

**Образец титульного листа отчета**

Томский политехнический университет

Кафедра ТОЭ

**РГР №1**

Расчет разветвленной цепи постоянного тока

**Вариант №13**

Выполнил студент группы 6А61  
Иванов П.И.

Проверил доцент:  
Сидоров Р.Н.

Томск - 2009

## ЗАДАНИЕ № 1

### РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Составить систему уравнений для определения токов в ветвях методом законов Кирхгофа.
2. Преобразовать схему до двух контуров.
3. Рассчитать токи во всех ветвях схемы:
  - методом контурных токов,
  - методом узловых потенциалов.
4. Составить баланс мощностей.
5. Рассчитать ток одной ветви без источника методом эквивалентного генератора.
6. Определить показание вольтметра в любой ветви.
7. Построить потенциальную диаграмму.

Таблица 1.1

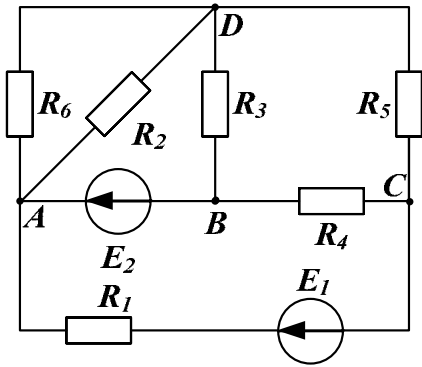
№	$E_1,$ В	$E_2,$ В	$J,$ А
1	40	20	4
2	20	40	2
3	40	10	6
4	10	40	8
5	50	20	1
6	20	50	3
7	60	20	7
8	20	60	9
9	10	30	5
10	30	10	10
11	10	50	4
12	50	10	2
13	60	10	6
14	10	60	8
15	10	70	1
16	70	10	3
17	80	20	7
18	20	80	9
19	80	10	5
20	10	80	10

Таблица 1.2

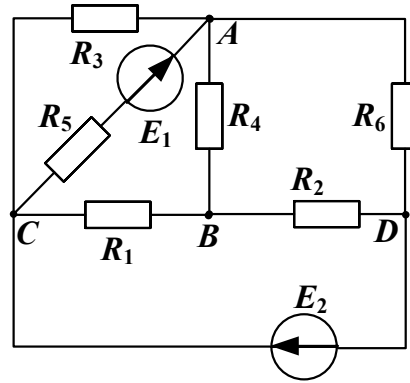
№	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_3,$ Ом	$R_4,$ Ом	$R_5,$ Ом	$R_6,$ Ом
1	5	2	10	5	6	8
2	2	1	30	10	10	2
3	4	5	3	3	4	2
4	6	3	5	5	10	5
5	2	1	30	10	10	2
6	6	8	5	10	9	4
7	4	2	6	6	8	5
8	3	1	2	8	10	4
9	5	4	1	4	5	8
10	3	4	10	4	6	3
11	6	7	8	6	3	5
12	7	8	9	10	5	7
13	6	7	10	5	3	2
14	7	9	6	10	8	6
15	6	8	9	5	7	9
16	8	9	10	7	5	6
17	7	8	6	9	5	10
18	6	9	10	5	7	8
19	7	8	9	10	5	7
20	6	7	9	8	10	8

**Примечание:** объем задания уточняет лектор.

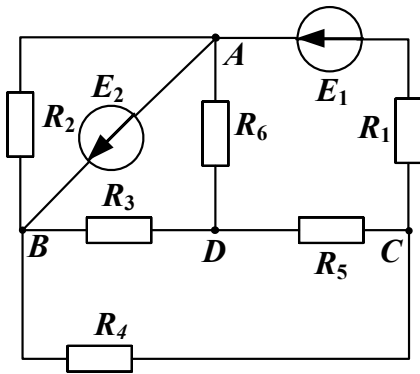
## Схемы для расчетов



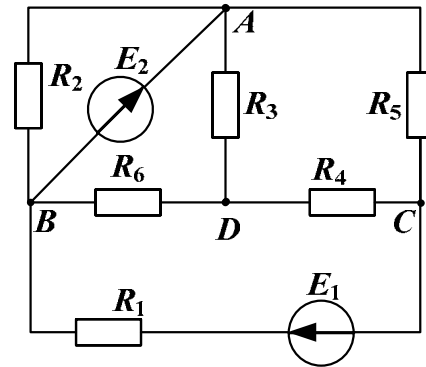
№ 1



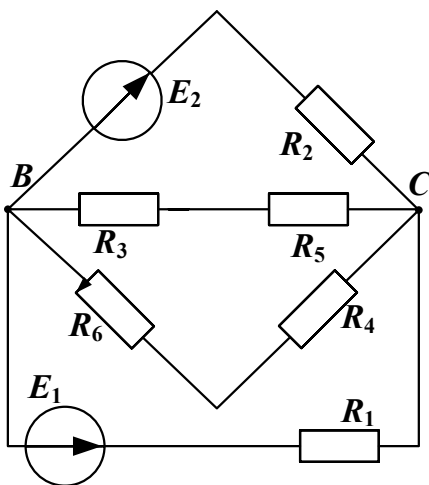
№ 2



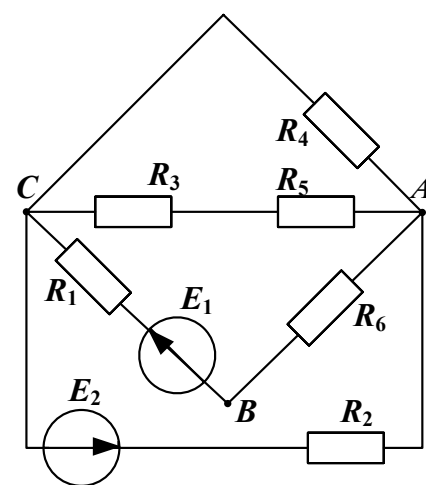
№ 3



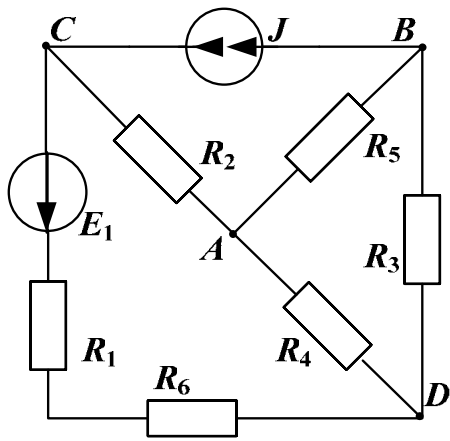
№ 4



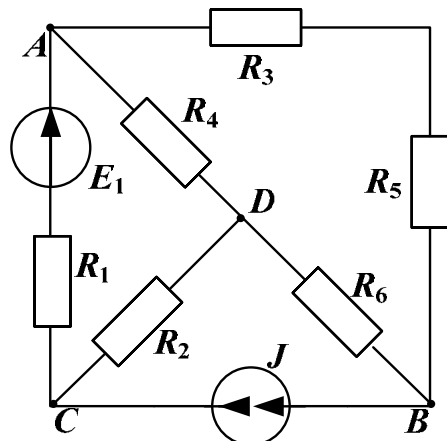
№ 5



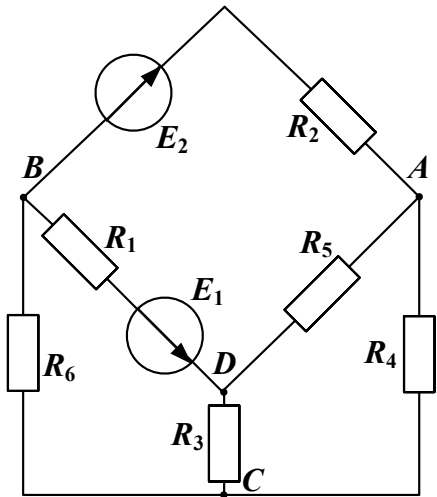
№ 6



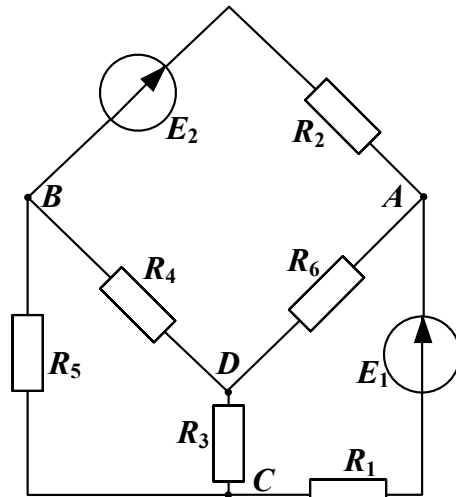
№ 7



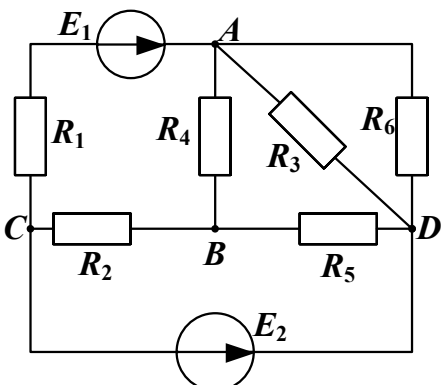
№ 8



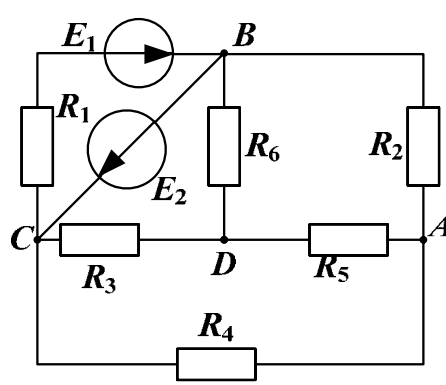
№ 9



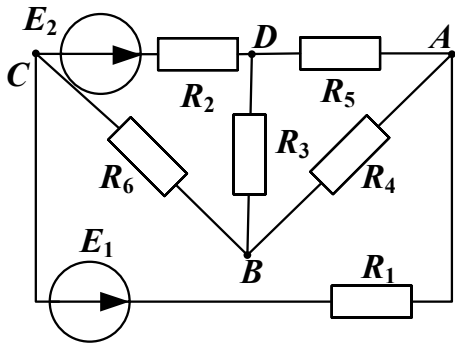
№ 10



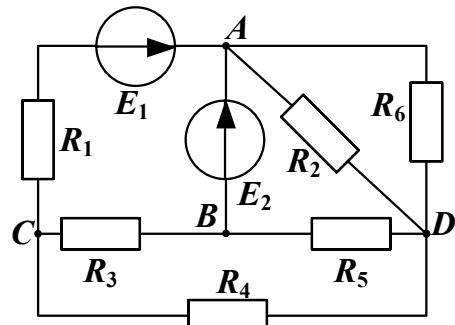
№ 11



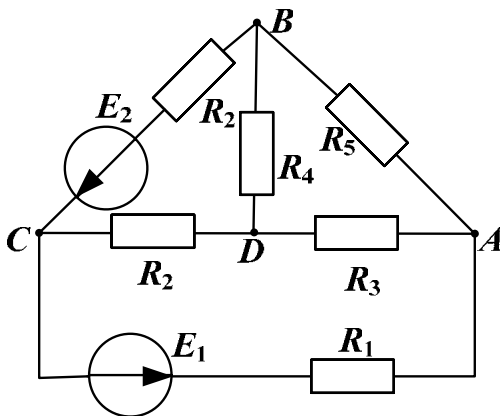
№ 12



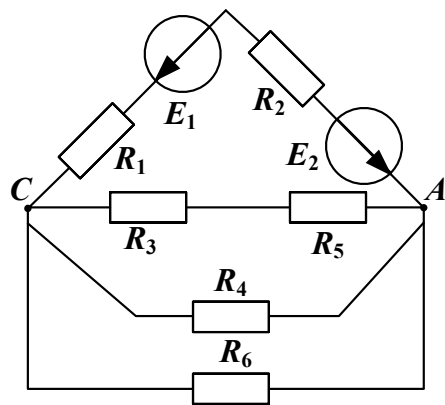
№ 13



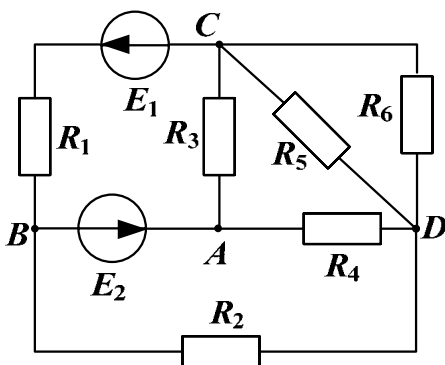
№ 14



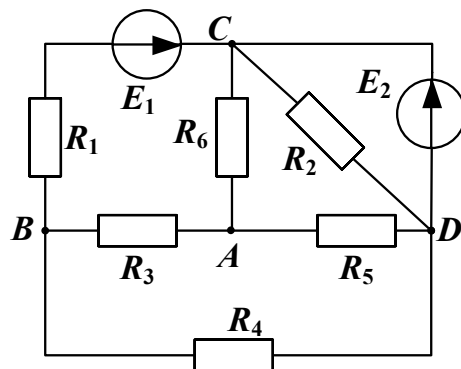
№ 15



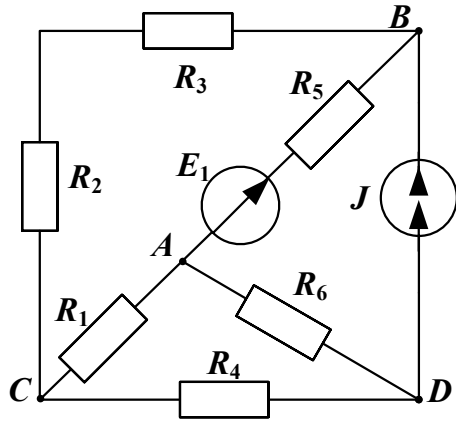
№ 16



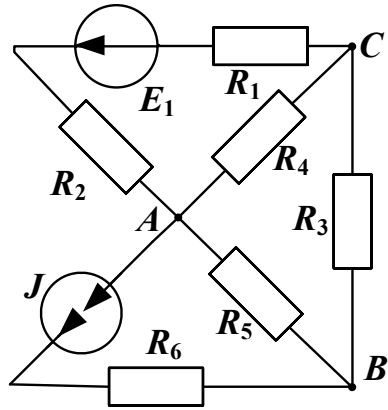
№ 17



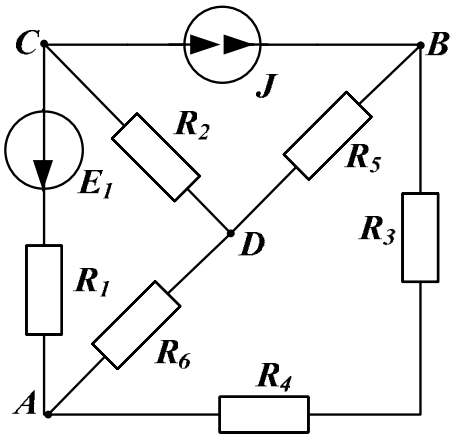
№ 18



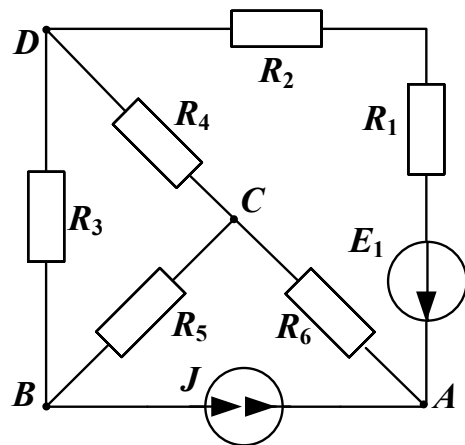
№ 19



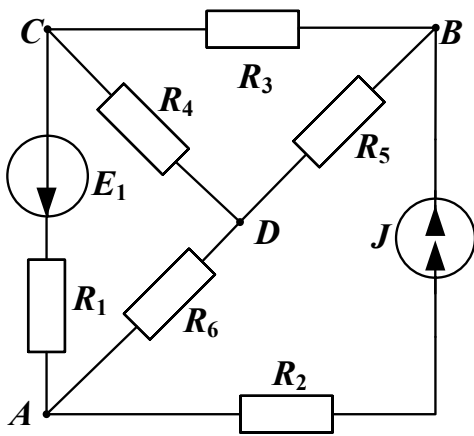
№ 20



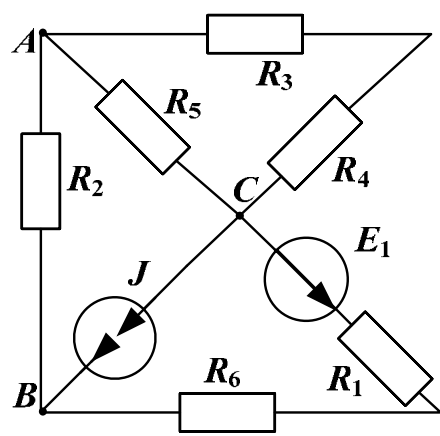
№ 21



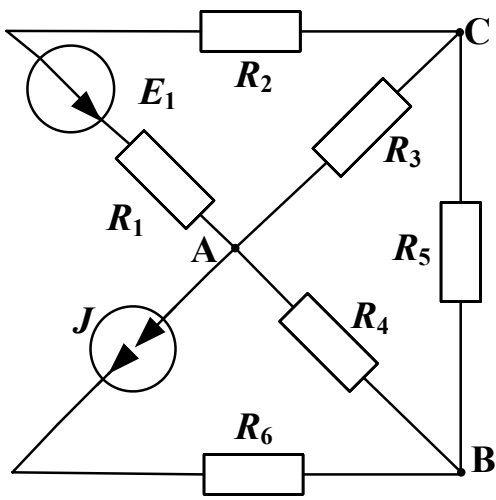
№ 22



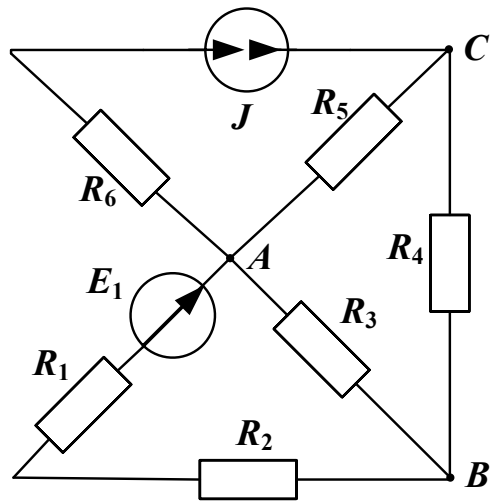
№ 23



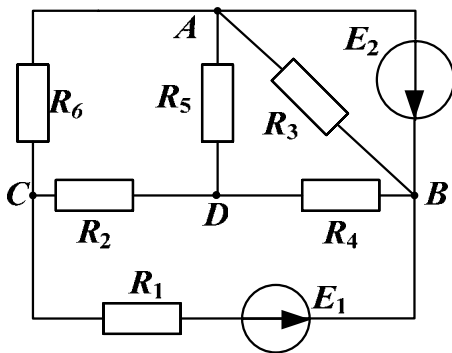
№ 24



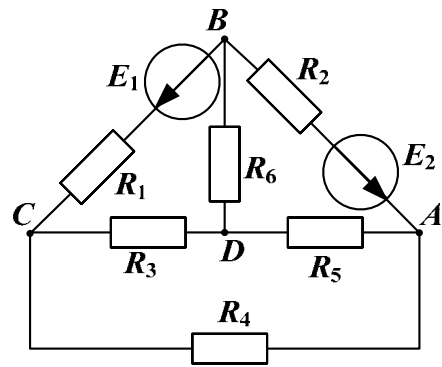
№ 25



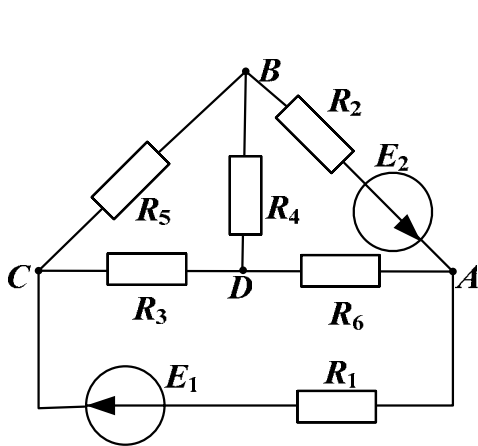
№ 26



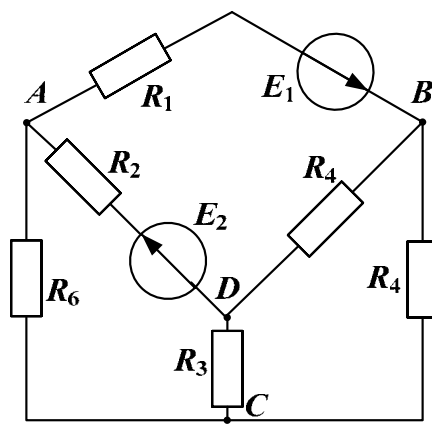
№ 27



№ 28



№ 29



№ 30

## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

### ЗАДАНИЕ №1 РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

На рис.2 представлена расчетная схема задания.

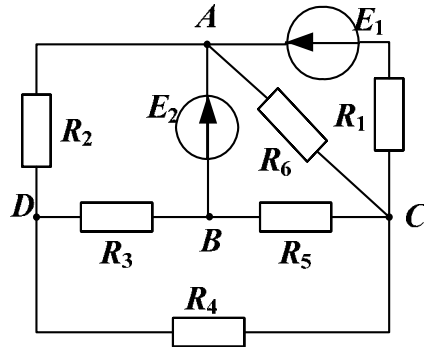


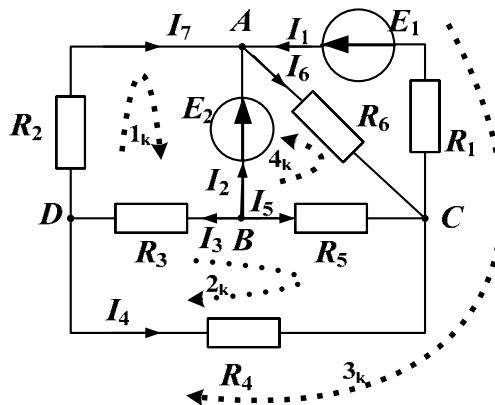
Рис. 2.

Дано:  $E_1 = 10 \text{ В}$ ,  $E_2 = 5 \text{ В}$ ,  $R_1 = R_6 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_4 = R_5 = 3 \text{ Ом}$ .

Определить токи всех ветвей. Рассчитать баланс, построить потенциальную диаграмму.

1. Составить систему уравнений для определения токов в ветвях методом законов Кирхгофа.

Расставим направление токов в ветвях заданной схемы и выберем направления обхода контура.



В схеме количество узлов  $n_y = 4$  ( $A, B, C, D$ ) и число ветвей  $n_g = 7$ .  
 Значит по 1-му закону Кирхгофа необходимо составить  $n_I = n_y - 1 = 4 - 1 = 3$  уравнения. По 2 закону Кирхгофа составим  $n_{II} = n_g - n_I = 7 - 3 = 4$ .



По 1 закону Кирхгофа для любых трех узлов составляем уравнения (втекающие в узел токи возьмем со знаком «-», вытекающие со знаком «+»):

$$A: I_6 - I_1 - I_2 - I_7 = 0$$

$$B: I_5 + I_2 + I_3 = 0$$

$$C: -I_6 - I_5 - I_4 + I_1 = 0$$

В нашей получилось схеме 4 независимых контура, значит по 2 закону Кирхгофа необходимо составить 4 уравнения:

$$1к: I_7 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 = -E_2$$

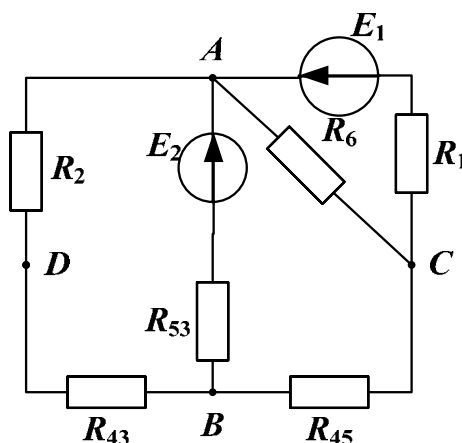
$$2к: I_5 \cdot R_5 - I_3 \cdot R_3 - I_4 \cdot R_4 = 0$$

$$3к: -I_1 \cdot R_1 - I_4 \cdot R_4 + I_7 \cdot R_2 = -E_1$$

$$4к: I_5 \cdot R_5 - I_6 \cdot R_6 = -E_2$$

2. Преобразуем схему до двух контуров

Сопrotивления  $R_3, R_4, R_5$  соединены в треугольник, преобразуем его в звезду:



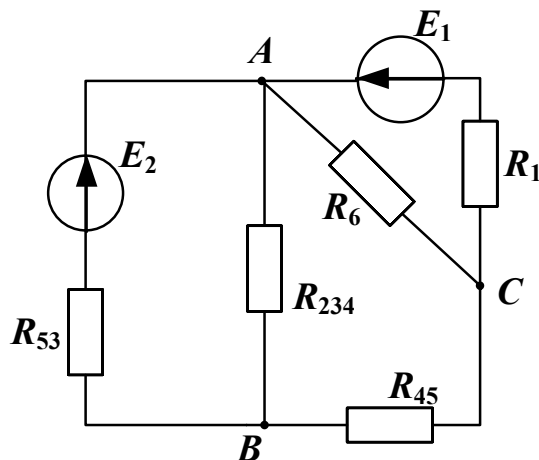
$$\text{Тогда } R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_3} = \frac{3 \cdot 3}{3 + 3 + 3} = 1(\text{Ом}),$$

$$R_{43} = \frac{R_4 \cdot R_3}{R_4 + R_5 + R_3} = \frac{3 \cdot 3}{3 + 3 + 3} = 1(\text{Ом}),$$

$$R_{53} = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_3} = \frac{3 \cdot 3}{3 + 3 + 3} = 1(\text{Ом}).$$

Сопrotивления  $R_2$  и  $R_{43}$  соединены последовательно, сложим их и получим сопротивление  $R_{234} = R_2 + R_{43} = 1 + 1 = 2(\text{Ом})$ .

Сопротивления  $R_{234}$ ,  $R_{45}$ ,  $R_6$  соединены в треугольник, преобразуем его в звезду:



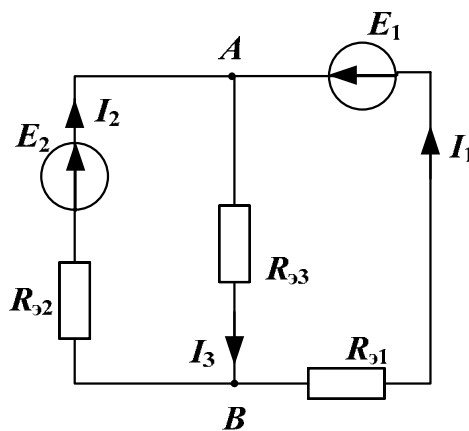
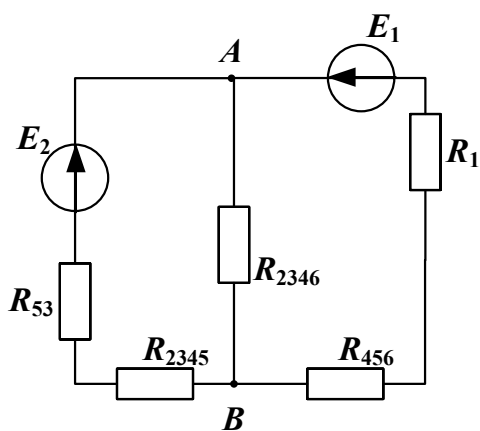
$$R_{456} = \frac{R_{45} \cdot R_6}{R_{45} + R_6 + R_{234}} = \frac{1 \cdot 2}{1 + 2 + 2} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ (Ом)},$$

$$R_{2345} = \frac{R_{234} \cdot R_{45}}{R_{45} + R_6 + R_{234}} = \frac{2 \cdot 1}{1 + 2 + 2} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ (Ом)},$$

$$R_{93} = R_{2346} = \frac{R_{234} \cdot R_6}{R_{45} + R_6 + R_{234}} = \frac{2 \cdot 2}{1 + 2 + 2} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ (Ом)}.$$

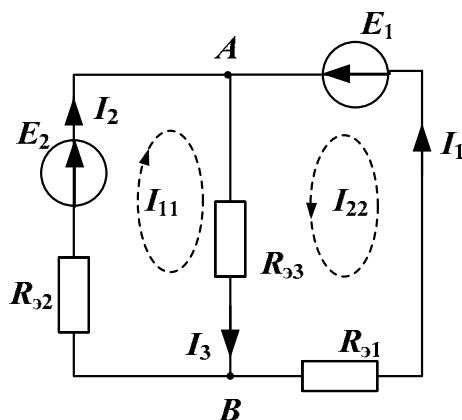
Сопротивления  $R_{53}$  и  $R_{2345}$  соединены последовательно, сложим их в одно  $R_{92} = R_{234553} = R_{2345} + R_{53} = 0,4 + 1 = 1,4 \text{ (Ом)}$ , сопротивления  $R_1$  и  $R_{456}$  соединены тоже последовательно, сложим их в одно  $R_{91} = R_{1456} = R_1 + R_{456} = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ (Ом)}$ .

Получили схему с двумя узлами и тремя ветвями:



или

2. Рассчитаем токи ветвей методом контурных токов. В начале выберем направления контурных токов:



Составим уравнения контурных токов:

$$\begin{aligned} I_{11}(R_{31} + R_{33}) + I_{22}R_{33} &= E_1, \\ I_{22}(R_{32} + R_{33}) + I_{11} \cdot R_{33} &= E_2. \end{aligned}$$

Решим систему методом подстановки и получили:

$$I_{11} = 2,813 \text{ A}, \quad I_{22} = 1,25 \text{ A}.$$

Определим токи в ветвях через найденные контурные токи:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{11} = 2,813 \text{ A} \\ I_2 &= I_{22} = 1,25 \text{ A} \\ I_3 &= I_{11} + I_{22} = 2,813 + 1,25 = 4,063 \text{ A} \end{aligned}$$

3. Найдем токи ветвей методом узловых потенциалов. За базисный выберем узел **B**.

Составим уравнения для узловых потенциалов:

$$\begin{aligned} \varphi_B &= 0, \\ \varphi_A \cdot (Y_{31} + Y_{32} + Y_{33}) &= E_1 \cdot Y_{31} + E_2 \cdot Y_{32}, \end{aligned}$$

где  $Y_{31}, Y_{32}, Y_{33}$  – проводимости ветвей.  $Y_{31} = \frac{1}{R_{31}} = \frac{1}{2,4} = 0,416 \text{ (См)},$

$$Y_{32} = \frac{1}{R_{32}} = \frac{1}{1,4} = 0,714 \text{ (См)}, \quad Y_{33} = \frac{1}{R_{33}} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ (См)}.$$

Тогда получили:

$$\varphi_A = \frac{10 \cdot 0,416 + 5 \cdot 0,714}{0,416 + 0,714 + 1,25} = 3,25 \text{ (В)}$$

По обобщенному закону Ома найдем токи в ветвях:

$$I_1 = \frac{E_1 - \varphi_A}{R_{\rho 1}} = \frac{10 - 3,25}{2,4} = 2,812 \text{ (A)},$$

$$I_2 = \frac{E_2 - \varphi_A}{R_{\rho 2}} = \frac{5 - 3,25}{1,4} = 1,25 \text{ (A)},$$

$$I_3 = \frac{\varphi_A}{R_{\rho 3}} = \frac{3,25}{0,8} = 4,0625 \text{ (A)}.$$

4. Составим баланс мощностей.

$$P_B = E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 = 10 \cdot 2,812 + 5 \cdot 1,25 = 34,37 \text{ (Вт)}$$

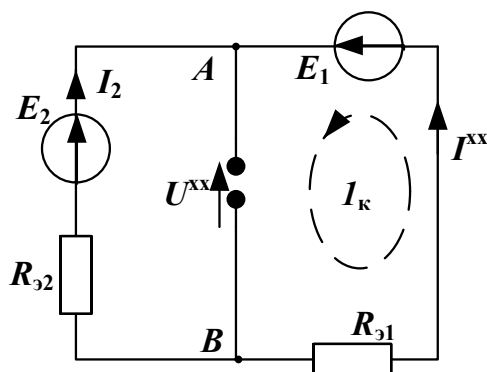
$$P_{II} = I_1^2 \cdot R_{\rho 1} + I_2^2 \cdot R_{\rho 2} + I_3^2 \cdot R_{\rho 3} = \\ = (2,812)^2 \cdot 2,4 + (1,25)^2 \cdot 1,4 + (4,0625)^2 \cdot 0,8 = 34,3 \text{ (Вт)}$$

Погрешность вычислений:

$$\delta_{\%} = \frac{|P_B - P_{II}|}{P_B} \cdot 100\% = \frac{|34,37 - 34,3|}{34,37} \cdot 100\% = 0,2\% \leq 3\%.$$

Расчет верен.

5. Рассчитаем методом эквивалентного генератора ток в ветви без ЭДС – это ветвь с сопротивлением  $R_{\rho 3}$ . Уберем это сопротивление из ветви и относительно получившихся зажимов найдем напряжение холостого хода  $U^{xx}$ .



Для определения  $U^{xx}$  обойдем 1 контур по 2 закону Кирхгофа:

$$U^{xx} = E_1 - I^{xx} \cdot R_{\rho 1}.$$

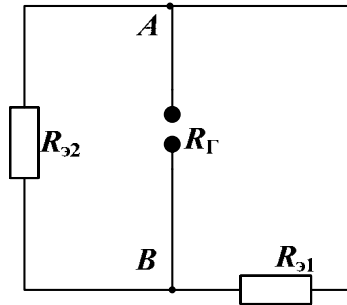
Ток  $I^{xx}$  определим из закона Ома:

$$I^{xx} = \frac{E_1 - E_2}{R_{\rho 1} + R_{\rho 2}} = \frac{10 - 5}{2,4 + 1,4} = 1,315 \text{ (A)}.$$

Подставим найденное значение тока  $I^{xx}$  и получим:

$$U^{xx} = 10 - 1,315 \cdot 2,4 = 6,842 \text{ (В)}.$$

Определим сопротивление генератора  $R_{\Gamma}$ .



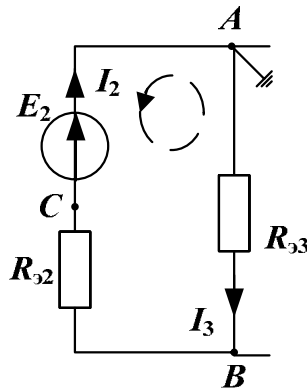
Здесь сопротивления  $R_{\rho 1}$  и  $R_{\rho 2}$  соединены параллельно, тогда:

$$R_{\Gamma} = \frac{R_{\rho 1} \cdot R_{\rho 2}}{R_{\rho 1} + R_{\rho 2}} = \frac{2,4 \cdot 1,4}{2,4 + 1,4} = 0,884 \text{ (Ом)}.$$

Искомый ток будет равен:

$$I_3 = \frac{U^{xx}}{R_{\Gamma} + R_{\rho 3}} = \frac{6,842}{0,884 + 0,8} = 4,0629 \text{ (A)}.$$

6. Построим потенциальную диаграмму для любого контура без источника тока.



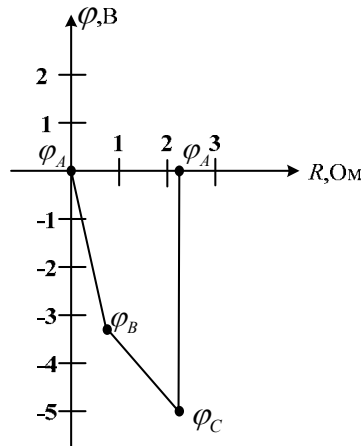
Выберем в контуре любую точку, допустим  $A$  и примем потенциал этой точки равным нулю  $\varphi_A = 0$ . Далее пойдем по обходу контура:

$$\varphi_B = \varphi_A - I_3 \cdot R_{33} = 0 - 4,063 \cdot 0,8 = -3,25 \text{ (В)},$$

$$\varphi_C = \varphi_B - I_2 \cdot R_{32} = -3,25 - 1,25 \cdot 1,4 = -5 \text{ (В)},$$

$$\varphi_A = \varphi_C + E_2 = -5 + 5 = 0 \text{ (В)}.$$

Мы вышли из точки с потенциалом равным нулю и пришли, обойдя контур, в точку с таким же потенциалом, диаграмма подтверждает правильность расчетов.



## ЗАДАНИЕ №2 РАСЧЕТ ОДНОФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

В заданной схеме определить комплексные токи ветвей и напряжения на элементах, мощность ваттметра, если задано:

$$R_1 = 40 \text{ Ом}, R_2 = 10 \text{ Ом}, R_3 = 50 \text{ Ом}, L_1 = 64 \text{ мГн}, L_2 = 96 \text{ мГн},$$

$$L_3 = 128 \text{ мГн}, C_1 = 79 \text{ мкФ}, C_2 = 319 \text{ мкФ}, C_3 = 79 \text{ мкФ},$$

$$\underline{U} = 282 \cdot e^{j45^\circ} \text{ В}.$$

1. Находим сопротивления элементов цепи (рекомендуется округлять до целого числа).

$$\underline{Z}_{R1} = R_1 = 40, \text{ Ом},$$

$$\underline{Z}_{L1} = j\omega L_1 = j314 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 20j, \text{ Ом},$$

$$\underline{Z}_{C1} = \frac{-j}{\omega \cdot C_1} = \frac{-j}{314 \cdot 79 \cdot 10^{-6}} = -40j, \text{ Ом},$$

$$\underline{Z}_{R2} = R_2 = 10, \text{ Ом},$$