

## Общие указания по выполнению расчетно-графических работ

1. Расчетно-графические работы выполняются на листах формата А4. Текст, формулы и векторные диаграммы набираются в каком-либо текстовом редакторе (шрифт *Times New Roman*, размер – 14). Допускается выполнение расчетно-графической работы в рукописной форме аккуратным почерком.

2. Графики желательно выполнять с помощью какой-либо программы (*Advanced Grapher, Excel* и т. п.).

3. Все этапы выполнения расчетно-графической работы должны быть кратко объяснены.

4. Расчетно-графическая работа должна включать список литературы.

5. Титульный лист расчетно-графической работы должен включать:

- название учебного заведения;
- название кафедры;
- название расчетно-графической работы (или нескольких работ, если они объединены в одной пояснительной записке);
- номер варианта;
- фамилию, и., о. студента;
- индекс группы;
- фамилию, и., о. преподавателя, выдавшего задание.

### Расчетно-графическая работа № 1 Расчет линейных цепей постоянного тока

1. По заданному номеру варианта из табл. 1 выбрать схему цепи и численные данные для расчета. Знак «—» означает, что данный элемент отсутствует.

2. Рассчитать все токи в цепи классическим методом на основе законов Кирхгофа.

3. Рассчитать все токи в цепи методом контурных токов.

4. Сравнить полученные результаты.

5. Произвести проверку расчетов с помощью баланса мощностей.

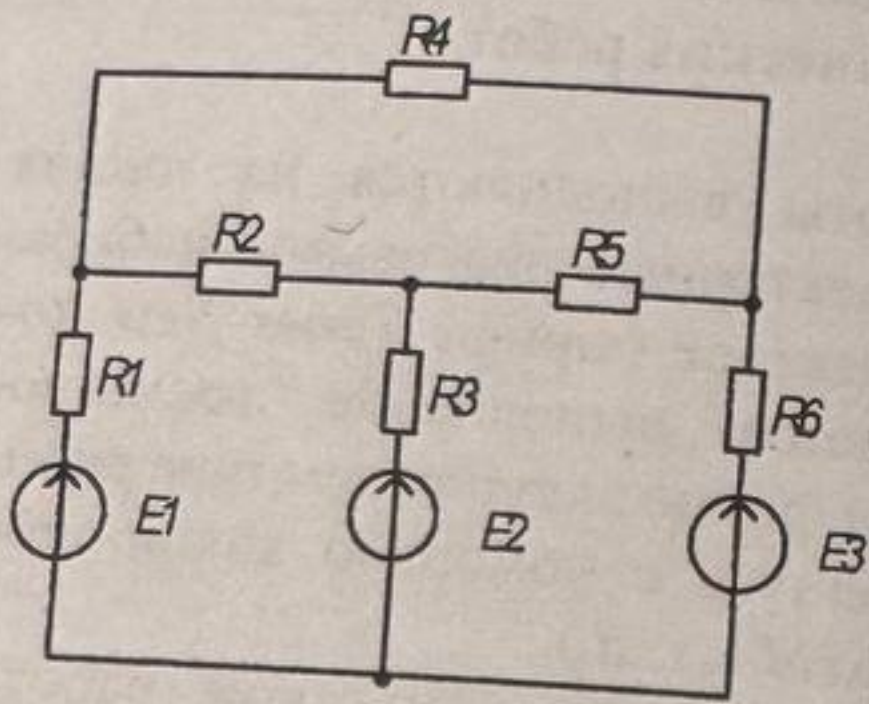


Рис. 1. Схема № 1

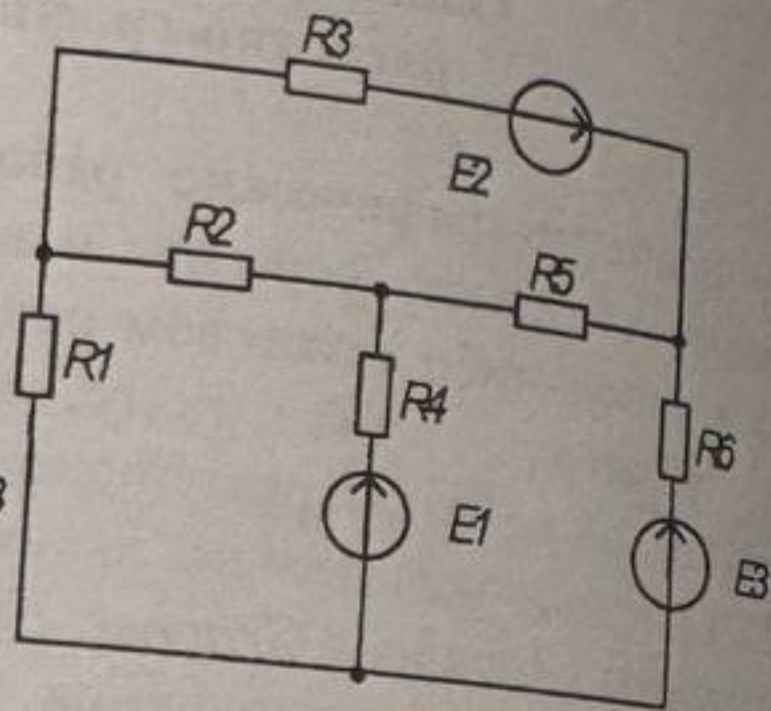


Рис. 2. Схема № 2

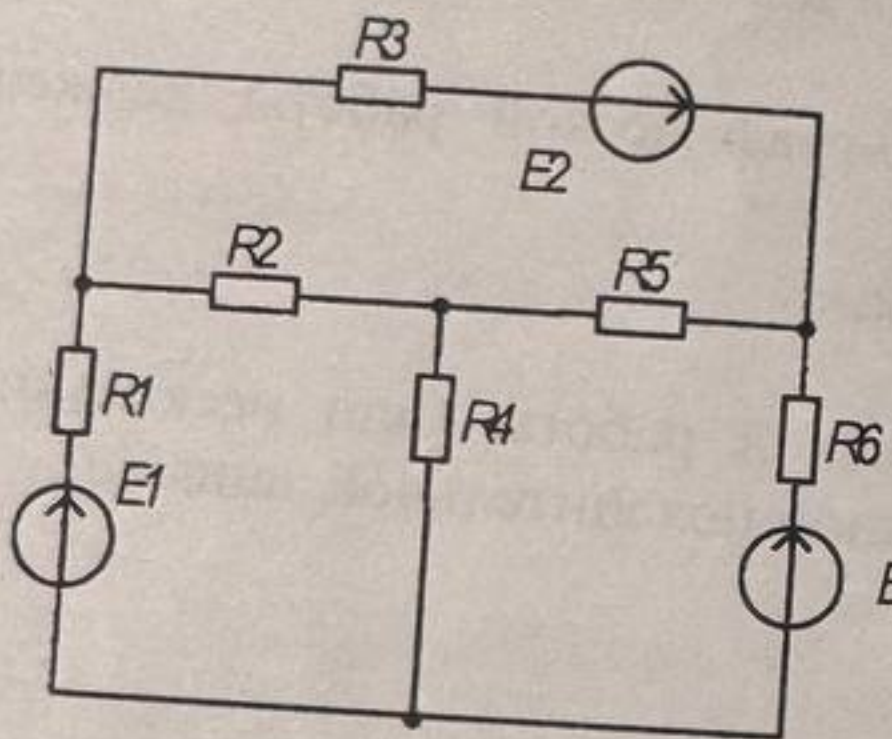


Рис. 3. Схема № 3

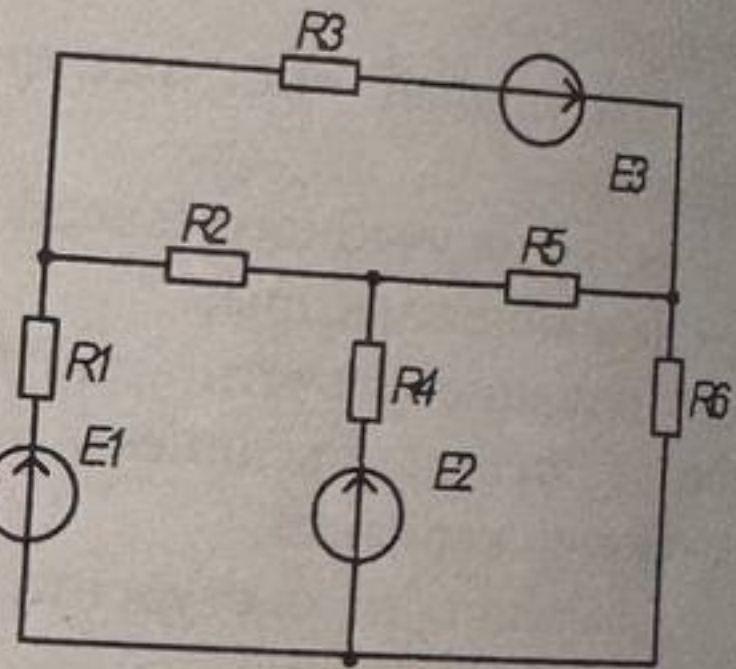


Рис. 4. Схема № 4

Таблица 1. Исходные данные для расчетно-графической работы № 1

№ вар.	№ рис.	$E1, В$	$E2, В$	$E3, В$	$R1, Ом$	$R2, Ом$	$R3, Ом$	$R4, Ом$	$R5, Ом$	$R6, Ом$
1	1	10	10	-	10	40	30	20	10	-
2	1	10	20	-	10	40	30	20	20	-
3	1	20	10	-	10	40	30	20	10	-
4	1	20	20	-	10	40	30	20	20	-
5	1	30	10	-	10	40	30	40	10	-
6	1	30	20	-	10	40	30	40	20	-
7	1	40	10	-	10	40	30	40	10	-

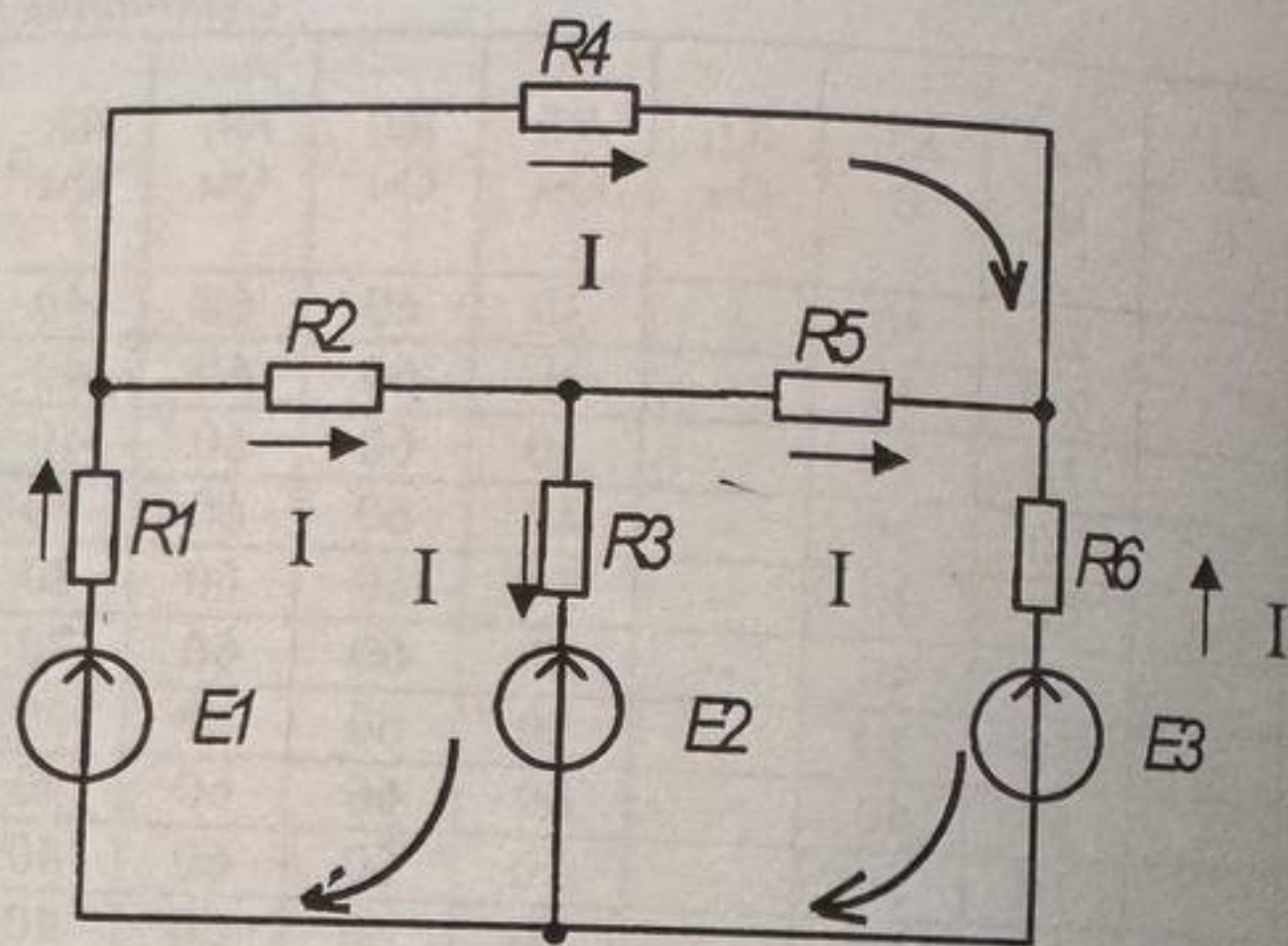


Рис. 5. Схема для примера расчета

Исходные данные:  $E1 = 20$  В,  $E2 = 0$ ,  $E3 = 30$  В,  $R1 = 10$  Ом,  $R2 = 20$  Ом,  $R3 = 25$  Ом,  $R4 = 40$  Ом,  $R5 = 15$  Ом,  $R6 = 0$ .

### Расчет цепи классическим методом

1. Определяем топологические элементы цепи. В частности, цепь содержит четыре узла, шесть ветвей и семь контуров. Поэтому необходимо найти значения шести токов. Число уравнений, составляемых по законам Кирхгофа, также равно шести. При этом число уравнений по первому закону Кирхгофа должно быть на единицу меньше числа узлов, т. е. оно в данном случае равно трем.
2. Выбираем обозначения и направления токов в ветвях, как показано на рис. 5.
3. Выбираем три контура и направления их обхода. На рис. 5 выбраны три внутренних контура и направления обхода по часовой стрелке. Контура должны включать все элементы цепи.
4. Составляем три уравнения по первому закону Кирхгофа и три уравнения по второму закону Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_4 = 0 \\ I_2 - I_3 - I_5 = 0 \\ I_4 + I_5 + I_6 = 0 \\ I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_1 - E_2 \\ -I_2 R_2 + I_4 R_4 - I_5 R_5 = 0 \\ -I_3 R_3 + I_5 R_5 - I_6 R_6 = E_2 - E_3 \end{cases} \quad (1)$$

5. Решаем систему (1) любым методом и получаем значения токов:

$$I_1 = -0,13 \text{ A}, I_2 = 0,087 \text{ A}, I_3 = 0,783 \text{ A}, I_4 = -0,217 \text{ A}, \\ I_5 = -0,696 \text{ A}, I_6 = 0,913 \text{ A}.$$

На рис. 6 показан листинг для программы *MathCAD*, позволяющей решить алгебраическую систему практически без затрат времени. Можно решить систему вручную, методом подстановки, изложенным в школьном курсе алгебры.

$$a := \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 10 & 20 & 25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -20 & 0 & 40 & -15 & 0 \\ 0 & 0 & -25 & 0 & 15 & 0 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 20 \\ 0 \\ -30 \end{pmatrix} \quad i := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Given

$$a \cdot i = b$$

$$\text{Find}(i) = \begin{pmatrix} -0.13 \\ 0.087 \\ 0.783 \\ -0.217 \\ -0.696 \\ 0.913 \end{pmatrix}$$

Рис. 6. Решение системы в *MathCAD*

Заметим, что отрицательные значения токов свидетельствуют о несоответствии реальных направлений токов ранее выбранным направлениям.

### Расчет цепи методом контурных токов

1. Определяем количество уравнений, составляемых в соответствии с данным методом. Оно должно быть равно числу уравнений, составляемых по второму закону Кирхгофа в классическом методе расчета, т. е. трем.

2. Выбираем три контура и направления соответствующих контурных токов. Выберем контурные токи  $I_{11}$ ,  $I_{22}$  и  $I_{33}$ , как показано на рис. 7.

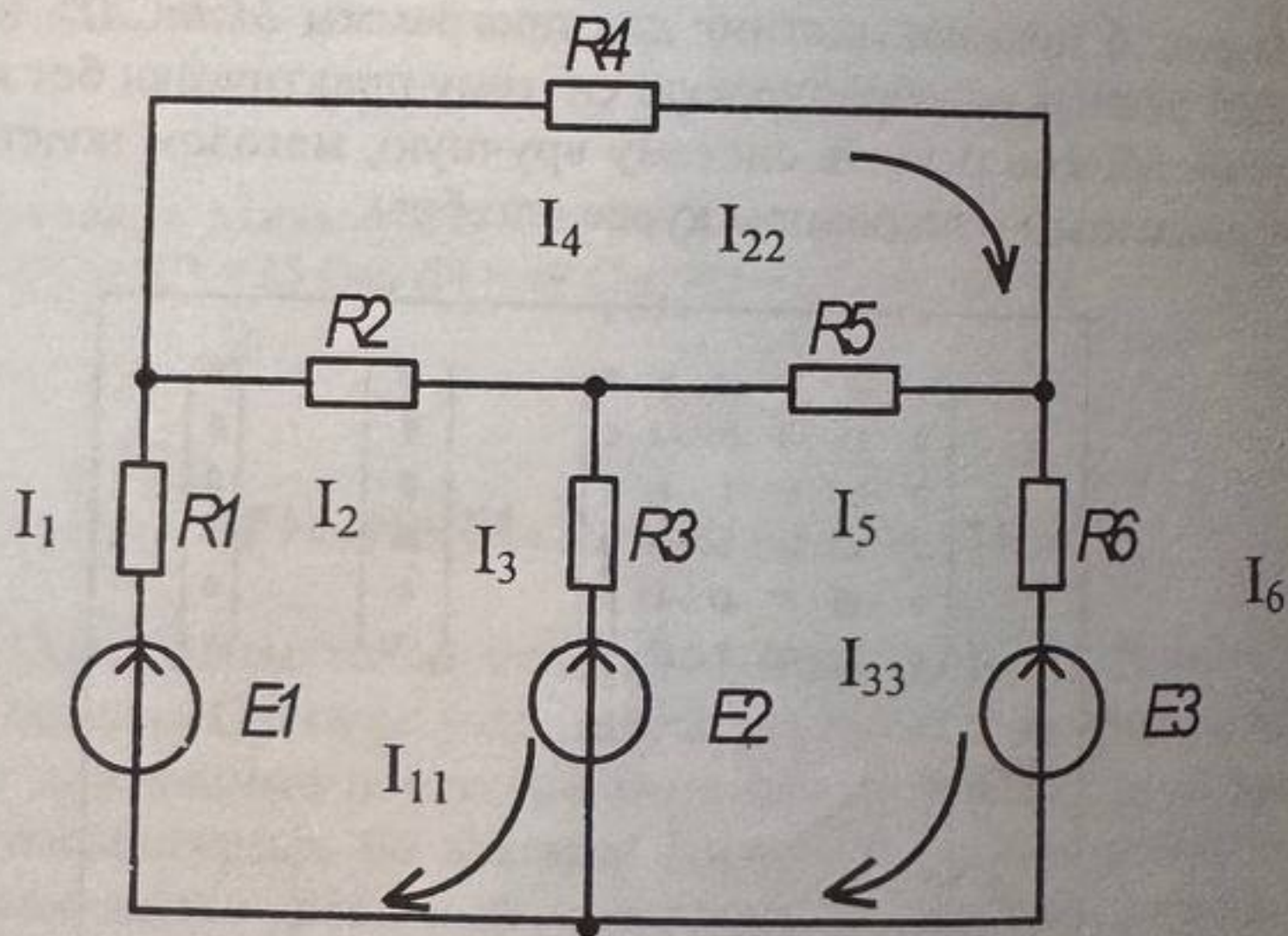


Рис. 7. Метод контурных токов

3. Составляем систему уравнений по методу контурных токов:

$$\begin{cases} I_{11}(R_1 + R_2 + R_3) - I_{22}R_2 - I_{33}R_3 = E_1 - E_2 \\ -I_{11}R_2 + I_{22}(R_2 + R_4 + R_5) - I_{33}R_5 = 0 \\ -I_{11}R_3 - I_{22}R_5 + I_{33}(R_3 + R_5) = E_2 - E_3 \end{cases} \quad (2)$$

4. Решаем систему (2) и находим контурные токи:

$$I_{11} = -0,13 \text{ А}, I_{22} = -0,217 \text{ А}, I_{33} = -0,913 \text{ А}.$$

5. Находим реальные значения токов в ветвях:

$$I_1 = I_{11} = -0,13 \text{ А}, I_2 = I_{11} - I_{22} = 0,087 \text{ А}, I_3 = I_{11} - I_{33} = 0,783 \text{ А},$$

$$I_4 = I_{22} = -0,217 \text{ А},$$

$$I_5 = I_{22} - I_{33} = 0,696 \text{ А}, I_6 = -0,913 \text{ А}.$$

Сравнивая значения токов, полученных двумя методами, можно заметить, что они практически совпадают.

### Проверка результатов расчета методом баланса мощностей

Баланс мощностей основан на законе сохранения энергии и выражается следующей формулой:

$$\sum_{k=1}^n E_k I_k + \sum_{k=1}^n J_k U_k = \sum_{k=1}^n I_k^2 R_k, \quad (3)$$

где  $k$  – номер ветви;  $n$  – число ветвей;  $E_k$  – ЭДС источника напряжения;  $J_k$  – ток источника тока;  $I_k$  – ток в ветви;  $R_k$  – активное сопротивление.

Для цепи, показанной на рис. 5, формула (3) приводится к следующему виду:

$$-E_1 I_1 - E_2 I_3 + E_3 I_6 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6.$$

Подставляем численные данные и получаем:

$$24,8 \text{ Вт} = 24,8 \text{ Вт}.$$

Таким образом, проверка методом баланса мощностей подтвердила правильность расчетов.