑈𝑗6| = 26Вт

𝑃пот = 𝐼21 ∙ 𝑅1 + 𝐼22 ∙ 𝑅2 + 𝐼23 ∙ 𝑅3 + 𝐼24 ∙ 𝑅4 + 𝐸1 ∙ |𝐼1| + 𝐸3 ∗ |𝐼3| = 26Вт

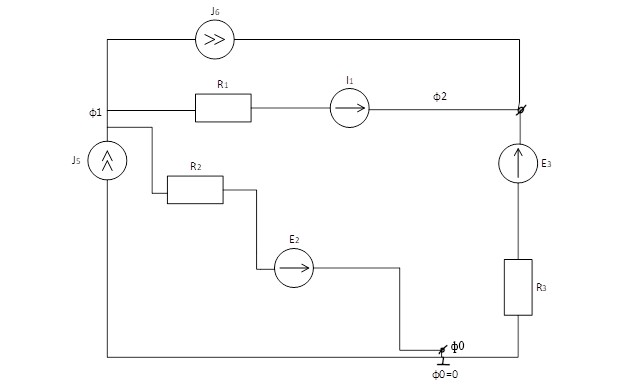
По результатам вычислений видно, что Pист равен Pпот  **Потенциальная Диаграмма**



## МЭГ (Метод Эквивалентных Генераторов)



В качестве нагрузки выберем ветвь, содержащую R4



Из МУП удаляем R4:

𝜑1 𝜑2 .

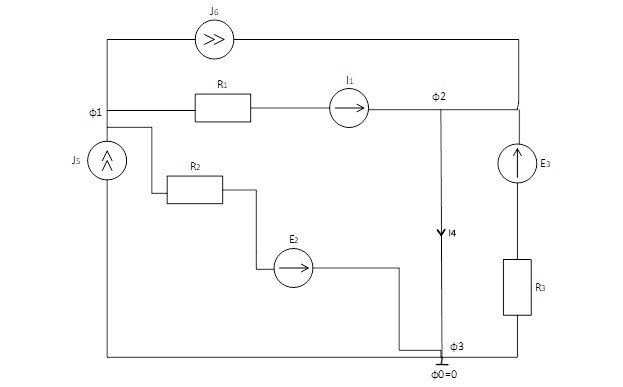
𝑔1 + 𝑔2 −𝑔1 −𝐸1 ∗ 𝑔1 − 𝐸2 ∗ 𝑔2 + 𝐽5 − 𝐽6 −𝑔1 𝑔1 + 𝑔3 𝐸1 ∗ 𝑔1 + 𝐸3 ∗ 𝑔3 + 𝐽6

ϕ1 = -4,125 ϕ2 = 6,75

Найдём Uхх

Uхх = ϕ2– ϕ0 = 6,75В

Найдём ток короткого замыкания. Замкнём цепь, исключив R4



Из МКТ уберем R4

𝑅1 + 𝑅2 0 𝐸1 − 𝐸2 + 𝐽5 ∗ 𝑅2 + 𝐽6 ∗ 𝑅4

0 𝑅3 −𝐸3

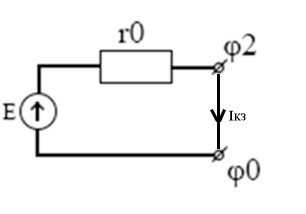
I11 = 0.58А

I22 = -2А

Iкз = I4 = I11-I22 = 2.58А

С помощью обобщенного закона Ома найдем внутреннее сопротивление:

E = Uxx



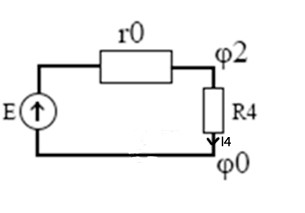
𝐸

𝑟0 = = 2,61 Ом

𝐼кз

**Эквивалентный Генератор Напряжения (ЭГН):**

## E = Uxx



𝑬

𝑰𝟒 = = 𝟔, 𝟕𝟓/(𝟏𝟐 + 𝟐, 𝟔𝟏) = 𝟎. 𝟒𝟓А

𝑹𝟒 + 𝒓𝟎

**Эквивалентный Генератор Тока:**

## J = Iкз

𝑰

𝟒

=

𝑱

∗

𝒓𝟎

𝒓

𝟎

+

𝑹𝟒

=

(

𝟐

,

𝟓𝟖

∗

𝟐

,

𝟔𝟏

)

/

(

𝟐

,

𝟔𝟏

+

𝟏𝟐

)

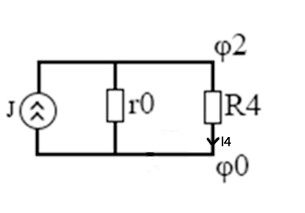
=

𝟎

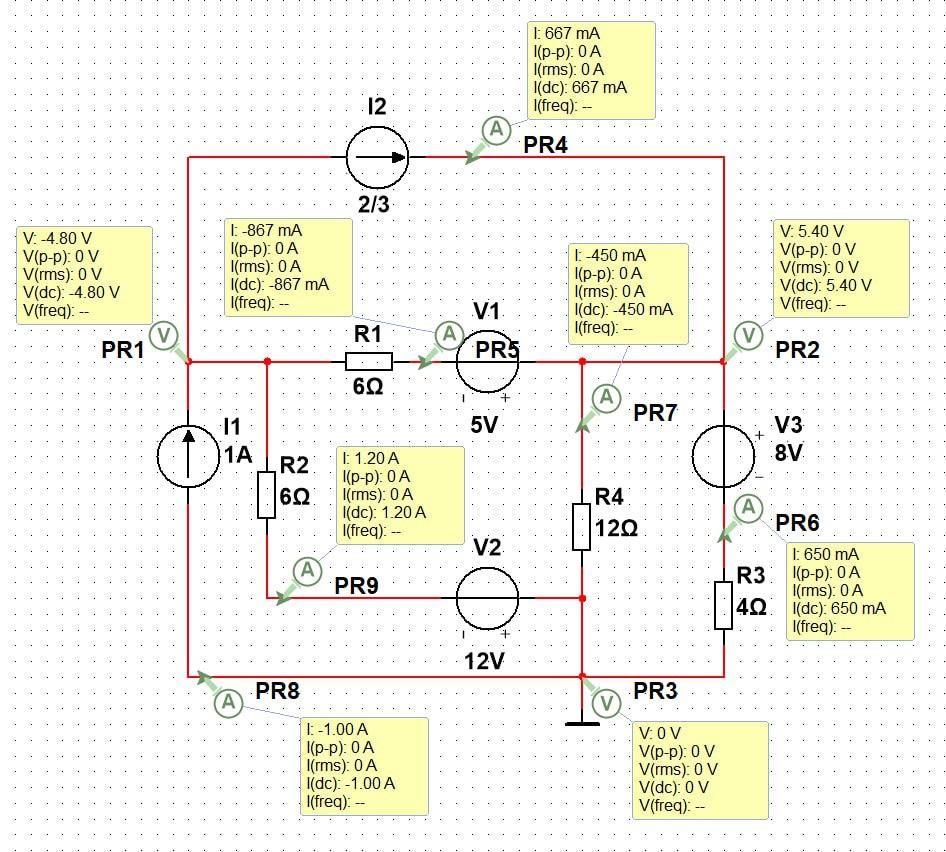
.

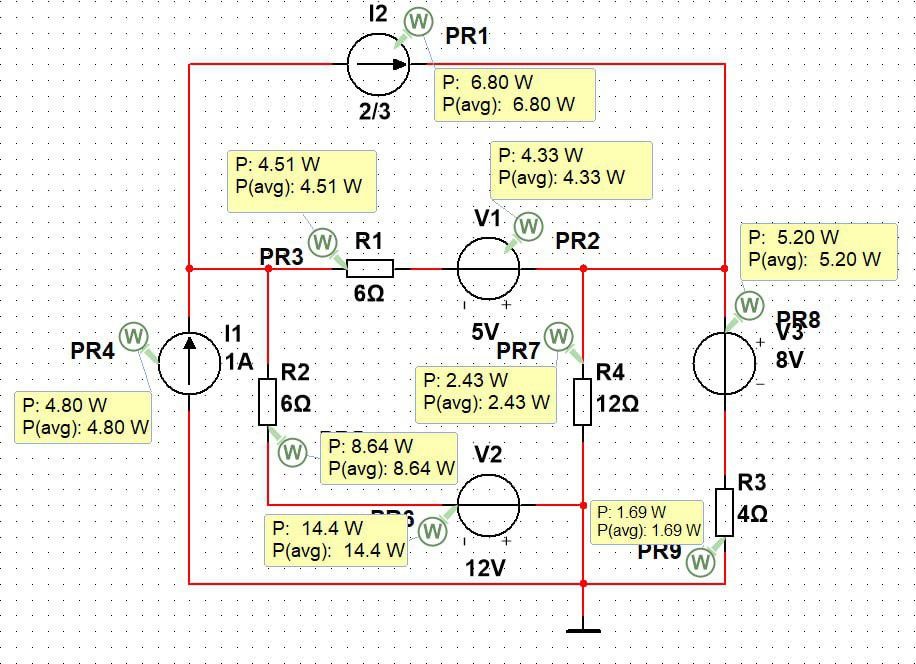
𝟒𝟓

**А**



## Мультисим





## Таблица результатов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Токи |  |  |  | Метод | |  |  |
| **МЭП** | **12зК** | **МКТ** |  | **МУП** | **МЭГ** | **Multisim** |
| **I1** |  | **-0,87** | **-0,87** |  | **-0,87** |  | **-0,87** |
| **I2** |  | **1,2** | **1,2** |  | **1,2** |  | **1,2** |
| **I3** | **-0,65** | **-0,65** | **-0,65** |  | **-0,65** |  | **-0,65** |
| **I4** |  | **0,45** | **0,45** |  | **0,45** | **0,45** | **0,45** |
| **I5** | **1** | **1** | **1** |  | **1** | **1** | **1** |
| **I6** | **0.66** | **0.66** | **0.66** |  | **0.66** | **0.66** | **0.66** |