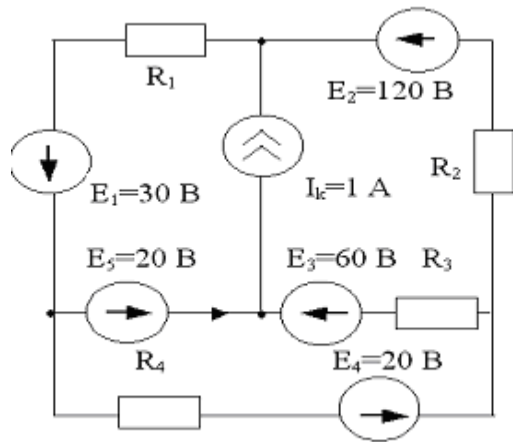


ЗАДАНИЕ №1**РАСЧЕТ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ПОД
ДЕЙСТВИЕМ ПОСТОЯННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

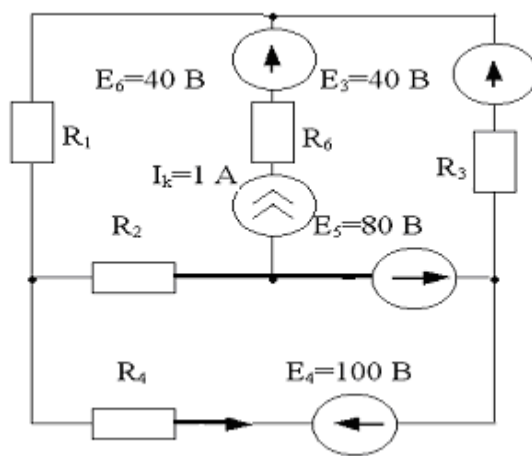
1. Для изображенной цепи составить полную систему независимых уравнений Кирхгофа.
2. Рассчитать токи в ветвях методом контурных токов.
3. Рассчитать токи в ветвях методом узловых потенциалов.
4. В ветви, помеченной стрелкой, определить ток методом эквивалентного генератора.
5. Определить показание идеального амперметра, включенного параллельно ветви с источником тока.
6. Составить уравнение баланса мощностей и проверить его выполнение.
7. Составить модель электрической цепи в программе TINA, выполнить моделирование и сравнить результаты.

Вариант 1



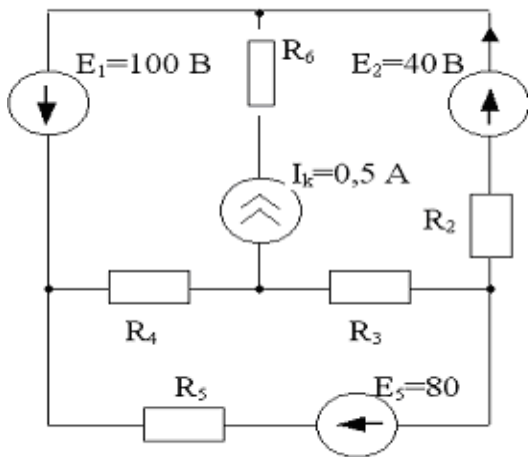
$$R_1=R_2=R_3=R_4=10 \text{ Ом}$$

Вариант 2



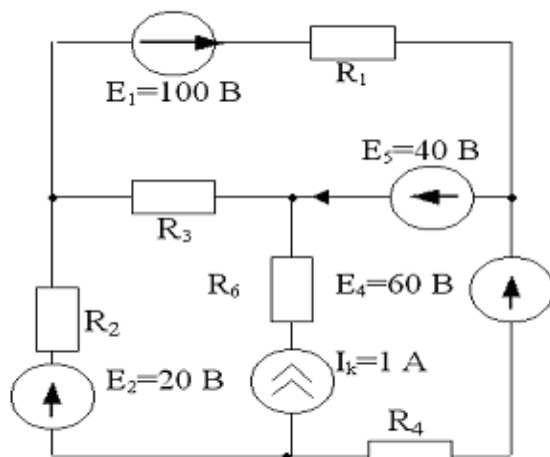
$$R_1=R_2=R_4=R_5=R_6=50 \text{ Ом}$$

Вариант 3



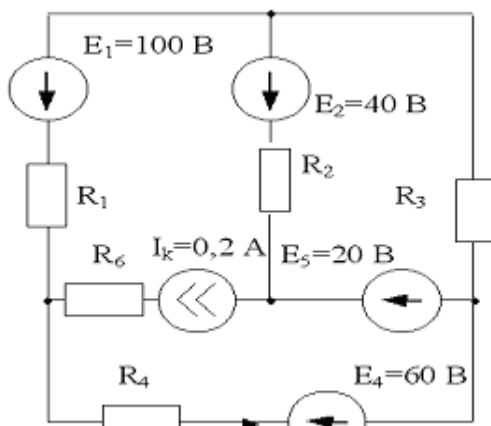
$$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=20 \text{ Ом}$$

Вариант 4



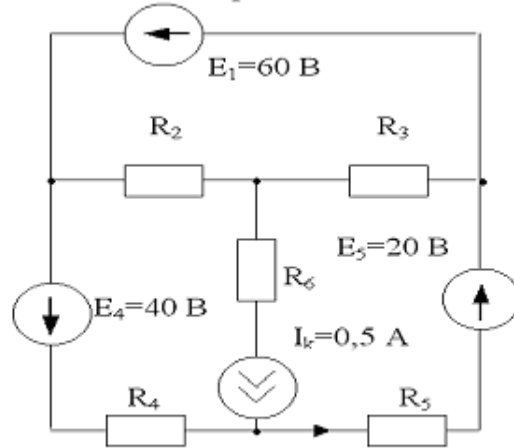
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=10 \text{ Ом}$$

Вариант 5



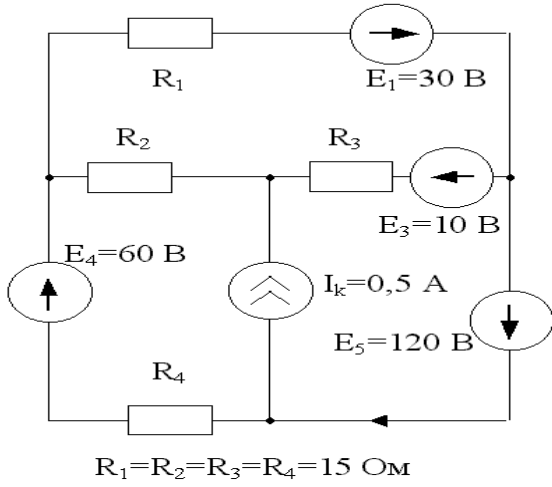
$$R_6=R_1=R_2=R_3=R_4=15 \text{ Ом}$$

Вариант 6

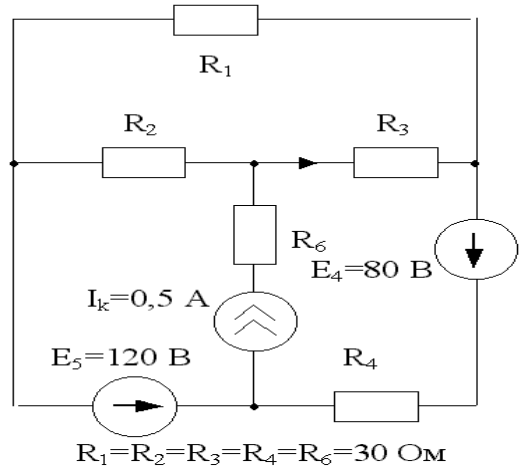


$$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=10 \text{ Ом}$$

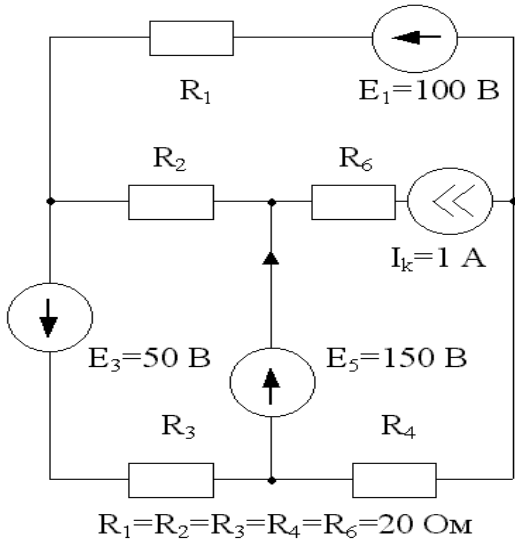
Вариант 7



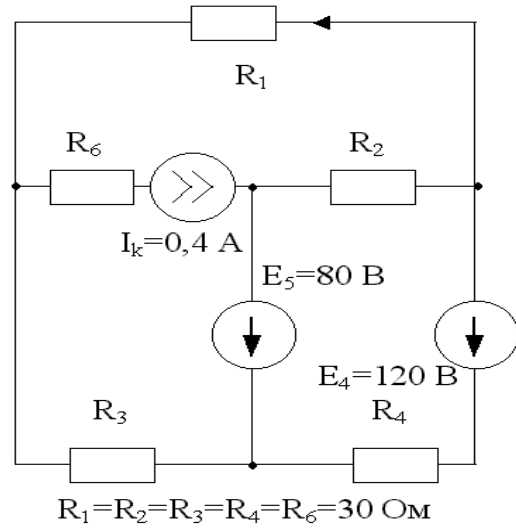
Вариант 8



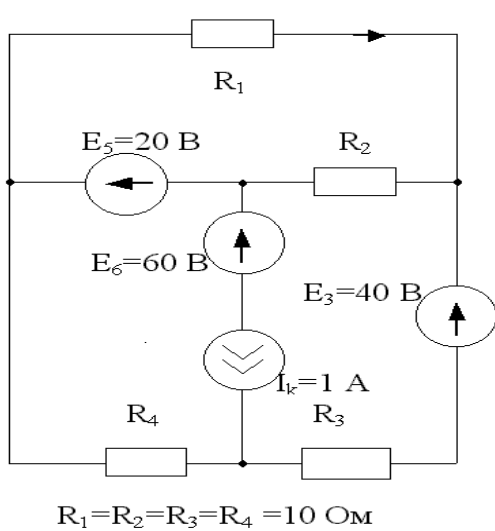
Вариант 9



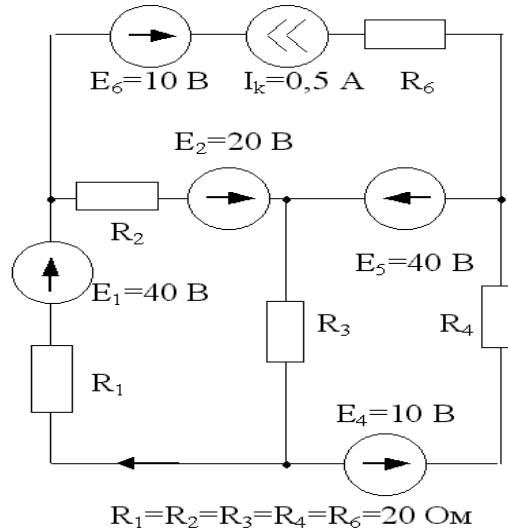
Вариант 10



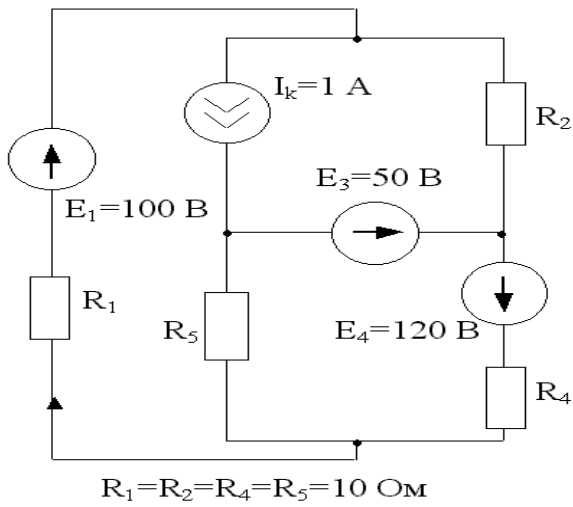
Вариант 11



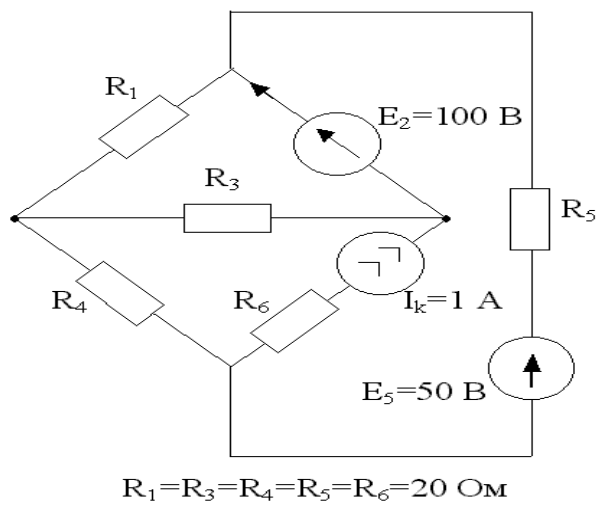
Вариант 12



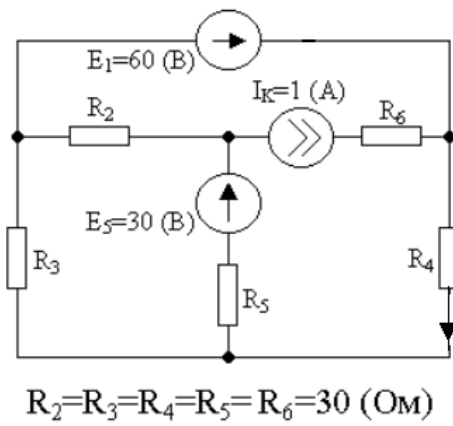
Вариант 13



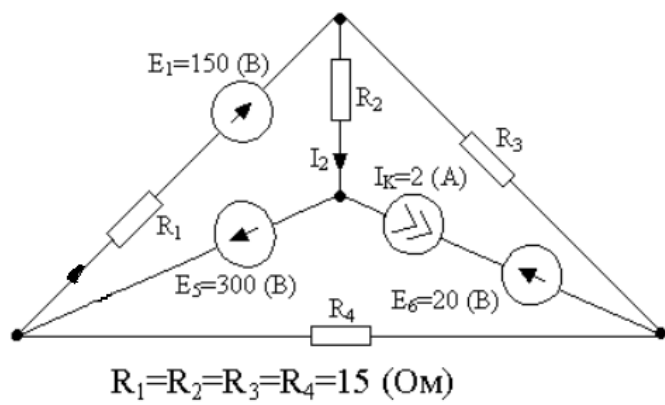
Вариант 14



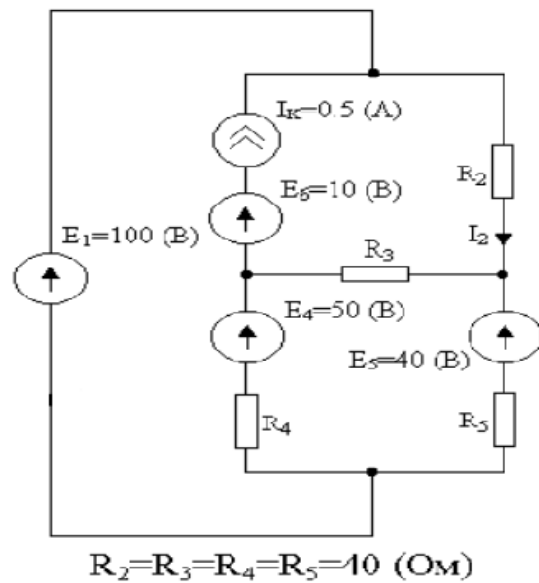
Вариант 15



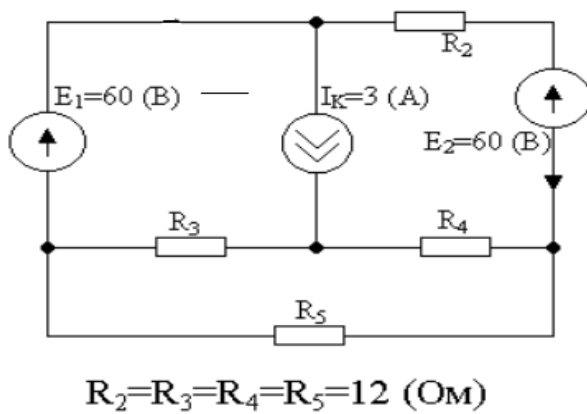
Вариант 16



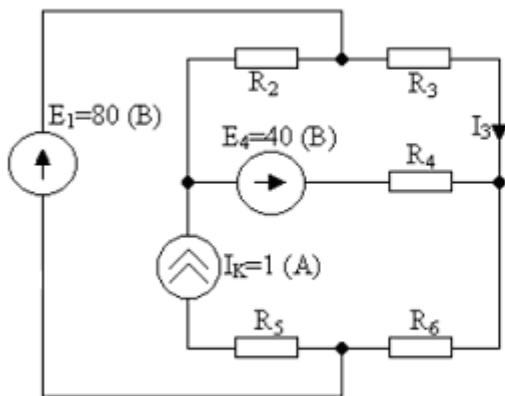
Вариант 18



Вариант 17

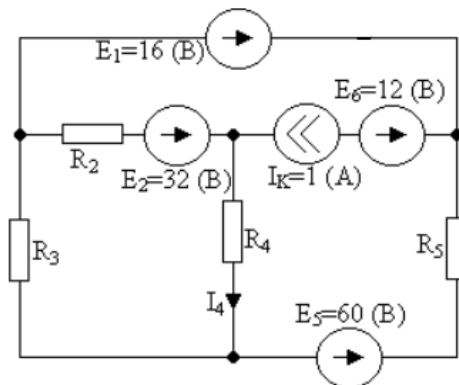


Вариант 19



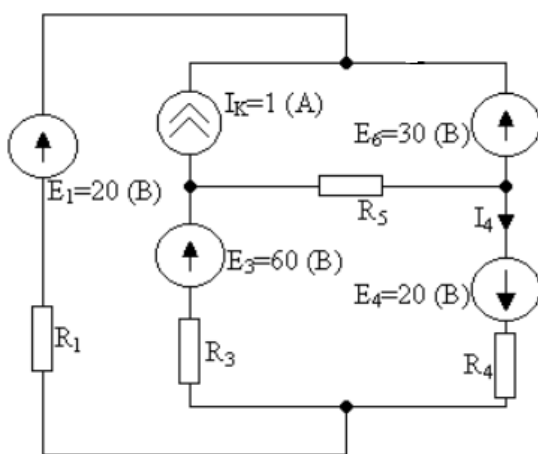
$$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=10 \text{ (OM)}$$

Вариант 21



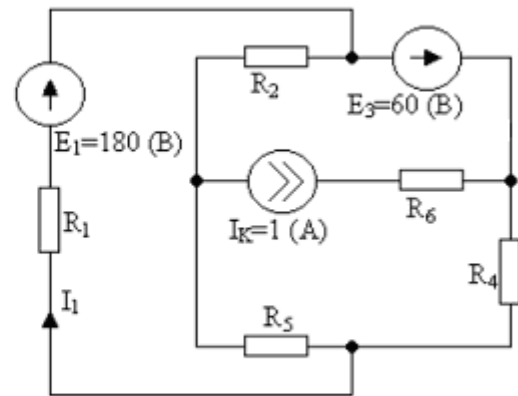
$$R_2=R_3=R_4=R_5=12 \text{ (OM)}$$

Вариант 23



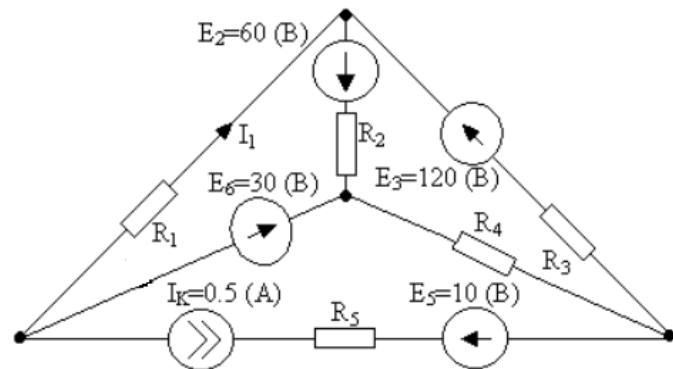
$$R_1=R_3=R_4=R_5=10 \text{ (OM)}$$

Вариант 20



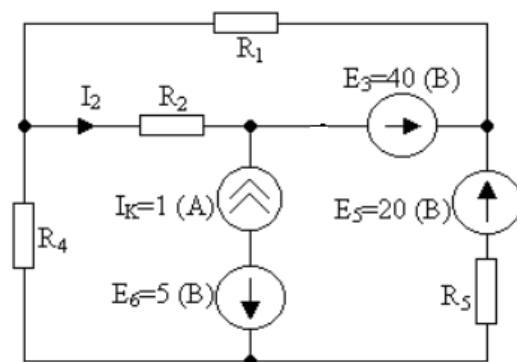
$$R_1=R_2=R_4=R_5=R_6=30 \text{ (OM)}$$

Вариант 22



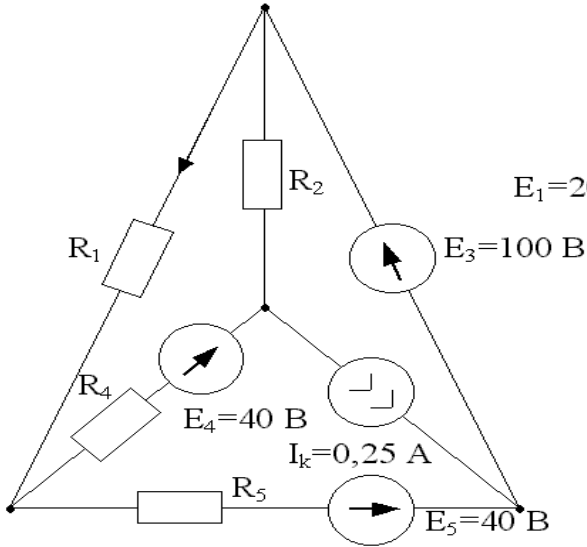
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=30 \text{ (OM)}$$

Вариант 24



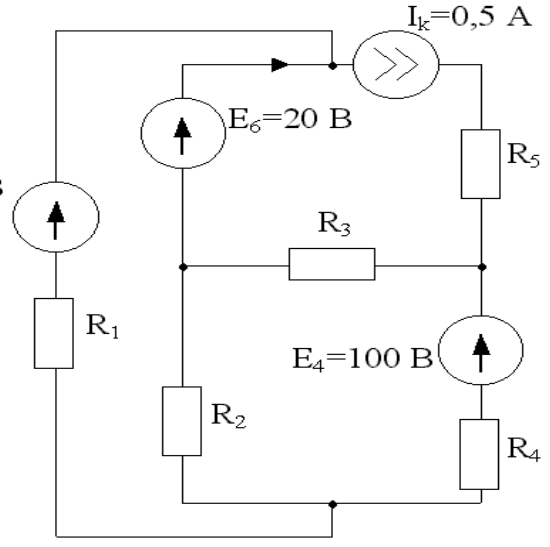
$$R_1=R_2=R_4=R_5=10 \text{ (OM)}$$

Вариант 25



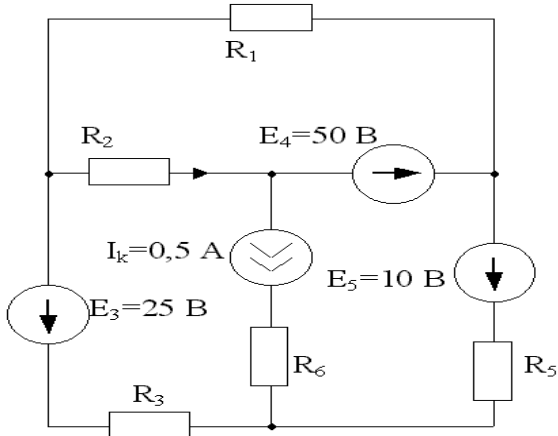
$R_1=R_2=R_4=R_5=10 \text{ Ом}$

Вариант 26



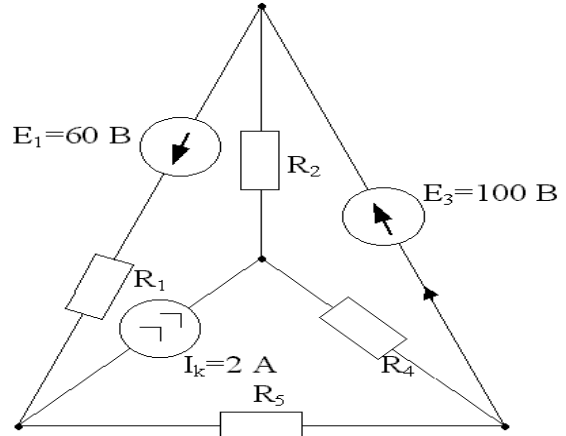
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=40 \text{ Ом}$

Вариант 27



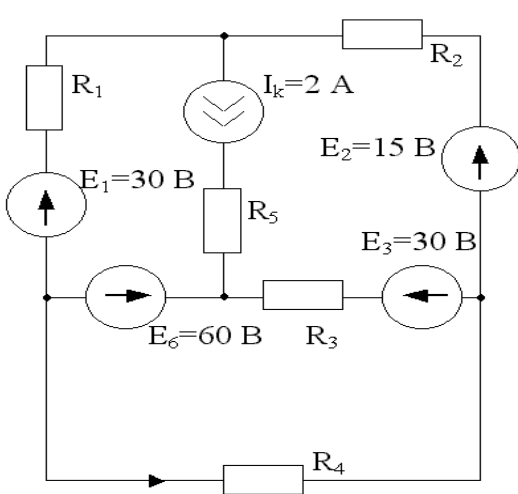
$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=10 \text{ Ом}$

Вариант 28



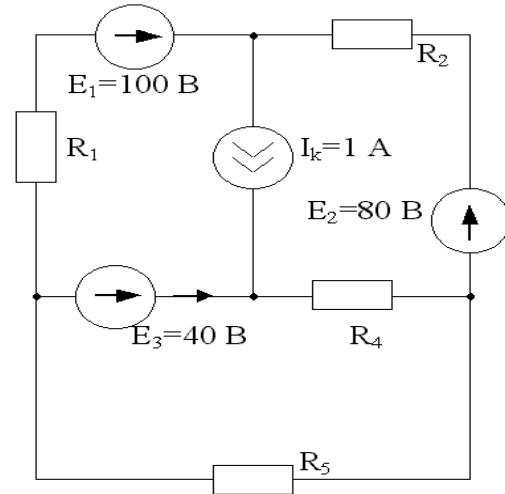
$R_1=R_2=R_4=R_5=40 \text{ Ом}$

Вариант 29



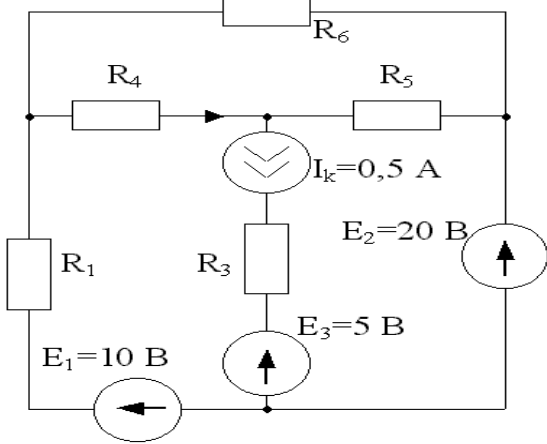
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=15 \text{ Ом}$

Вариант 30



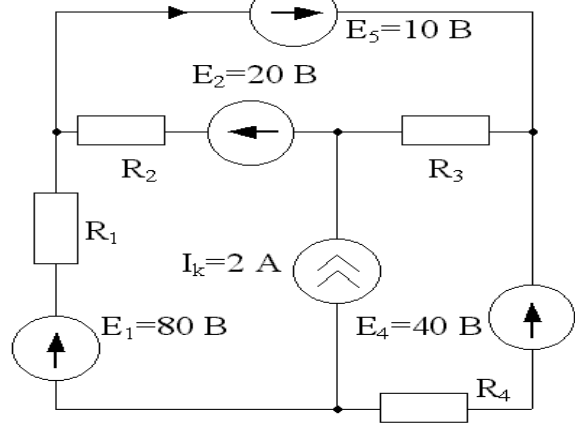
$R_1=R_2=R_4=R_5=20 \text{ Ом}$

Вариант 31



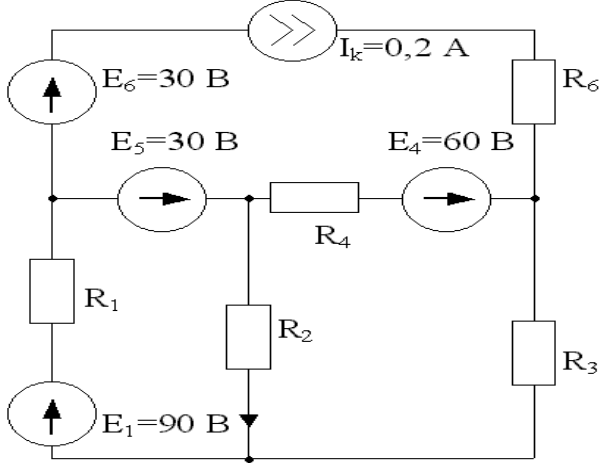
$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=10\ \Omega$

Вариант 32



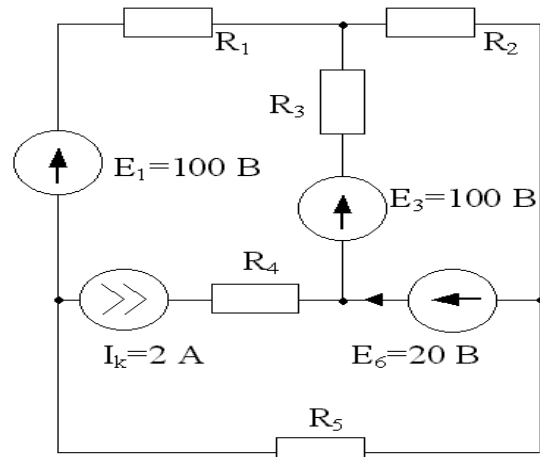
$R_1=R_2=R_3=R_4=10\ \Omega$

Вариант 33



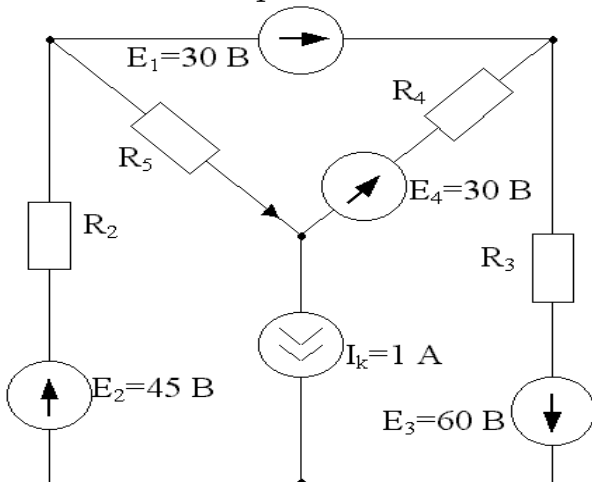
$R_3=R_1=R_2=R_4=R_6=30\ \Omega$

Вариант 34



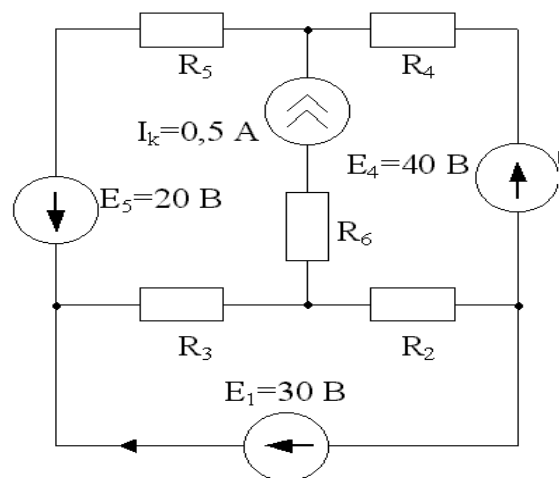
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=20\ \Omega$

Вариант 35



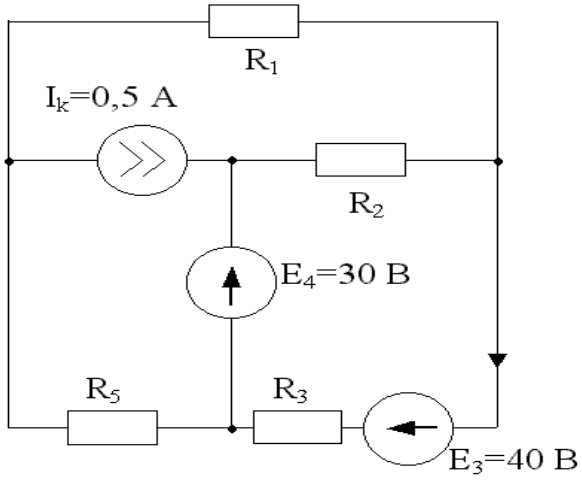
$R_2=R_3=R_4=R_5=15\ \Omega$

Вариант 36



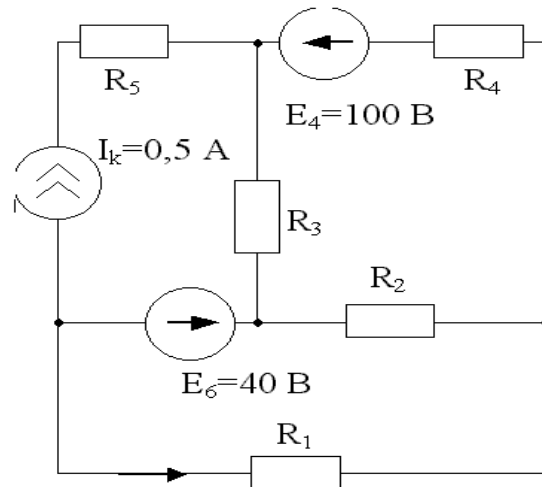
$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=20\ \Omega$

Вариант 37



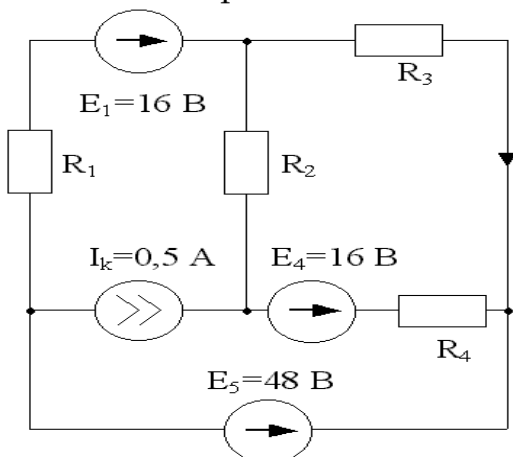
$R_1=R_2=R_3=R_5=30 \text{ Ом}$

Вариант 38



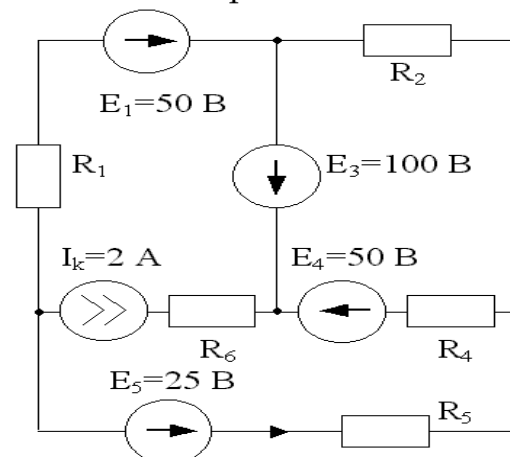
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=40 \text{ Ом}$

Вариант 39



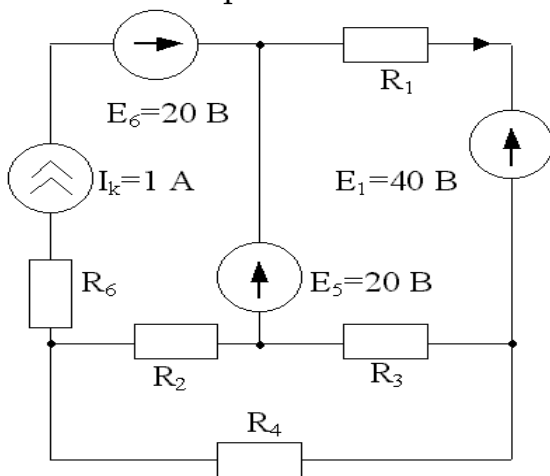
$R_1=R_2=R_3=R_4=16 \text{ Ом}$

Вариант 40



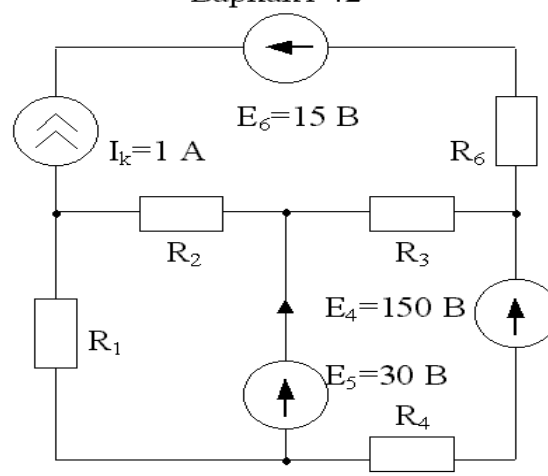
$R_1=R_2=R_4=R_5=R_6=50 \text{ Ом}$

Вариант 41



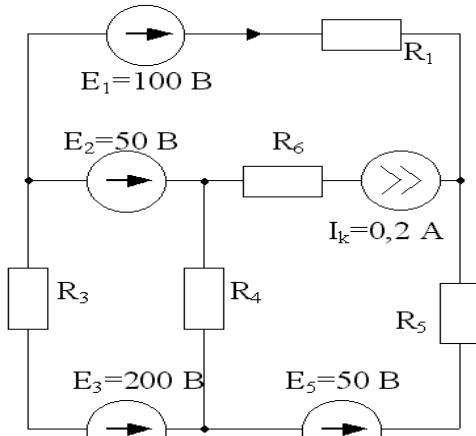
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=10 \text{ Ом}$

Вариант 42



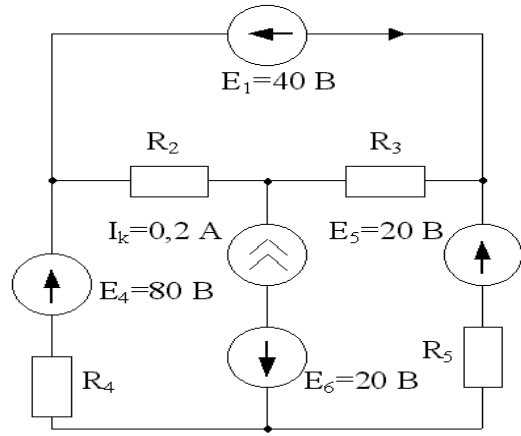
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=15 \text{ Ом}$

Вариант 43



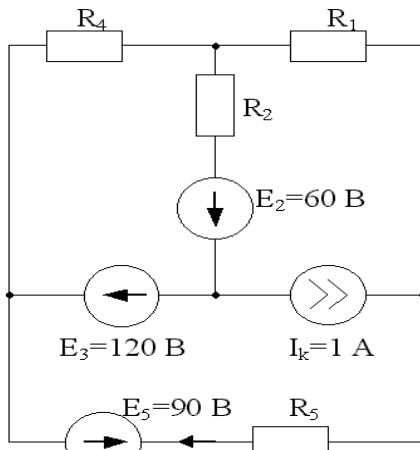
$R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=40 \text{ Ом}$

Вариант 44



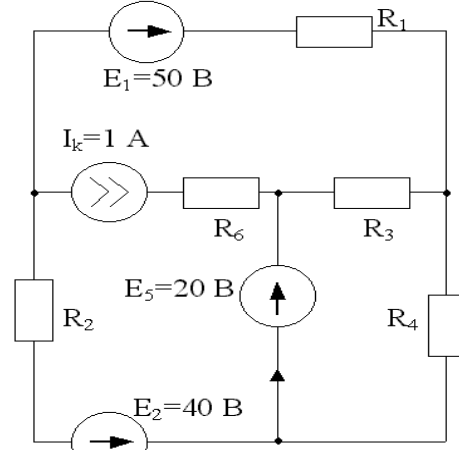
$R_2=R_3=R_4=R_5=20 \text{ Ом}$

Вариант 45



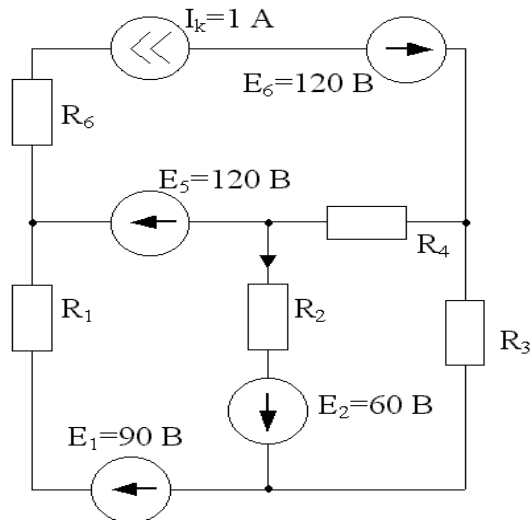
$R_1=R_2=R_4=R_5=12 \text{ Ом}$

Вариант 46



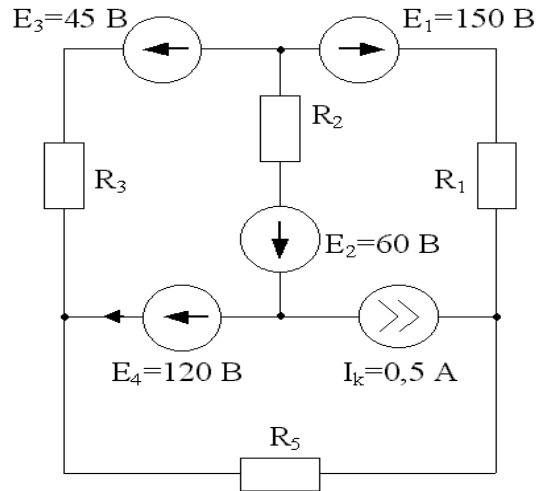
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=10 \text{ Ом}$

Вариант 47



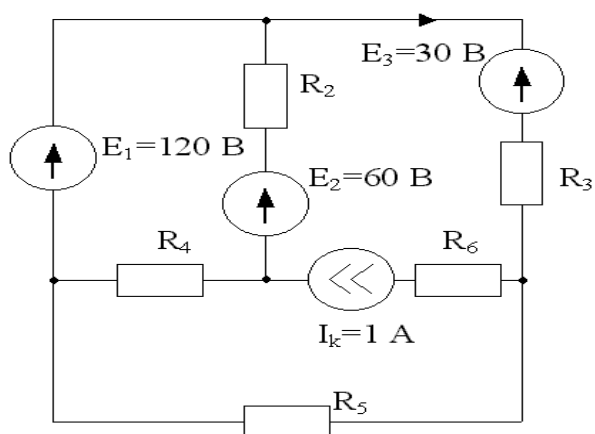
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=10 \text{ Ом}$

Вариант 48



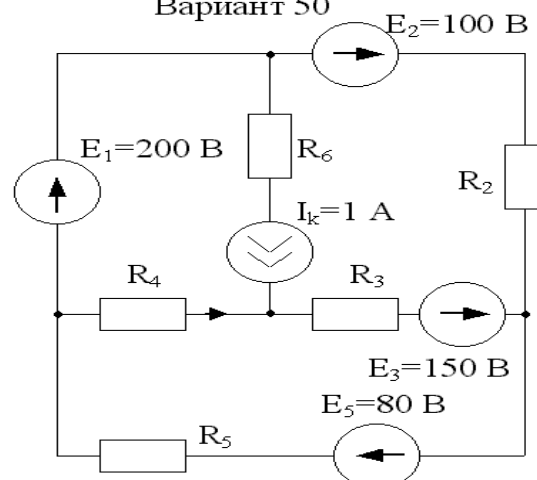
$R_1=R_2=R_3=R_5=10 \text{ Ом}$

Вариант 49



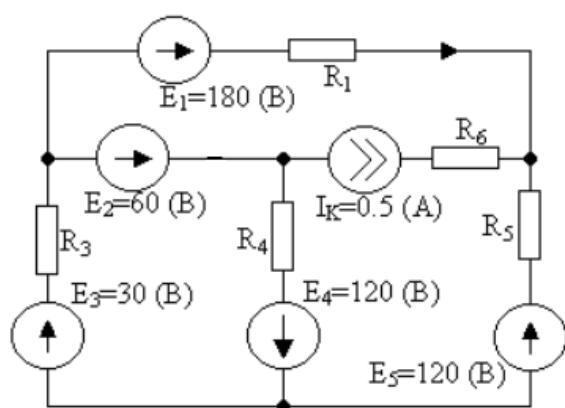
$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 30 \text{ Ом}$$

Вариант 50



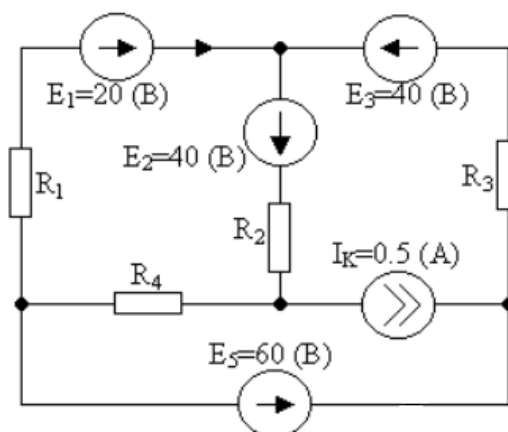
$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 100 \text{ Ом}$$

Вариант 51



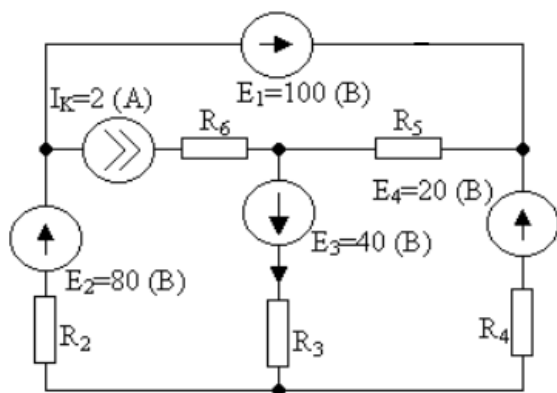
$$R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 12 \text{ (Ом)}$$

Вариант 52



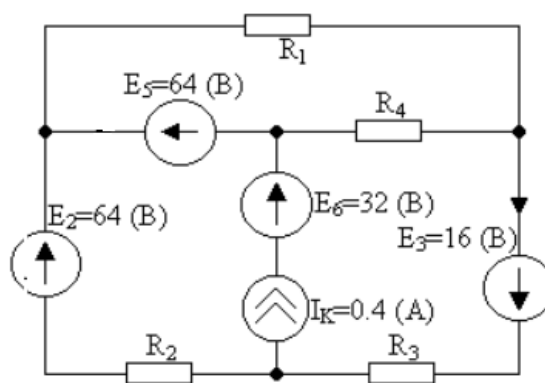
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ (Ом)}$$

Вариант 53



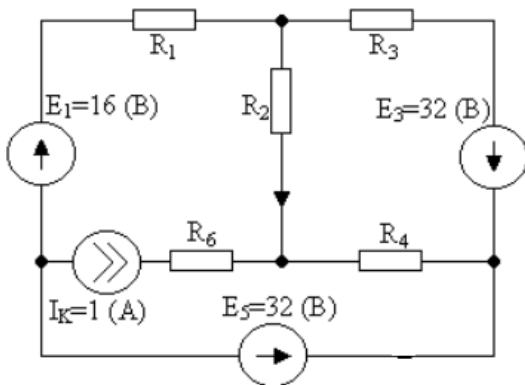
$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 10 \text{ (Ом)}$$

Вариант 54



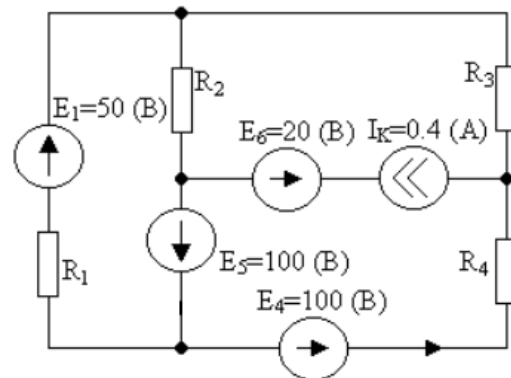
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 8 \text{ (Ом)}$$

Вариант 55



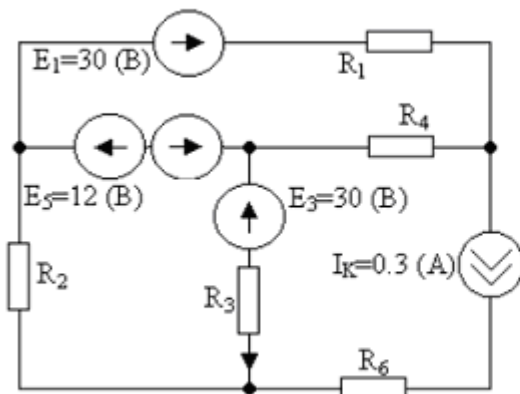
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=10 \text{ (OM)}$$

Вариант 56



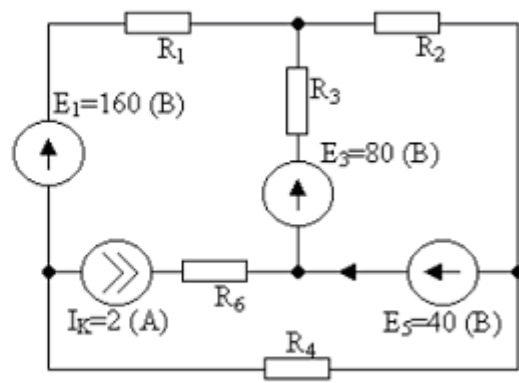
$$R_1=R_2=R_3=R_4=20 \text{ (OM)}$$

Вариант 57



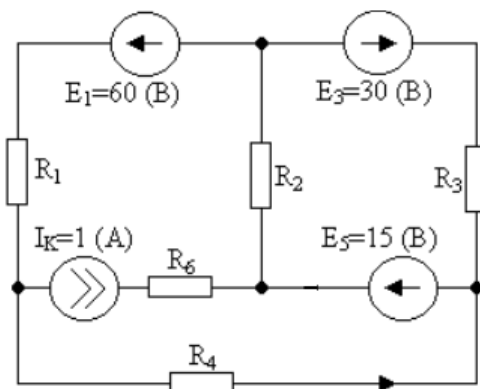
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=6 \text{ (OM)}$$

Вариант 58



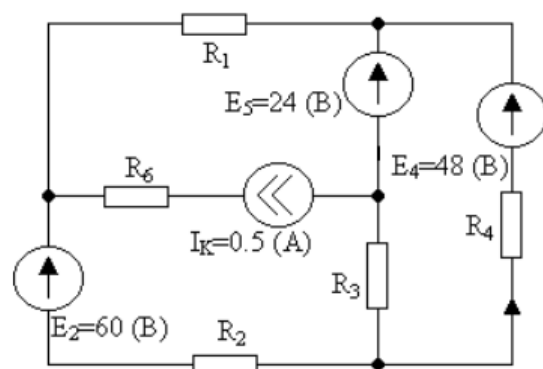
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=40 \text{ (OM)}$$

Вариант 59



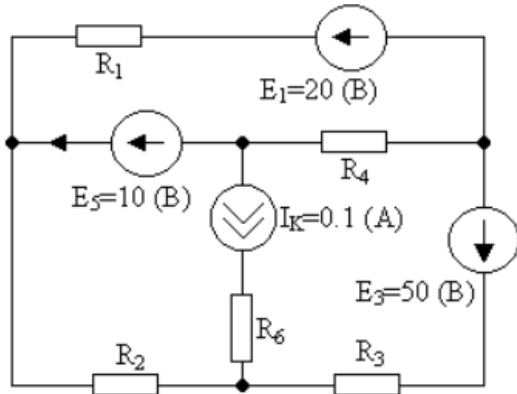
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=30 \text{ (OM)}$$

Вариант 60



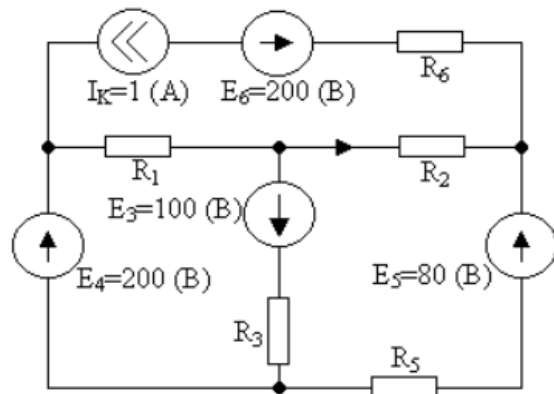
$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=12 \text{ (OM)}$$

Вариант 61



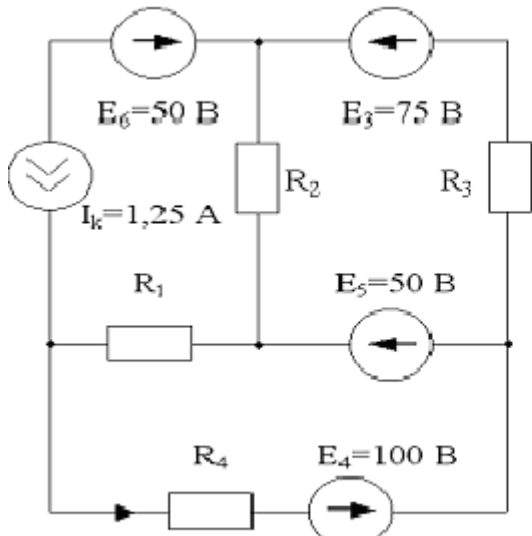
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=100 \text{ (Om)}$

Вариант 62



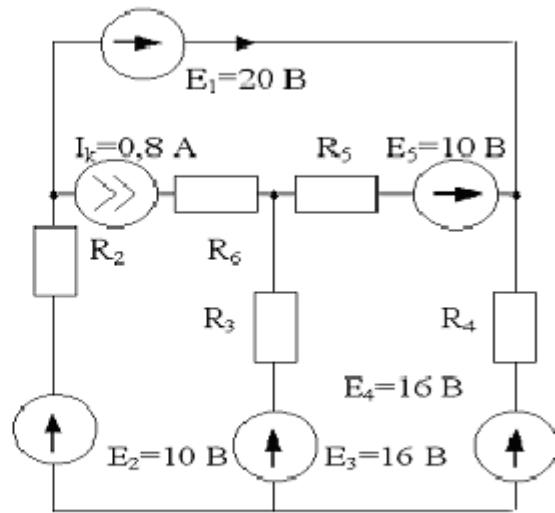
$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=200 \text{ (Om)}$

Вариант 63



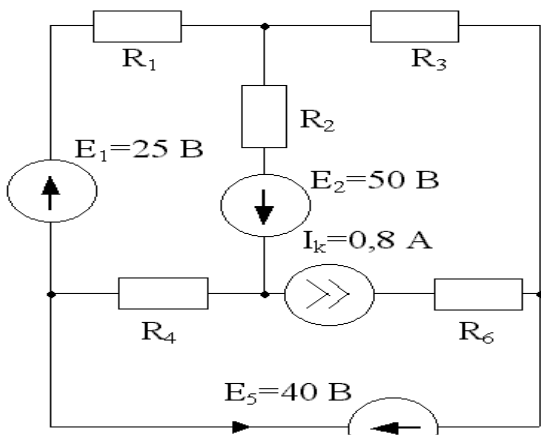
$R_1=R_2=R_3=R_4=25 \text{ Om}$

Вариант 64



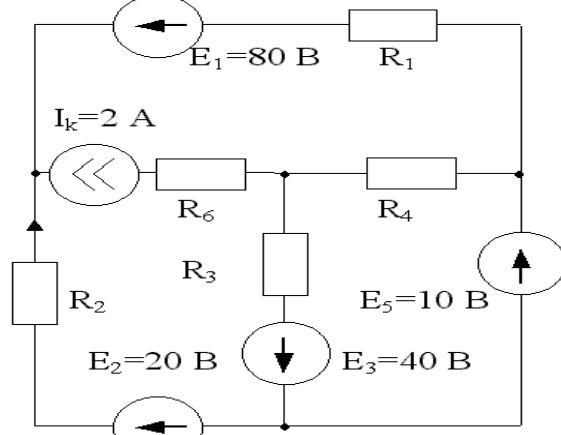
$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=10 \text{ Om}$

Вариант 65



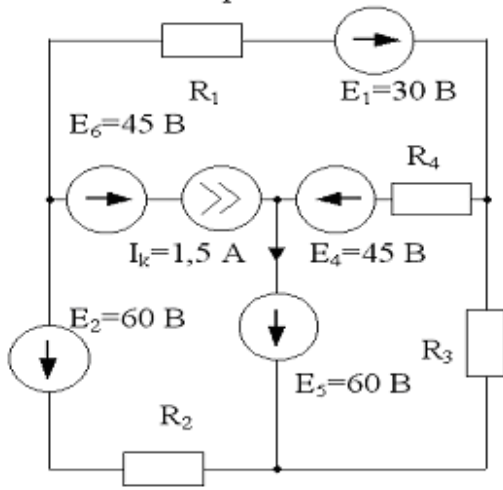
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=50 \text{ Om}$

Вариант 66



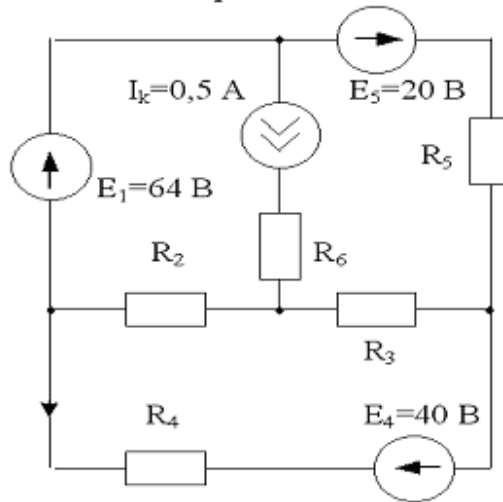
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=50 \text{ Om}$

Вариант 67



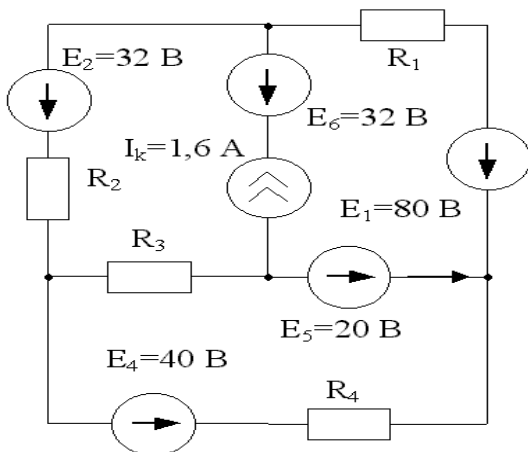
$R_1=R_2=R_3=R_4=15 \text{ Ом}$

Вариант 68



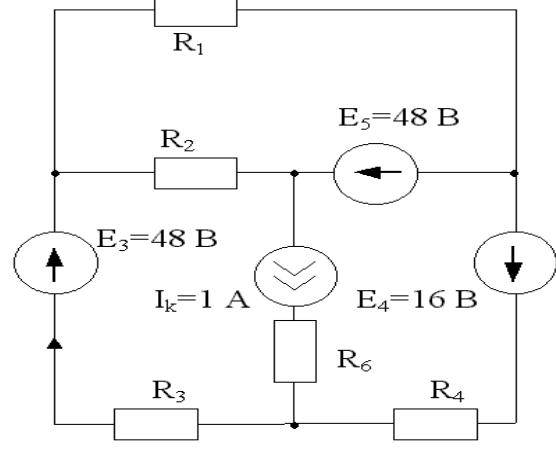
$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=10 \text{ Ом}$

Вариант 69



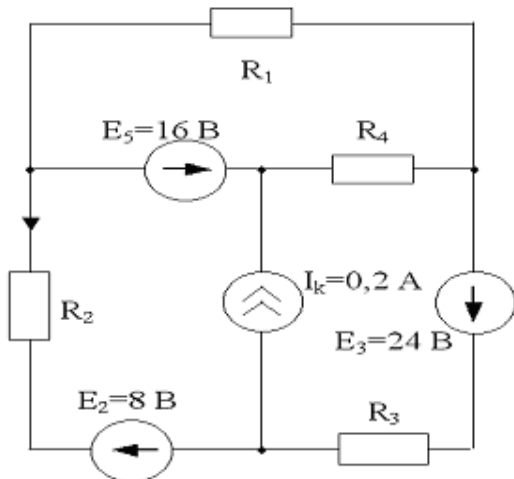
$R_1=R_2=R_3=R_4=16 \text{ Ом}$

Вариант 70



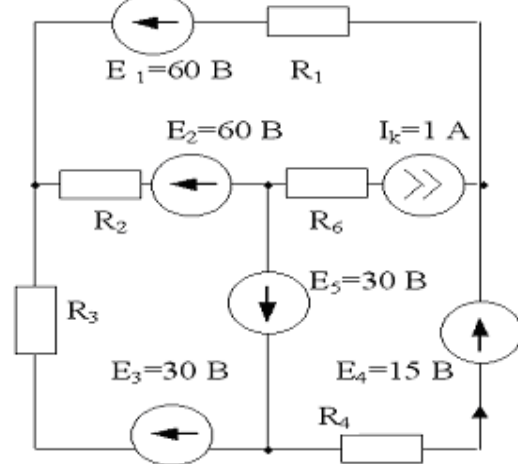
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=8 \text{ Ом}$

Вариант 71



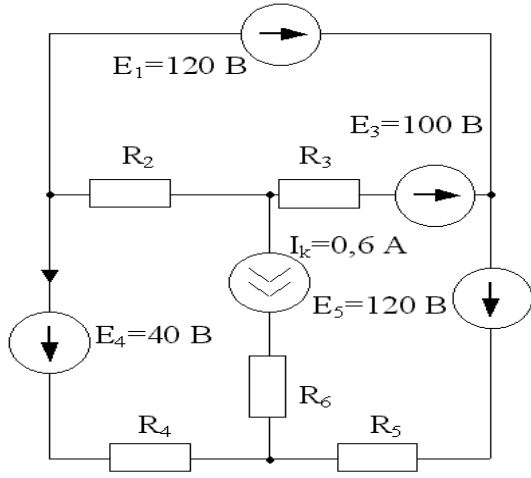
$R_1=R_3=R_4=R_2=10 \text{ Ом}$

Вариант 72



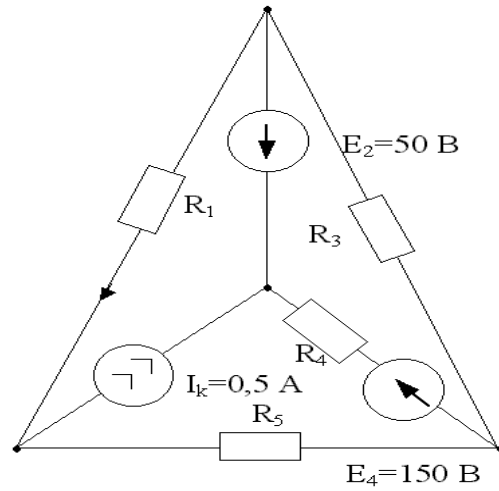
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=10 \text{ Ом}$

Вариант 73



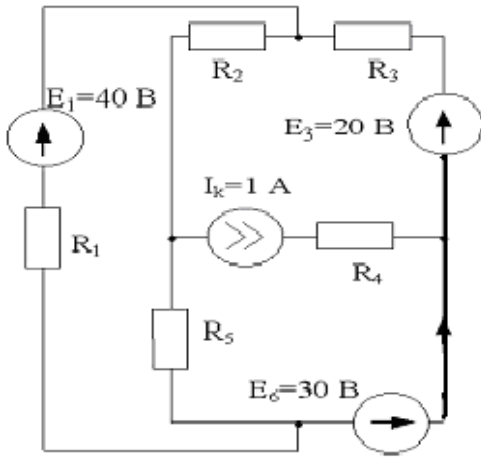
$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=12 \text{ Ом}$

Вариант 74



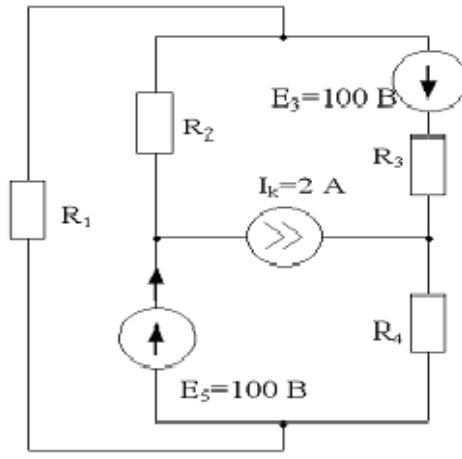
$R_1=R_3=R_4=R_5=40 \text{ Ом}$

Вариант 75



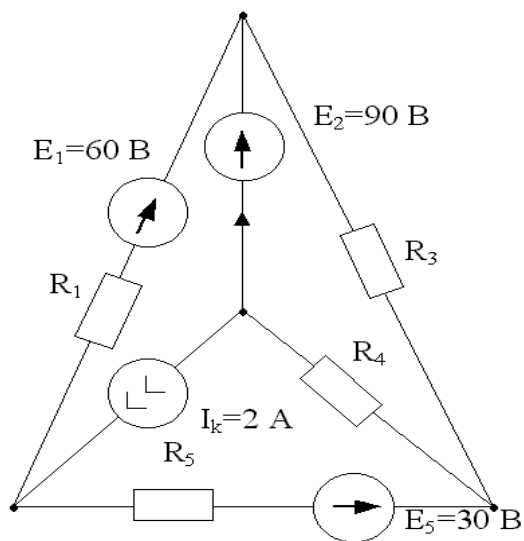
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=20 \text{ Ом}$

Вариант 76



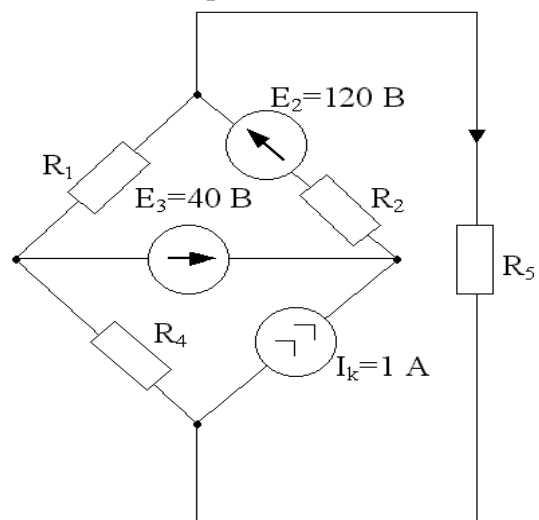
$R_1=R_2=R_3=R_4=40 \text{ Ом}$

Вариант 77

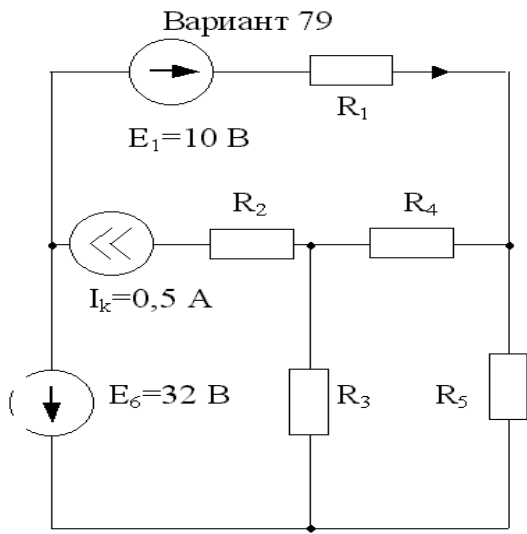


$R_1=R_3=R_4=R_5=60 \text{ Ом}$

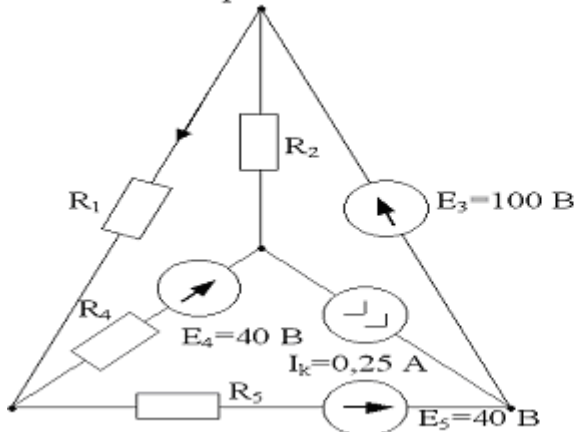
Вариант 78



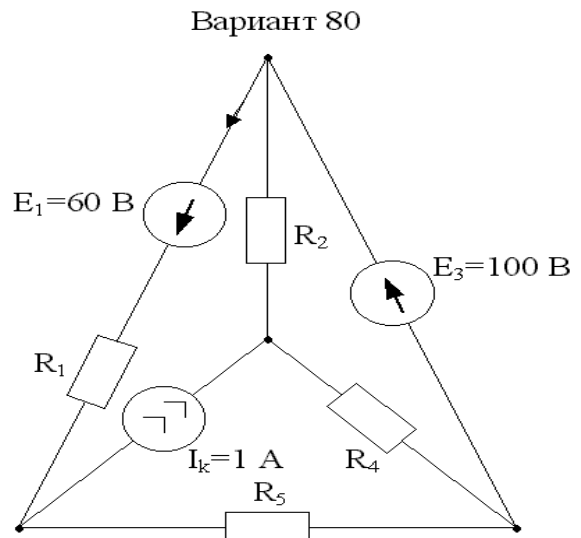
$R_1=R_2=R_4=R_5=60 \text{ Ом}$



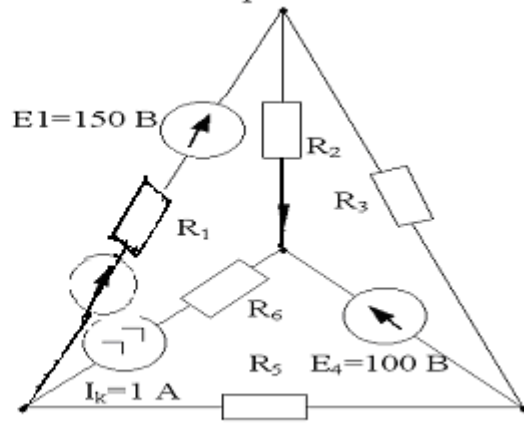
$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=40\text{ Ом}$
 Вариант 81



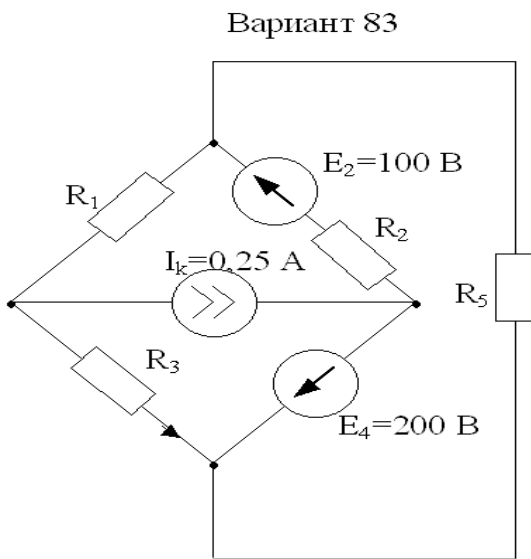
$R_1=R_2=R_4=R_5=10\text{ Ом}$



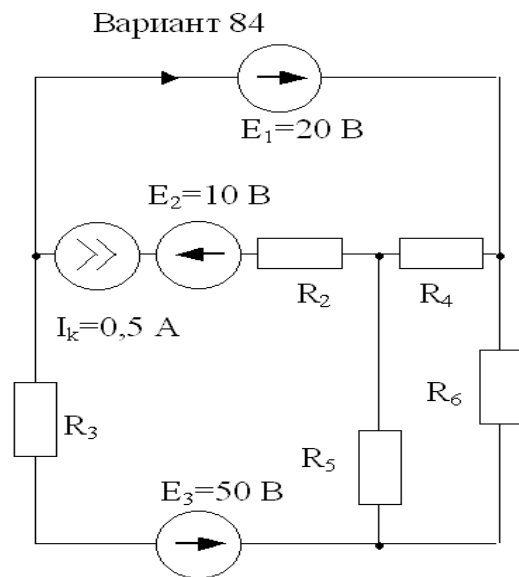
$R_1=R_2=R_4=R_5=20\text{ Ом}$
 Вариант 82



$R_1=R_2=R_3=R_5=R_6=50\text{ Ом}$

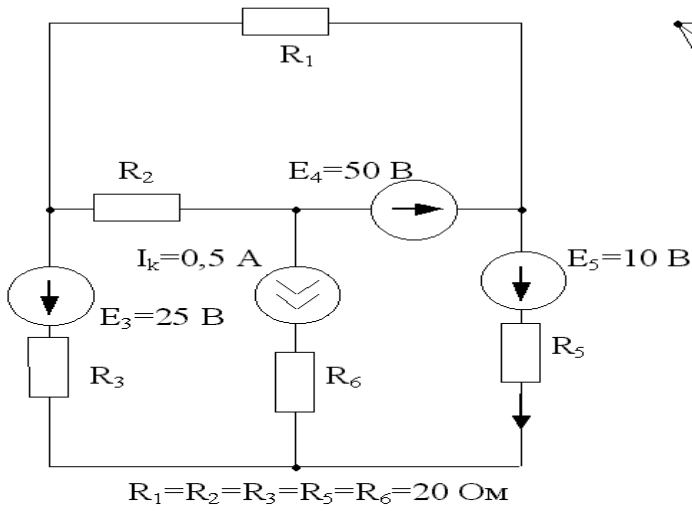


$R_1=R_2=R_3=R_5=20\text{ Ом}$

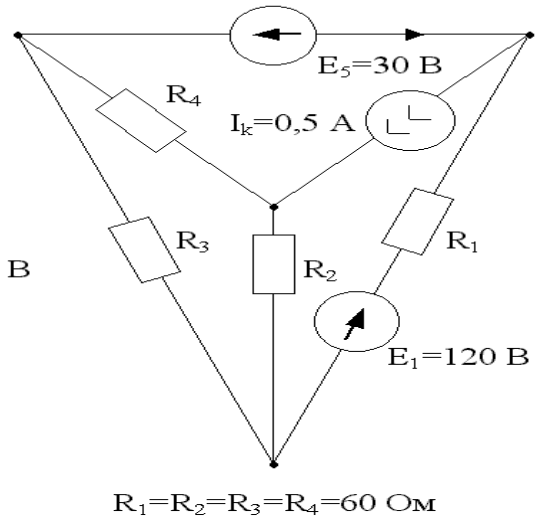


$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=40\text{ Ом}$

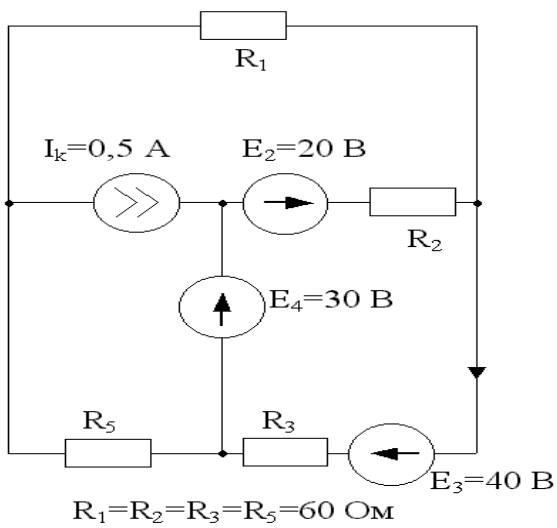
Вариант 85



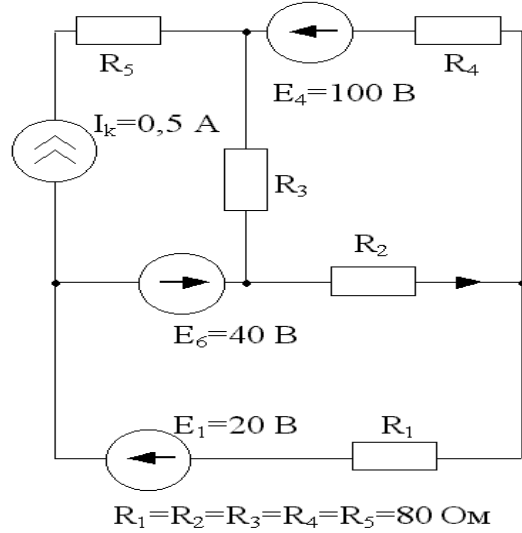
Вариант 86



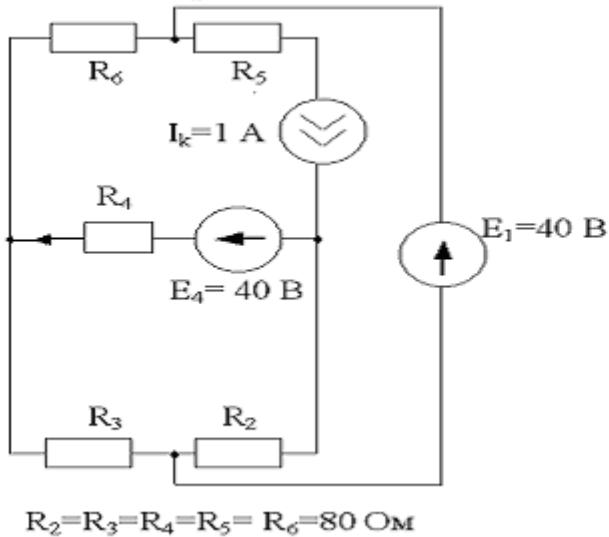
Вариант 87



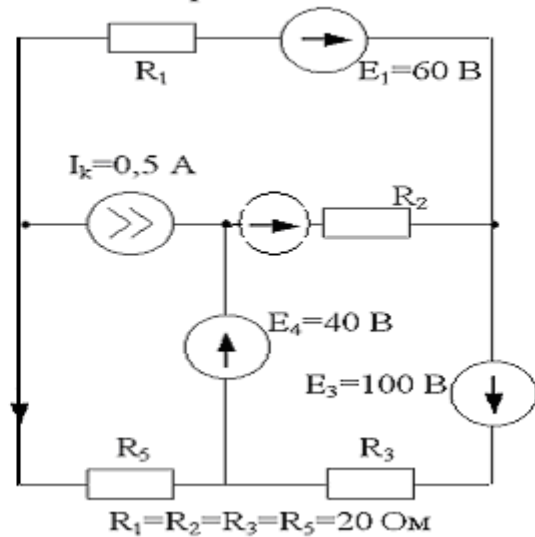
Вариант 88



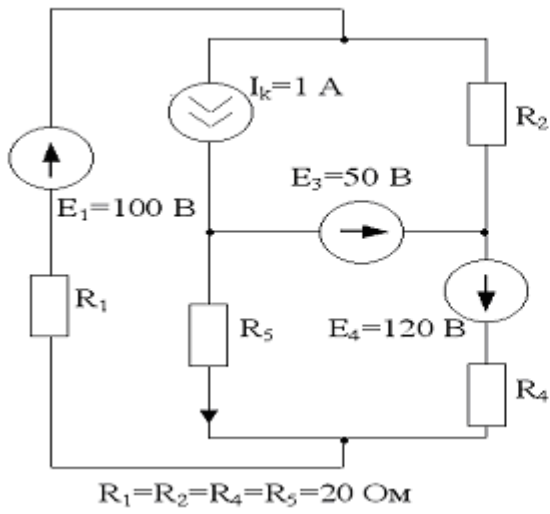
Вариант 89



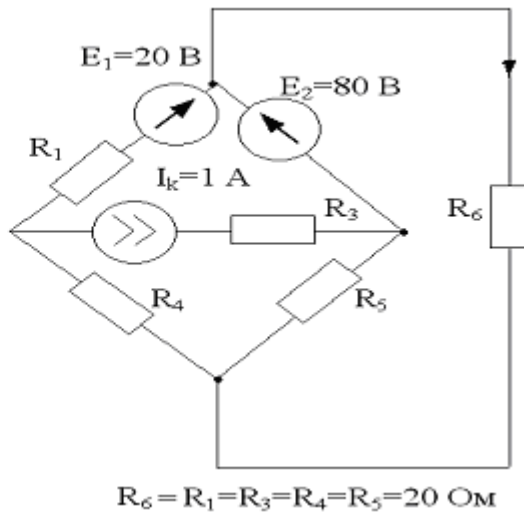
Вариант 90



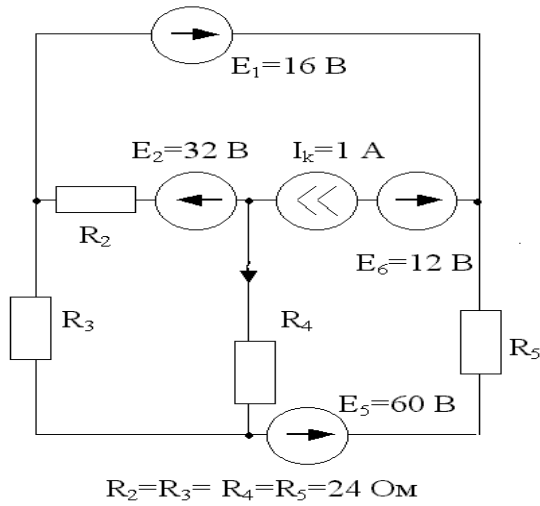
Вариант 91



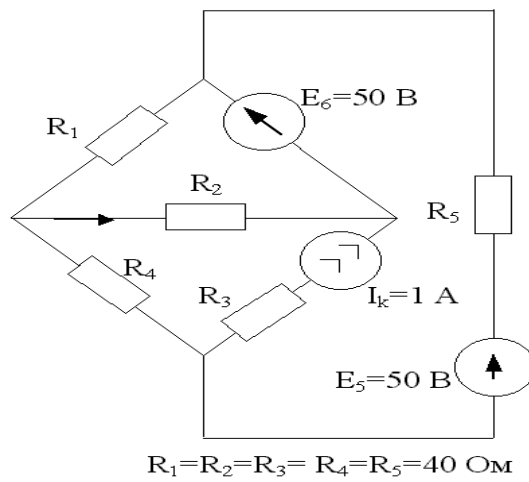
Вариант 92



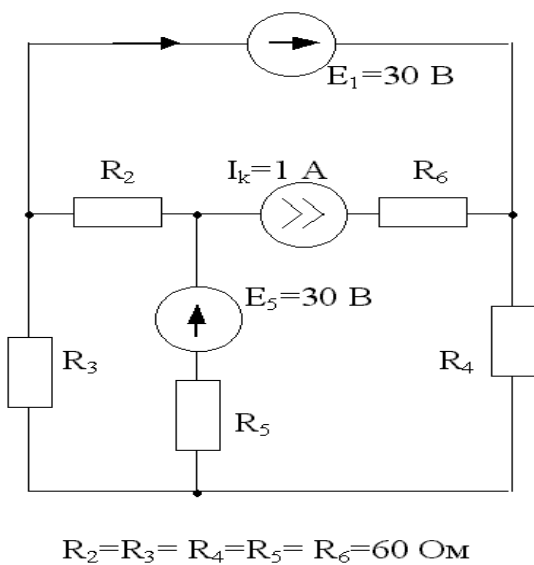
Вариант 93



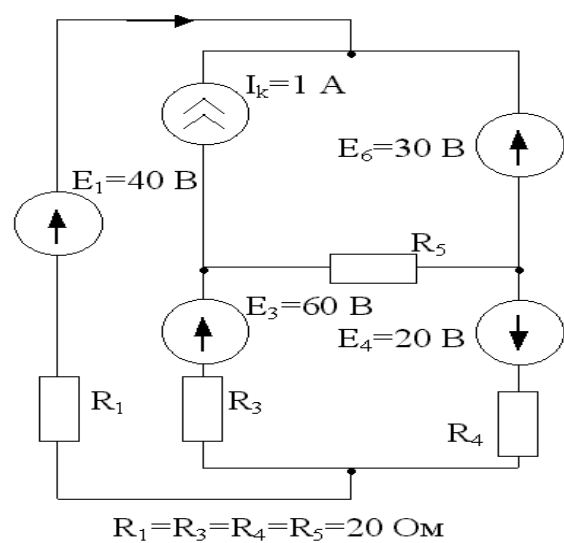
Вариант 94



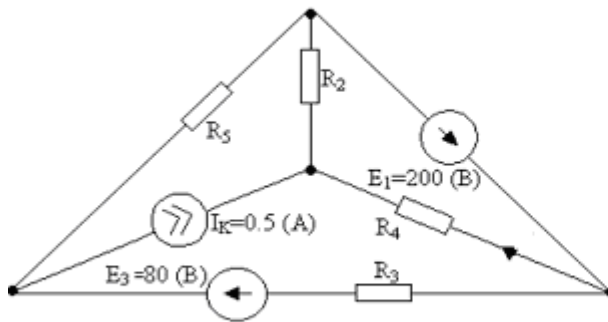
Вариант 95



Вариант 96

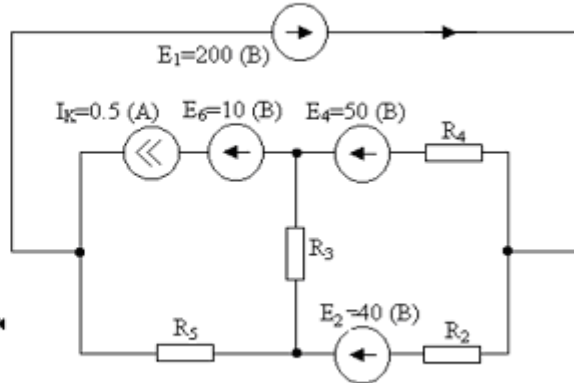


Вариант 97



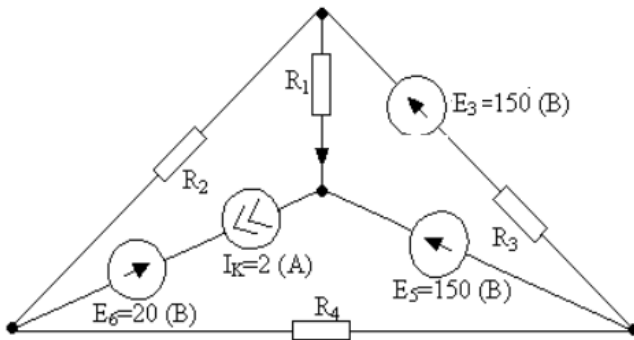
$R_2=R_3=R_4=R_5=20 \text{ (Ом)}$

Вариант 98



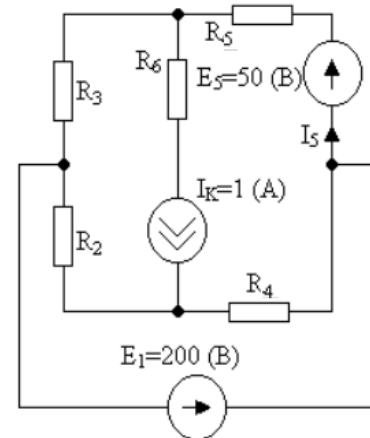
$R_2=R_3=R_4=R_5=40 \text{ (Ом)}$

Вариант 99



$R_1=R_2=R_3=R_4=15 \text{ (Ом)}$

Вариант 100



$R_2=R_3=R_4=R_5=R_6=10 \text{ (Ом)}$

ПРИМЕР

Дано:
 $I_k=5 \text{ A};$
 $E_1=E_2=E_5=100 \text{ В};$
 $E_6=20 \text{ В};$
 $R_1=R_4=40 \text{ Ом};$
 $R_2=R_3=R_6=10 \text{ Ом};$

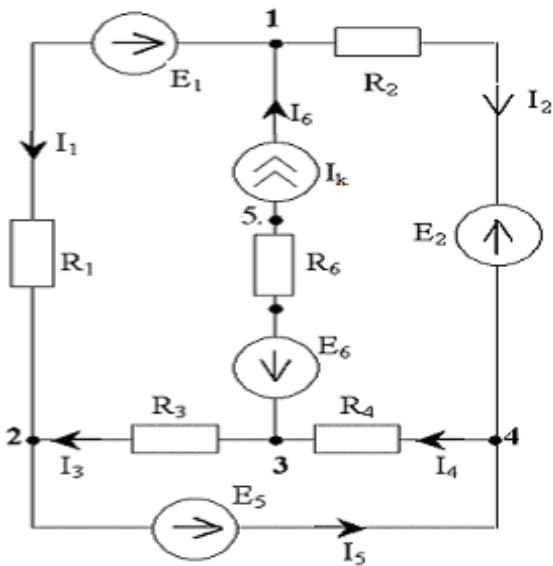


Рис. 1

Решение.

1. Произвольно задаем положительные направления токов в ветвях и нумеруем узлы схемы (рис. 1)

2. Выбираем независимые контуры схемы и произвольно задаем направление их обхода. При этом рекомендуется ветвь с источником тока включить только в один из независимых контуров. Такой вариант представлен на скелетной схеме (рис. 2)

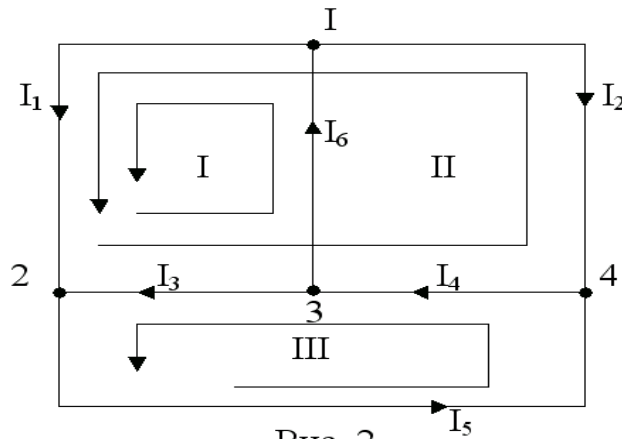


Рис. 2

3. Полная система независимых уравнений по 1^{му} и 2^{му} законам Кирхгофа относительно неизвестных токов I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 :

1. $I_6 - I_1 - I_2 = 0$
2. $I_1 + I_3 - I_5 = 0$
3. $I_4 - I_6 - I_3 = 0$
4. $E_2 - E_1 = -I_2 R_2 + I_1 R_1 - I_3 R_3 - I_4 R_4$
5. $E_5 = I_4 R_4 + I_3 R_3$

4. Система уравнений относительно контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} (циркулирующих в независимых контурах I, II, III соответственно, см. рис 2):

$$\begin{cases} 1. E_2 - E_1 = I_{22}(R_2 + R_1 + R_3 + R_4) + I_{11}(R_1 + R_3) - I_{33}(R_3 + R_4) \\ 2. E_5 = I_{33}(R_3 + R_4) - I_{11}R_3 - I_{22}(R_3 + R_4) \\ 3. I_{11} = I_k \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = I_{22} \cdot 100 + 5 \cdot 50 - I_{33} \cdot 50 \\ 100 = I_{33} \cdot 50 - 5 \cdot 10 - I_{22} \cdot 50 \end{cases}$$

$$I_{22} = -2A; I_{33} = 1A; I_{11} = 5A.$$

По найденным контурным токам определяем токи в ветвях.

$$I_1 = I_{11} + I_{22} = 5 - 2 = 3A.$$

$$I_2 = -I_{22} = 2A.$$

$$I_3 = I_{33} - I_{11} - I_{22} = 1 - 5 + 2 = -2A.$$

$$I_4 = I_{33} - I_{22} = 1 + 2 = 3A$$

$$I_5 = I_{33} = 1A.$$

$$I_6 = I_{11} = I_k = 5A.$$

5. Расчет методом узловых потенциалов. Принимаем $\varphi_2=0$, тогда $\varphi_4 = E_5$.

Уравнения в узловых потенциалах записываем для 1^{го} и 3^{го} узлов:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_1(1/R_1 + 1/R_2) - \varphi_4 \cdot 1/R_2 = E_1 \cdot 1/R_1 + E_2 \cdot 1/R_2 + I_k \\ \varphi_3(1/R_3 + 1/R_4) - \varphi_4 \cdot 1/R_4 = -I_k \\ \varphi_1(1/40 + 1/10) - 100 \cdot 1/10 = 100 \cdot 1/40 + 100 \cdot 1/10 + 5 \\ \varphi_3(1/10 + 1/40) - 100 \cdot 1/40 = -5 \end{array} \right.$$

$$\varphi_1 = 220 \text{ В}; \quad \varphi_3 = -20 \text{ В}.$$

Рассчитываем токи в ветвях через потенциалы узлов:

$$I_1 = (\varphi_1 - \varphi_2 - E_1) / R_1 = (220 - 100) / 40 = 3A;$$

$$I_2 = (\varphi_1 - \varphi_4 - E_2) / R_2 = (220 - 100 - 100) / 10 = 2A;$$

$$I_3 = (\varphi_3 - \varphi_2) / R_3 = (-20 - 0) / 10 = -2A;$$

$$I_4 = (\varphi_4 - \varphi_3) / R_4 = (100 + 20) / 40 = 3A;$$

$$I_5 = I_1 + I_3 = 1A.$$

6. Найдем ток I_5 методом эквивалентного генератора. Рассмотрим 5^{ую} ветвь как нагрузку активного 2^х-полюсника (рис. 3а)

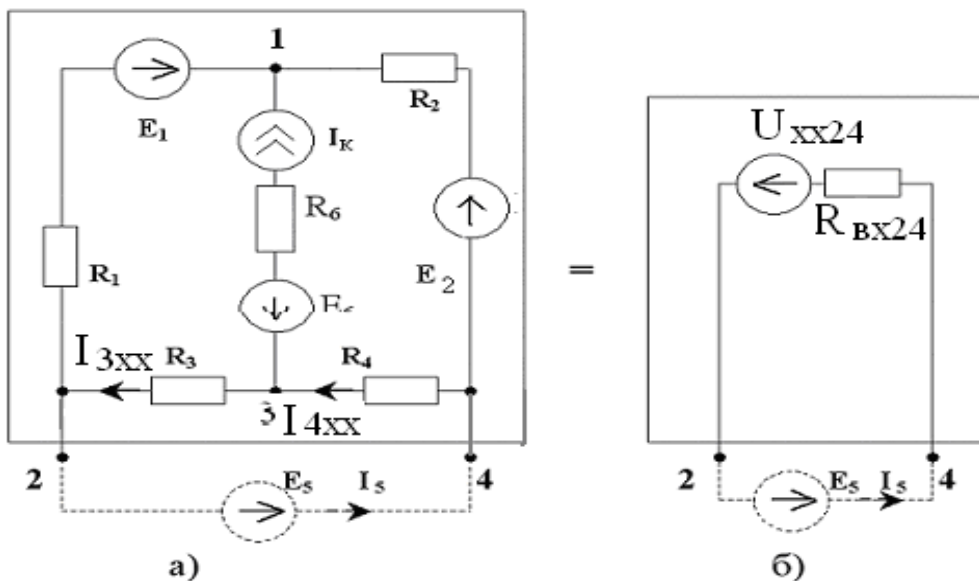


Рис. 3

Согласно схеме замещения рис 3. б:

$$I_5 = (U_{xx24} + E_5) / R_{вх24}, \text{ где}$$

$U_{xx24} = (\varphi_2 - \varphi_4)_{xx}$ – напряжение между разомкнутыми зажимами “2” и ”4”.
Для рассматриваемого активного 2^x - полюсника в режиме холостого хода по законам Кирхгофа:

$$\begin{cases} E_1 - E_2 = I_{3xx} (R_3 + R_1) + I_{4xx} (R_2 + R_4); \\ I_{4xx} - I_{3xx} - I_k = 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = I_{3xx} \cdot 50 + I_{4xx} \cdot 50 \\ 5 = -I_{3xx} + I_{4xx} \end{cases}$$

$$I_{3xx} = -2,5 \text{ A}, \quad I_{4xx} = 2,5 \text{ A}.$$

$$U_{xx24} = (\varphi_2 - \varphi_4)_{xx} = -I_{3xx} R_3 - I_{4xx} R_4 = -75 \text{ В}.$$

Входное сопротивление активного 2^x -полюсника рис. 3а находим по схеме рис 3 в:

$$R_{вх24} = (R_2 + R_1)(R_3 + R_4) / (R_2 + R_1 + R_3 + R_4) = 25 \text{ Ом}.$$

$$I_5 = (U_{xx24} + E_5) / R_{вх24} = (-75 + 100) / 25 = 1 \text{ А}.$$

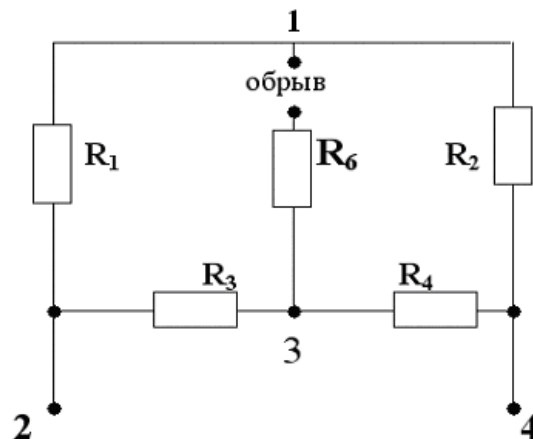


Рис. 3 в

7. В соответствии с требованием 5^{ого} пункта задания параллельно ветви с источником тока включаем идеальный амперметр (рис.4). Его можно считать нагрузкой активного 2^x -полюсника (случай короткого замыкания его зажимов “1” и ”3”).

$$I_A = I_{кз} = U_{xx13} / R_{вх13}, \text{ где}$$

$$U_{xx13} = \varphi_1 - \varphi_3 = 220 - (-20) = 240 \text{ В}$$

(по результатам расчета методом узловых потенциалов).

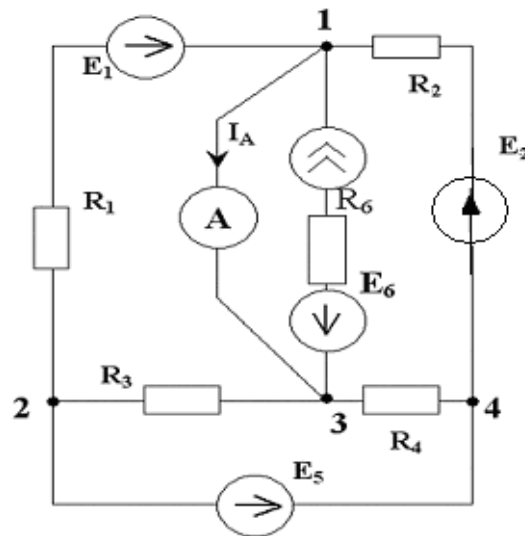


Рис. 4

Входное сопротивление схемы относительно точек “1” и “3” записываем в соответствии с рис.5:

$$R_{\text{вх}13} = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2) + (R_3 \cdot R_4) / (R_3 + R_4) = 40 \cdot 10 / (40 + 10) + 10 \cdot 40 / (10 + 40) = 16 \text{ Ом.}$$

Показание амперметра:

$$I_A = U_{\text{хх}13} / R_{\text{вх}13} = 240 / 16 = 15 \text{ А.}$$

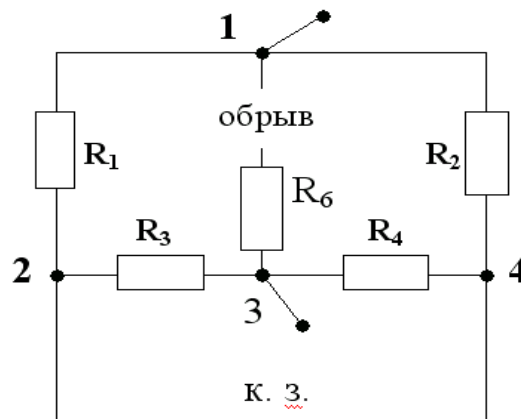


Рис. 5

8. Согласно закону сохранения энергии $\sum P_{\text{ист.}} = \sum P_{\text{потр.}}$, где

$\sum P_{\text{ист.}}$ – сумма мощностей, отдаваемых источниками,

$\sum P_{\text{потр.}}$ – сумма мощностей, потребляемых резисторами.

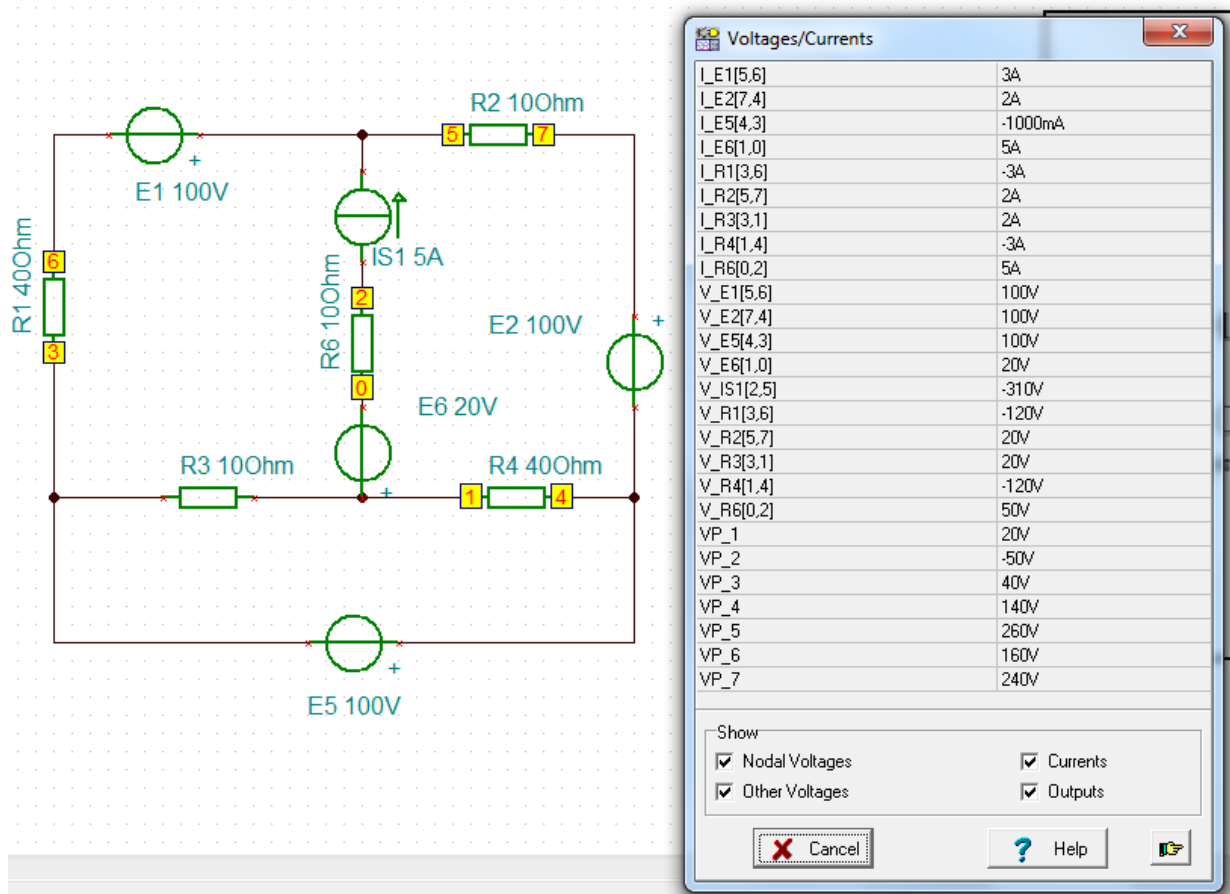
$$\sum P_{\text{ист.}} = -E_1 \cdot I_1 - E_2 \cdot I_2 + E_5 \cdot I_5 - E_6 \cdot I_k + I_k (\varphi_1 - \varphi_5);$$

$$\varphi_5 = \varphi_3 - E_6 - I_k \cdot R_6 = -20 - 20 - 5 \cdot 10 = -90 \text{ (В) (см. рис. 1);}$$

$$\sum P_{\text{ист.}} = -100 \cdot 3 - 100 \cdot 2 + 100 \cdot 1 - 20 \cdot 5 + 5 (220 + 90) = \underline{1050 \text{ Вт}}$$

$$\sum P_{\text{потр.}} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_6^2 \cdot R_6 = 9 \cdot 40 + 4 \cdot 10 + 4 \cdot 10 + 9 \cdot 40 + 25 \cdot 10 = \underline{1050 \text{ Вт.}}$$

Компьютерное моделирование электрической цепи



Вывод: результаты моделирования совпадают с расчетом.