

1.3. Требования к выполнению и оформлению расчетно-графических работ.

Прежде чем приступать к выполнению расчетно-графической работы необходимо внимательно ознакомиться с соответствующими разделами теории. Работа должна показать не только умение решать предложенные задачи, но и умение оформить их согласно ГОСТ. Несоблюдение правил оформления расчетно-графических работ может стать причиной того, что представленная работа не будет зачтена, либо не будет даже принята к рецензированию.

Основные требования:

1) Каждая расчетно-графическая работа выполняется в отдельной тетради в клетку, на обложке которой должны быть написаны: наименование У КП и № группы, фамилия, имя и отчество студента, номер расчетно-графической работы, год издания и использованных методических указаний.

2) На каждой странице должны быть оставлены поля шириной не менее 3 см для замечаний рецензента.

3) Текст, формулы и числовые выкладки должны быть написаны четко и аккуратно без помарок.

4) Электрические схемы должны быть вычерчены с помощью чертежных инструментов с соблюдением ГОСТ. Можно пользоваться теми изображениями элементов схем, которые применяются в помещенных ниже задачах. При выполнении работы следует руководствоваться материалами ГОСТ, которые устанавливают стандарт на буквенные обозначения основных электрических и магнитных величин. В скобках указываются допускаемые обозначения.

5) Графики должны быть вычерчены аккуратно, с помощью чертежных инструментов, желательно на миллиметровой бумаге. Оси абсцисс и ординат вычерчивают сплошными толстыми линиями. Стрелки на концах осей вычерчивать не следует. Масштабы шкал по осям следует выбирать равномерными, начиная с нуля, с использованием всей площади графика. Цифры шкал наносят слева от оси ординат и под осью абсцисс. Если на графике небольшое число кривых, то их вычерчивают разными линиями (сплошной, штриховой, штрих-пунктирной и т.п.). При большом числе кривые нумеруют. Для показа на графике расчетных точек рекомендуется применять по выбору следующие знаки: Δ , \square , \diamond , \circ . Буквенное обозначение наименования шкалы и единицу измерения величины пишут над числами шкалы оси ординат и под осью абсцисс, справа, вместо последнего числа шкалы. Надписи не должны выходить за пределы графика. Количество знаков цифр в числах должно быть минимальным, для чего целесообразно ввести у наименования шкалы постоянный множитель 10^n . Если шкалы на осях начинаются с нуля, то ноль на их пересечении ставится один раз. Во всех других случаях ставят оба значения.

6) Векторные диаграммы должны строиться в масштабе.

7) В конце контрольной работы надо поставить дату выполнения работы и подписаться.

8) Если контрольная работа не зачтена или зачтена при условии внесения исправлений, то все необходимые поправки необходимо делать в разделе "Работа над ошибками". Нельзя вносить какие-либо исправления в текст, расчеты и графики уже просмотренные преподавателем.

9) Студентам рекомендуется поэтапное выполнение контрольных заданий, т.е. выполнение решения первой задачи и сдача ее на проверку преподавателю, затем решение второй задачи и сдача на проверку всей расчетно-графической работы.

II РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

2.1. Краткие теоретические сведения, методы и примеры расчета.

2.1.1. Основные законы и расчетные формулы.

Закон Ома (Схема 1 и 2).

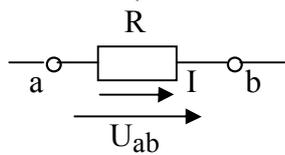


Схема 1

Для пассивного участка цепи ab:

$$I = \frac{U_{ab}}{R}$$

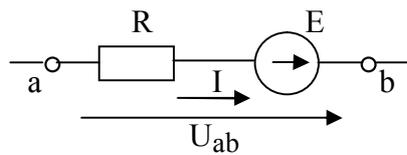


Схема 2

Для активного участка цепи ab:

$$I = \frac{U_{ab} + E}{R},$$

где: R – сопротивление участка цепи; U_{ab} – напряжение на участке цепи;
E – э.д.с.источника и ток I, протекающий через участок цепи.

Законы Кирхгофа (Схема 3).

Узел - это место соединения трёх и более проводников.

Ветвь - это часть цепи между двумя узлами.

Контур - это любой замкнутый путь электрического тока.

Рисунок 3 демонстрирует: **A,B,C,D**-узлы; **AB,CD,BC,DA**-ветви; **ABCD**A-контур.

I Закон Кирхгофа

Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0.$$

Правило составления уравнений по I закону Кирхгофа

Ток, который втекает в узел, имеет положительный знак, который вытекает, отрицательный.

Пример: узел C $I_2 - I_3 - I_7 - I_8 = 0$

II Закон Кирхгофа

В каком-либо контуре алгебраическая сумма электродвижущих сил, действующих в данном контуре, равна алгебраической сумме падений напряжения, в данном контуре:

$$\sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n I_i R_i$$

Правила составления уравнений по II закону Кирхгофа

Когда направление обхода контура совпадает с направлением тока в сопротивлении, падение напряжения имеет положительный знак **+IR**, в тоже время имеет отрицательный знак **-IR**, если направления не совпадают.

Когда направление обхода контура совпадает с направлением э.д.с., имеем положительный знак $+E$, однако имеем отрицательный знак $-IR$, если направления не совпадают.

Пример: контур **ABCD** $E_1 + E_2 + E_3 = -I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3 - I_4R_4$

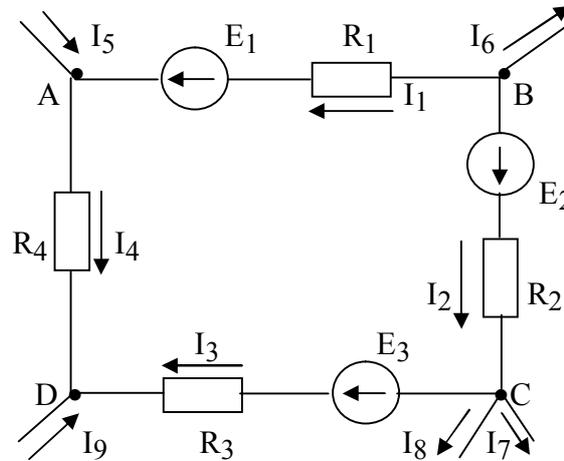


Схема 3

Уравнение баланса мощностей.

Баланс мощностей – заключается в том, что в любом замкнутом электрическом контуре мощность, выделяемая источниками э.д.с. $P_{И}$ равна мощности, преобразуемой в другие виды энергии потребителями $P_{П}$, т.е.

$$P_{П} = P_{И},$$

где: $P_{И} = \sum_{i=1}^k E_i I_i$ и $P_{П} = \sum_{i=1}^k I_i^2 R_i$.

При этом в генераторном режиме источника направления э.д.с. E_i и тока I_i совпадают по знаку, а в режиме потребителя они противоположны.

Пример: контур **ABCD**

$$E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4$$

Последовательное соединение резисторов (Схема 4).

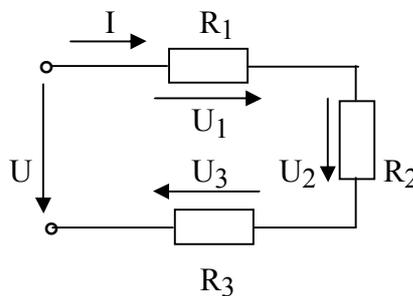


Схема 4

В этом случае единственный ток I протекает через все резисторы R_1, R_2, R_3 .

Согласно второму *закону Кирхгофа* имеем:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3,$$

откуда

$$U/I = R_1 + R_2 + R_3$$

и наконец

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3 \text{ (эквивалентное сопротивление).}$$

Для n последовательно включенных сопротивлений будет:

$$R_{\text{экв}} = \sum_{i=1}^n R_i.$$

Параллельное соединение резисторов (Схема 5).

Единственное напряжение U приложено ко всем сопротивлениям R_1, R_2, R_3 .

Согласно первому *закону Кирхгофа* имеем:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3,$$

откуда

$$1/R_{\text{экв}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3.$$

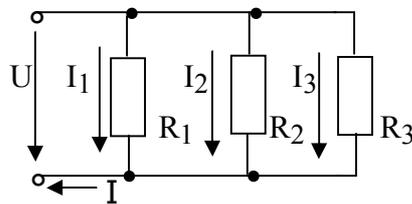


Схема 5

Введём понятие проводимости, величины обратной сопротивлению

$$G = 1/\text{Ом}.$$

Тогда для n включённых параллельно сопротивлений будет:

$$G_{\text{экв}} = \sum_{i=1}^n G_i.$$

Частный случай:

Если имеем только два включённых параллельно сопротивления R_1 и R_2 , то расчет эквивалентного сопротивления ведем исходя из

$$1/R_{\text{экв}} = 1/R_1 + 1/R_2,$$

откуда

$$R_{\text{экв}} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2).$$

2.2. Методика решения задач.

2.2.1. ЗАДАЧА №1.

В изображенной схеме электрической цепи э.д.с. и сопротивления резисторов - известны. Определить токи в ветвях. (Задачу решить в общем виде).

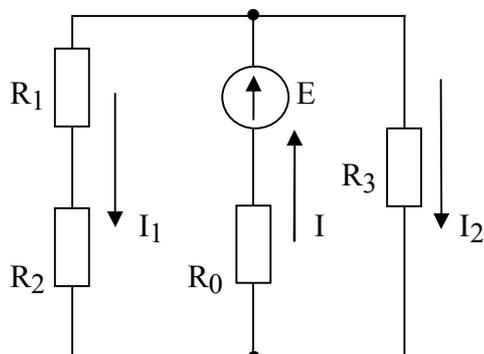


Схема электрической цепи

Решаем задачу методом эквивалентного сопротивления.

1) Расчет эквивалентного сопротивления.

Сопротивления R_1 и R_2 включены последовательно и по известной формуле находим их эквивалентное сопротивление

$$R_{12} = R_1 + R_2.$$

При параллельном включении пассивных ветвей их эквивалентное сопротивление находим как

$$R_{123} = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3}.$$

И тогда эквивалентное сопротивление всей цепи будет

$$R_9 = R_0 + R_{123}.$$

2) Расчет токов.

Ток в неразветвленной части цепи находим согласно закону Ома

$$I = \frac{E}{R_9}.$$

Для расчета токов в ветвях целесообразно найти напряжение на разветвлении

$$U = I \cdot R_{123}.$$

И наконец находим токи в пассивных ветвях:

$$I_1 = \frac{U}{R_{12}},$$

$$I_2 = \frac{U}{R_3}.$$

2.2.2. ЗАДАЧА №2.

В изображенной схеме электрической цепи известны:

$$E_1 = 72 \text{ В}, E_2 = 48 \text{ В}, R_1 = 3 \text{ Ом}, R_2 = 4 \text{ Ом}, R_3 = 12 \text{ Ом}.$$

Определить: токи в ветвях, используя различные методы расчета.

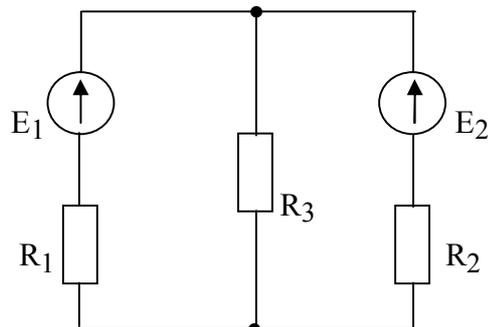


Схема электрической цепи

2.2.2.1. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.

Примем направление токов в ветвях такими, как указано на схеме А.

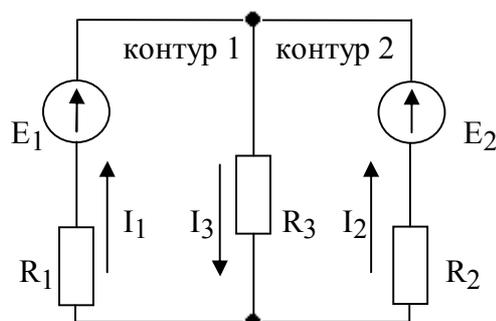


Схема А

Число ветвей $m = 3$; число узлов $n = 2$.

Число уравнений по 1-му закону Кирхгофа $n-1 = 2-1 = 1$.

Число уравнений по 2-му закону Кирхгофа $m-(n-1) = 3-(2-1) = 2$.

$$\text{Для одного из узлов: } I_1 + I_2 - I_3 = 0.$$

$$\text{Для 1-го контура : } I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 = E_1.$$

$$\text{Для 2 го контура : } -I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 = -E_2.$$

Перепишем эту систему так:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1),$$

$$I_1 \cdot 3 + I_3 \cdot 12 = 72 \quad (2),$$

$$I_2 \cdot 4 + I_3 \cdot 12 = 48 \quad (3).$$

Уравнения 1-3 решаем методом подстановки:

из (2) получим

$$I_1 = \frac{72 - 12 \cdot I_3}{3} = 24 - 4 \cdot I_3,$$

а из (3)
$$I_2 = \frac{48 - 12 \cdot I_3}{4} = 12 - 3 \cdot I_3.$$

Подставляя полученные формулы в (1), имеем:

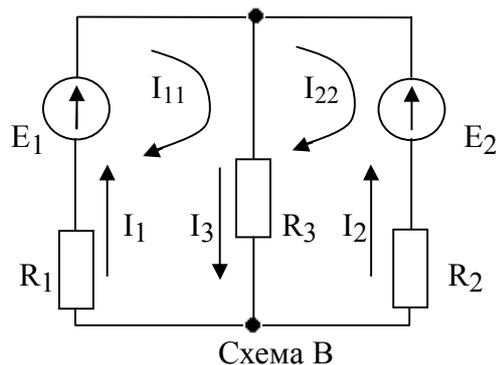
$$24 - 4 \cdot I_3 + 12 - 3 \cdot I_3 - I_3 = 0, \quad I_3 = \frac{36}{8} = 4.5 \text{ A},$$

$$I_1 = 24 - 4 \cdot 4.5 = 6 \text{ A}, \quad I_2 = 12 - 3 \cdot 4.5 = -1.5 \text{ A}.$$

Знак минус указывает на то, что действительное направление тока противоположно выбранному.

2.2.2.2. Метод контурных токов.

Примем направление контурных токов такими, как указано на схеме В.



Используя II закон Кирхгофа, получаем уравнения для двух контуров в общем виде:

$$R_{11} \cdot I_{11} - R_{12} \cdot I_{22} = E_{11},$$

$$-R_{21} \cdot I_{11} + R_{22} \cdot I_{22} = E_{22}.$$

При этом

$$R_{11} = R_1 + R_3 = 3 + 12 = 15 \text{ Ом}, \quad E_{11} = E_1 = 72 \text{ В},$$

$$R_{22} = R_2 + R_3 = 4 + 12 = 16 \text{ Ом}, \quad E_{22} = -E_2 = -48 \text{ В},$$

$$R_{12} = R_{21} = R_3 = 12 \text{ Ом}.$$

Подставляя значения R и E в исходные уравнения, получаем:

$$15 \cdot I_{11} - 12 \cdot I_{22} = 72$$

$$-12 \cdot I_{11} + 16 \cdot I_{22} = -48$$

Эти уравнения могут быть решены методом подстановки, однако, рассмотрим более общий алгоритм решения системы линейных уравнений.

Найдем определитель системы и его алгебраические дополнения:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 15 & -12 \\ -12 & 16 \end{vmatrix} = 15 \cdot 16 - 12 \cdot 12 = 96 \text{ Ом}^2$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 72 & -12 \\ -48 & 16 \end{vmatrix} = 72 \cdot 16 - 48 \cdot 12 = 576 \text{ Ом В}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 15 & 72 \\ -12 & -48 \end{vmatrix} = 15 \cdot (-48) + 12 \cdot 72 = 144 \text{ Ом В}$$

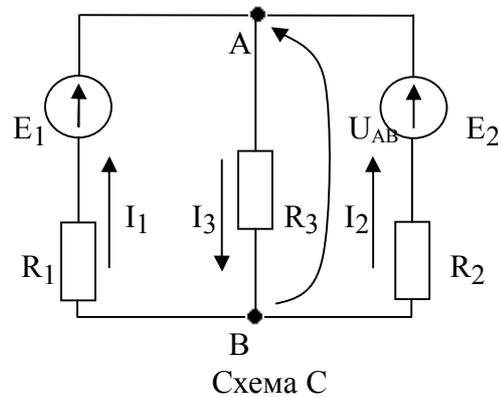
Контурные токи в этом случае будут:

$$I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{576}{96} = 6 \text{ A}, \quad I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{144}{96} = 1.5 \text{ A}.$$

А искомые токи в ветвях соответственно:

$$I_1 = I_{11} = 6 \text{ A}, \quad I_2 = -I_{22} = -1.5 \text{ A}, \quad I_3 = I_{11} - I_{22} = 6 - 1.5 = 4.5 \text{ A}.$$

2.2.2.3. Метод узлового напряжения.



Примем направление токов в ветвях такими, как указано на схеме С. Напряжение между узлами А и В определяется по формуле:

$$U_{AB} = \frac{E_1 \cdot G_1 + E_2 \cdot G_2}{G_1 + G_2 + G_3},$$

где: $G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{3} \text{ См}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4} \text{ См}, \quad G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} \text{ См}.$

Подставляя числа в исходное уравнение, получаем:

$$U_{AB} = \frac{\frac{72}{3} + \frac{48}{4}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12}} = \frac{(24 + 12) \cdot 12}{8} = 54 \text{ В}$$

Искомые токи в ветвях:

$$I_1 = (E_1 - U_{AB}) \cdot G_1 = (72 - 54) \cdot \frac{1}{3} = 6 \text{ A},$$

$$I_2 = (E_2 - U_{AB}) \cdot G_2 = (48 - 54) \cdot \frac{1}{4} = -1.5 \text{ A},$$

(действительное направление тока I_2 противоположно выбранному)

$$I_3 = -U_{AB} \cdot G_3 = -54 \cdot \frac{1}{12} = -4.5 \text{ A}$$

(ток противоположен по направлению напряжению U_{AB}).

2.2.2.4. Метод наложения.

Вспомогательные схемы D и F при $E_2 = 0$ и при $E_1 = 0$ предназначены для расчета частичных токов.

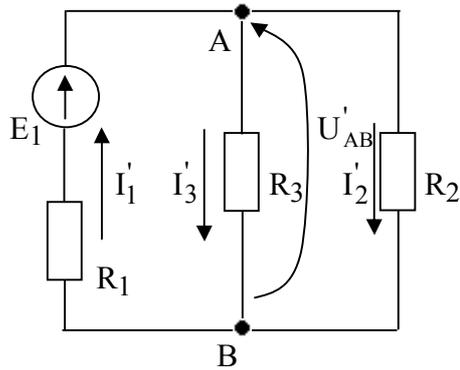


Схема D

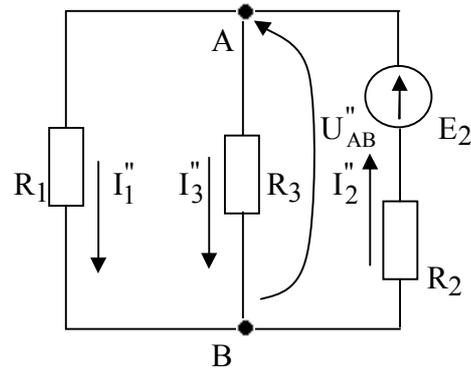


Схема F

Рассчитаем частичные токи во вспомогательных схемах методом эквивалентного сопротивления.

Для схемы D получаем:

$$I_1' = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{72}{3 + \frac{4 \cdot 12}{4 + 12}} = 12 \text{ A},$$

$$U_{AB}' = I_1' \cdot R_{23} = 12 \cdot \frac{4 \cdot 12}{4 + 12} = 36 \text{ В},$$

$$I_2' = \frac{U_{AB}'}{R_2} = \frac{36}{4} = 9 \text{ A},$$

$$I_3' = \frac{U_{AB}'}{R_3} = \frac{36}{12} = 3 \text{ A}.$$

Для схемы F получаем:

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_2 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}} = \frac{48}{4 + \frac{3 \cdot 12}{3 + 12}} = 7.5 \text{ A},$$

$$U_{AB}'' = I_2'' \cdot R_{13} = 7.5 \cdot \frac{3 \cdot 12}{3 + 12} = 18 \text{ В},$$

$$I_1'' = \frac{U_{AB}''}{R_1} = \frac{18}{3} = 6 \text{ A},$$

$$I_3'' = \frac{U_{AB}''}{R_3} = \frac{18}{12} = 1.5 \text{ A}.$$

И наконец, найдем искомые токи в исходной схеме:

$$I_1 = I_1' - I_1'' = 12 - 6 = 6 \text{ A},$$

$$I_2 = -I_2' + I_2'' = -9 + 7.5 = -1.5 \text{ A}$$

(знак минус указывает на то, что действительное направление тока I_2 не совпадает с направлением тока I_2' , показанным на схеме),

$$I_3 = I_3' + I_3'' = 3 + 1.5 = 4.5 \text{ A}.$$

2.3. Задания по контрольно-графической работе №1

«Электрические цепи постоянного тока».

В электрической цепи постоянного тока, схема, метод анализа и параметры элементов которой заданы для каждого варианта в таблице, определить:

- 1) токи в ветвях (их значения и фактическое положительное направление);
- 2) показания вольтметра и ваттметра;
- 3) режимы работы источников ЭДС. Составить баланс мощностей.

№ вар.	№ схем.	Полож. выкл.	Метод анализа	Параметры элементов электрической схемы											
				E ₁ В	E ₂ В	E ₃ В	R ₀₁ Ом	R ₀₂ Ом	R ₀₃ Ом	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	R ₄ Ом	R ₅ Ом	R ₆ Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00	1.1	Разом	Зак.Кир.	80	24	30	0,1	0,2	0,2	1,9	2,8	3,8	6	8	-
01	1.1	Замкн	Конт.ток	36	24	28	0,1	0,2	0,1	1,9	3,8	2,9	3	5	10
02	1.1	Замкн	Налож.	30	60	24	0,2	0,1	0,1	2,8	3,9	4,9	4	2	5
03	1.1	Разом	Узл.нап.	50	40	30	0,1	0,1	0,2	2,9	1,9	3,8	5	3	-
04	1.2	Разом	Зак.Кир.	36	24	-	0,2	0,1	-	2,8	3,9	-	3	4	5
05	1.2	Замкн	Конт.ток	40	36	24	0,1	0,1	0,2	2,9	4,9	3,8	1	2	3
06	1.2	Замкн	Зак.Кир.	50	40	36	0,1	0,2	0,1	0,9	1,8	4,9	2	4	5
07	1.2	Разом	Налож.	36	24	-	0,1	0,2	-	1,9	3,8	-	5	4	3
08	1.3	Разом	Зак.Кир.	36	40	-	0,1	0,2	-	2,9	3,8	-	6	7	4
09	1.3	Замкн	Конт.ток	36	50	24	0,1	0,2	0,1	3,9	1,8	5,9	3	2	1
10	1.3	Замкн	Налож.	50	36	30	0,1	0,2	0,3	2,9	2,8	3,7	4	5	6
11	1.3	Разом	Узл.нап.	36	24	-	0,2	0,1	-	3,8	2,9	-	2	3	1
12	1.4	разом	Зак.Кир.	-	40	24	-	0,2	0,1	-	3,8	3,9	5	2	3
13	1.4	замкн	Конт.ток	50	36	40	0,2	0,1	0,2	2,8	3,9	4,8	6	1	3
14	1.4	замкн	Налож.	60	30	20	0,1	0,1	0,1	3,9	4,9	2,9	5	4	1
15	1.4	разом	Узл.нап.	-	36	50	-	0,2	0,1	-	3,8	4,9	4	3	2
16	1.5	разом	Зак.Кир.	36	24	-	0,1	0,2	-	1,9	2,3	-	3	5	1,5
17	1.5	замкн	Конт.ток	50	24	20	0,1	0,2	0,3	4,9	3,8	2,7	6	7	3
18	1.5	замкн	Налож.	60	28	42	0,1	0,2	0,2	3,9	4,8	2,8	5	6	2
19	1.5	разом	Узл.нап.	30	48	-	0,1	0,1	-	4,9	3,9	-	4	5	3
20	1.6	замкн	Конт.ток	30	50	20	0,2	0,1	0,1	2,8	3,9	1,9	5	4	2
21	1.6	разом	Зак.Кир.	40	24	50	0,2	0,1	0,1	3,8	3,9	4,9	4	-	-
22	1.6	замкн	Налож.	50	36	48	0,1	0,2	0,3	3,9	2,8	3,7	7	5	2
23	1.6	разом	Узл.нап.	60	42	36	0,2	0,1	0,2	2,8	4,9	4,8	8	-	-
24	1.7	разом	Зак.Кир.	-	48	24	-	0,2	0,1	-	3,8	2,9	4	7	4
25	1.7	замкн	Конт.ток	52	38	22	0,3	0,1	0,2	2,7	4,9	3,8	3	8	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
26	1.7	замкн	Налож.	60	42	38	0,2	0,3	0,1	4,8	3,7	1,9	5	6	7
27	1.7	разом	Узл.нап.	-	42	36	-	0,1	0,1	-	2,9	4,9	3	8	9
28	1.8	разом	Зак.Кир.	50	38	22	0,1	0,1	0,1	3,9	3,4	2,9	5	4,5	-
29	1.8	замкн	Конт.ток	60	40	30	0,1	0,2	0,2	4,9	3,8	3,8	2	5	3
30	1.8	замкн	Налож.	60	40	50	0,1	0,2	0,1	3,9	3,8	2,9	3	7	4
31	1.8	разом	Узл.нап.	50	30	36	0,2	0,1	0,2	3,8	4,9	2,9	4	3	-
32	1.9	разом	Зак.Кир.	40	-	28	0,1	-	0,1	3,9	-	3,9	5	6	3
33	1.9	замкн	Конт.ток	40	50	30	0,1	0,2	0,2	3,9	3,8	2,9	4	5	4
34	1.9	разом	Узл.нап.	40	-	24	0,1	-	0,2	2,9	-	4,8	3	4	5
35	1.9	разом	Налож.	50	-	36	0,1	-	0,2	3,9	-	2,8	7	5	6
36	1.10	разом	Зак.Кир.	70	50	40	0,2	0,1	0,3	3,8	4,9	4,3	3,4	-	-
37	1.10	замкн	Конт.ток	50	36	24	0,1	0,1	0,3	2,9	3,9	5,3	4,4	5	6
38	1.10	замкн	Налож.	40	25	50	0,1	0,2	0,3	3,9	4,8	3,7	4	8	4
39	1.10	разом	Узл.нап.	60	50	30	0,1	0,3	0,2	4,9	3,7	2,8	5	-	-
40	1.11	разом	Зак.Кир.	30	45	26	0,1	0,2	0,1	3,4	3,8	3,5	4,5	-	4,4
41	1.11	замкн	Конт.ток	70	40	36	0,2	0,1	0,3	2,5	3,9	3,4	3,3	4,3	5
42	1.11	разом	Узл.нап.	50	36	40	0,2	0,2	0,2	2,5	3,8	4,8	5,3	-	4,6
43	1.11	разом	Налож.	40	50	24	0,1	0,2	0,1	4,9	4,8	2,9	5	-	8
44	1.12	разом	Зак.Кир.	40	25	-	0,1	0,1	-	2,9	3,9	-	4	5	8
45	1.12	замкн	Конт.ток	60	70	36	0,1	0,2	0,3	4,9	4,8	3,7	5	8	7
46	1.12	разом	Узл.нап.	50	24	-	0,1	0,2	-	5,9	3,8	-	3	2	6
47	1.12	разом	Налож.	60	40	-	0,2	0,1	-	3,8	4,9	-	4	8	7
48	1.13	разом	Зак.Кир.	50	-	42	0,1	-	0,2	4,9	-	4,5	3,3	5	5
49	1.13	замкн	Конт.ток	60	36	24	0,1	0,2	0,1	4,9	5,8	3,9	6	10	2
50	1.13	замкн	Налож.	70	50	36	0,1	0,2	0,3	3,9	6,8	3,7	8	9	1
51	1.13	разом	Узл.нап.	36	-	56	0,1	-	0,2	4,9	-	3,6	2,8	9	5
52	1.14	разом	Зак.Кир.	40	50	60	0,1	0,3	0,2	4,4	4,7	4,6	5,2	7,6	-
53	1.14	замкн	Конт.ток	70	36	24	0,1	0,2	0,1	4,9	5,8	3,9	2	4	6
54	1.14	замкн	Налож.	70	50	60	0,2	0,3	0,1	4,8	4,7	4,4	5,5	4	6
55	1.14	разом	Узл.нап.	60	24	50	0,1	0,1	0,1	4,7	4,9	4,3	5,6	5,2	-
56	1.15	разом	Зак.Кир.	50	36	70	0,1	0,1	0,2	4,9	3,9	3,8	6	5	-
57	1.15	замкн	Конт.ток	50	60	36	0,1	0,2	0,3	3,9	5,8	5,7	4	3	2
58	1.15	разом	Налож.	70	36	24	0,2	0,1	0,1	4,8	7,9	6,9	5	8	-
59	1.15	разом	Узл.нап.	40	70	36	0,1	0,2	0,3	4,9	7,8	6,7	4	8	-
60	1.16	разом	Зак.Кир.	36	20	50	0,1	0,2	0,1	3,9	4,8	5,9	7	-	4
61	1.16	замкн	Конт.ток	70	24	40	0,2	0,3	0,1	4,8	4,4	4,9	5,3	8	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
62	1.16	разом	Налож.	50	30	24	0,2	0,1	0,1	3,8	3,9	5,9	4	-	6
63	1.16	разом	Узл.нап.	60	50	30	0,1	0,3	0,2	4,9	5,7	4,8	4	-	8
64	1.17	разом	Зак.Кир.	70	36	50	0,1	0,2	0,1	3,9	4,8	5,9	-	6	8
65	1.17	замкн	Конт.ток	60	50	40	0,2	0,1	0,1	4,8	2,9	3,9	4	4	12
66	1.17	разом	Узл.нап.	36	24	50	0,1	0,1	0,1	7,9	6,9	5,9	-	3	9
67	1.17	разом	Налож.	60	40	24	0,1	0,2	0,1	4,9	5,8	7,9	-	4	10
68	1.18	разом	Зак.Кир.	-	60	40	-	0,2	0,3	-	5,8	7,7	3	8	4
69	1.18	замкн	Конт.ток	36	40	60	0,1	0,1	0,1	5,9	6,9	6,8	3	5	6
70	1.18	разом	Узл.нап.	-	70	24	-	0,2	0,1	-	4,8	5,9	8	2	4
71	1.18	разом	Налож.	-	70	36	-	0,1	0,2	-	5,9	6,8	7	5	4
72	1.19	разом	Зак.Кир.	60	40	36	0,1	0,2	0,2	4,9	5,8	5,6	4,2	-	6
73	1.19	замкн	Конт.ток	70	30	24	0,1	0,2	0,1	5,9	6,8	7,9	8	2	4
74	1.19	замкн	Налож.	36	40	60	0,1	0,3	0,2	6,9	4,7	5,2	5,5	8	6
75	1.19	разом	Узл.нап.	70	40	24	0,1	0,2	0,2	3,9	4,8	5,8	6	-	5
76	1.20	разом	Зак.Кир.	50	24	40	0,2	0,1	0,2	4,8	5,9	6,8	3	3	-
77	1.20	замкн	Конт.ток	60	36	70	0,1	0,2	0,3	5,9	6,8	6,4	7,3	4	6
78	1.20	замкн	Налож.	40	60	36	0,1	0,1	0,2	4,9	7,9	4,6	5,2	8	3
79	1.20	разом	Узл.нап.	36	50	70	0,1	0,1	0,1	6,9	8,9	7,7	6,2	12	-
80	1.21	разом	Зак.Кир.	-	40	24	-	0,2	0,1	-	4,8	5,9	7	3	6
81	1.21	замкн	Конт.ток	70	50	40	0,1	0,2	0,1	4,9	5,8	7,9	3	9	2
82	1.21	замкн	Налож.	60	36	48	0,2	0,1	0,3	3,8	4,9	4,7	8	1	3
83	1.21	разом	Узл.нап.	-	48	24	-	0,1	0,2	-	5,9	6,8	10	1	1
84	1.22	разом	Зак.Кир.	50	36	24	0,1	0,1	0,3	4,8	3,9	5,4	5,1	6,3	-
85	1.22	замкн	Конт.ток	70	48	24	0,1	0,2	0,1	3,8	4,8	5,9	6,1	7	8
86	1.22	замкн	Налож.	50	60	40	0,1	0,2	0,1	5,9	6,8	7,9	2	4	3
87	1.22	разом	Узл.нап.	70	24	50	0,2	0,1	0,2	4,8	6,9	4,8	3	5	-
88	1.23	разом	Зак.Кир.	80	36	-	0,1	0,2	-	3,7	4,8	-	4,2	5	5
89	1.23	замкн	Конт.ток	36	50	40	0,1	0,2	0,3	4,7	4,8	5,7	5,2	6	6
90	1.23	замкн	Налож.	70	36	24	0,1	0,1	0,2	4,6	5,9	4,8	5,3	8	2
91	1.23	разом	Узл.нап.	40	24	-	0,1	0,2	-	5,4	6,8	-	4,5	11	1
92	1.24	разом	Зак.Кир.	50	60	40	0,1	0,2	0,1	5,9	6,8	4,2	5,7	9	-
93	1.24	замкн	Конт.ток	70	24	40	0,1	0,2	0,2	4,9	8,8	4,3	3,6	8	9
94	1.24	разом	Узл.нап.	50	60	30	0,2	0,1	0,1	3,8	5,9	5,6	4,3	6	-
95	1.24	замкн	Налож.	36	44	24	0,1	0,2	0,3	6,9	6,8	4,7	5	1	7
96	1.25	разом	Зак.Кир.	-	48	24	-	0,1	0,3	-	4,9	4,4	5,3	8	10
97	1.25	замкн	Конт.ток	60	30	40	0,1	0,2	0,2	4,9	4,8	4,3	6,5	7	9
98	1.25	замкн	Налож.	80	50	30	0,1	0,3	0,1	5,9	4,7	5,5	7,4	9	3
99	1.25	разом	Узл.нап.	-	80	60	-	0,2	0,1	-	5,8	4,2	7,7	8	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

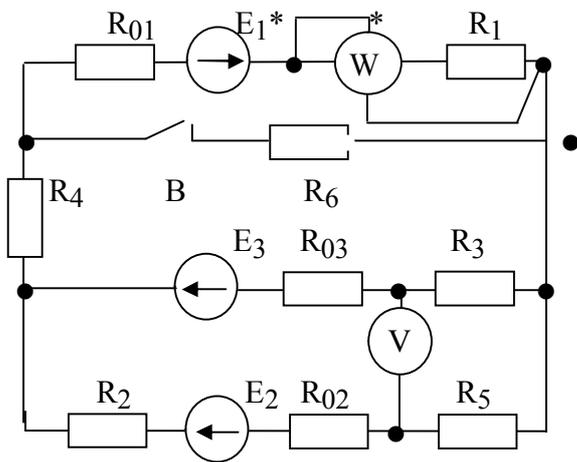


Рис.1.1

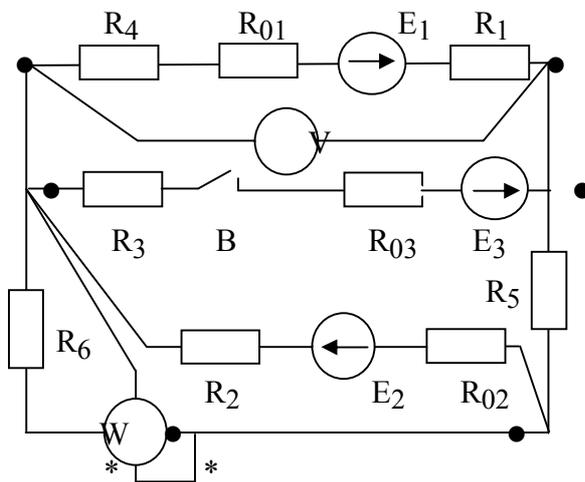


Рис.1.2

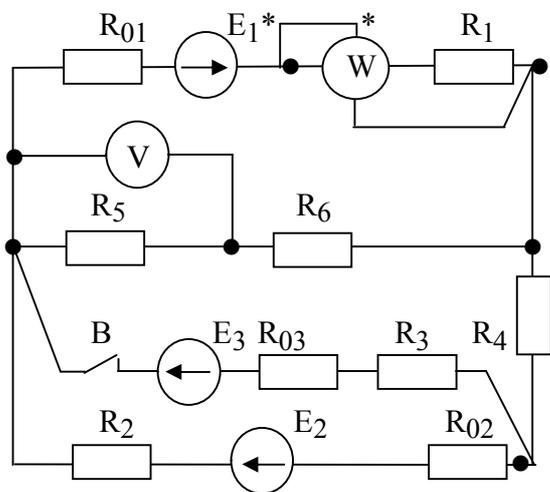


Рис.1.3

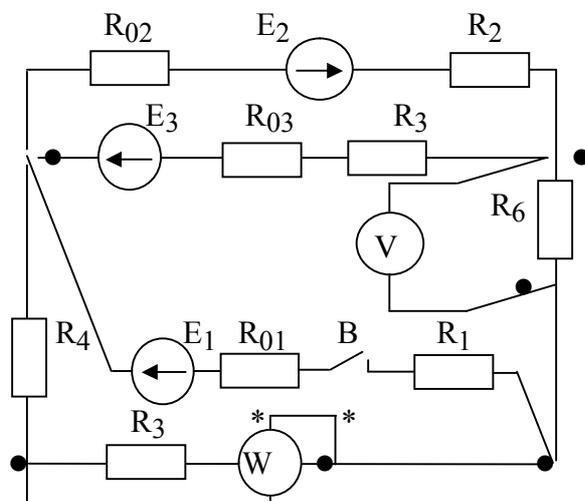


Рис.1.4

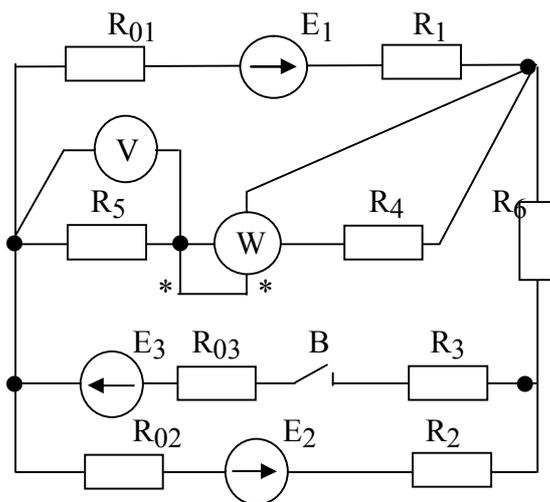


Рис.1.5

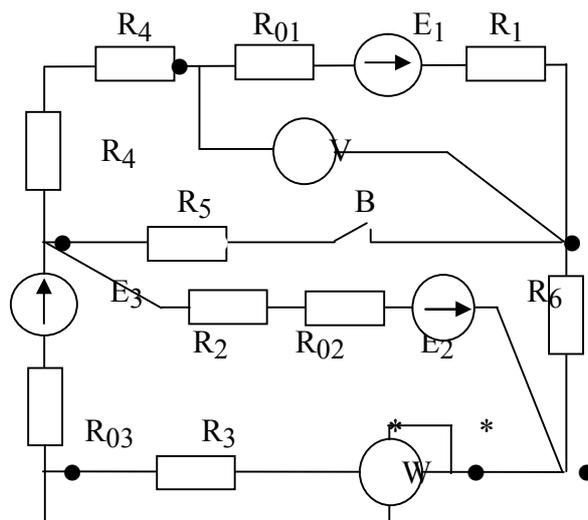


Рис.1.6

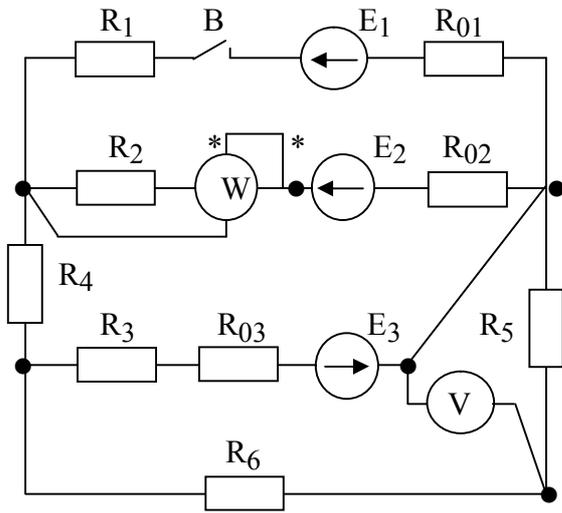


Рис.1.7

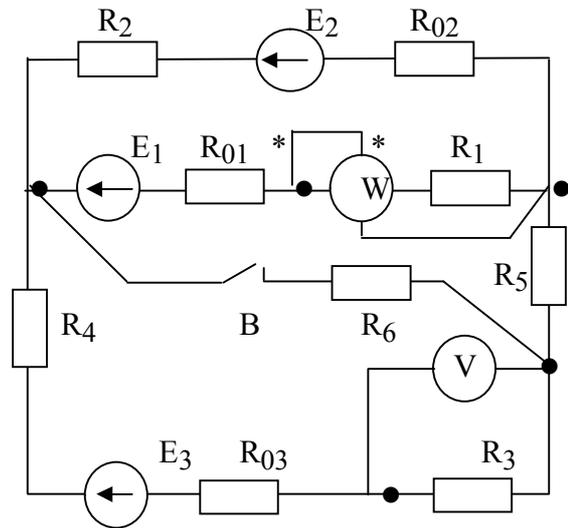


Рис.1.8

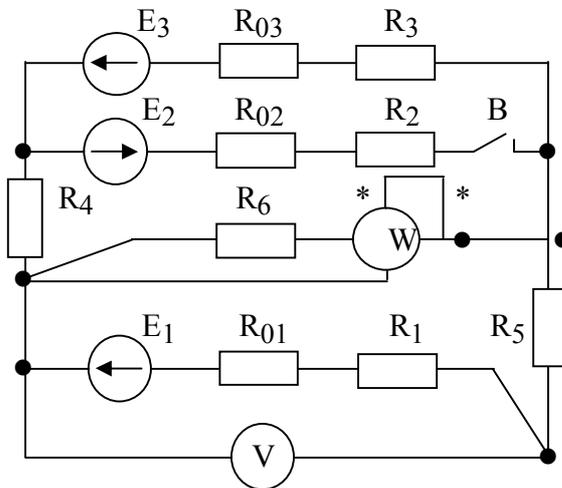


Рис1.9

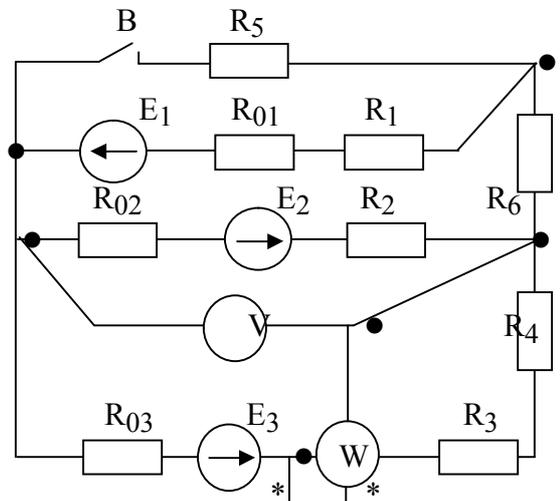


Рис.1.10

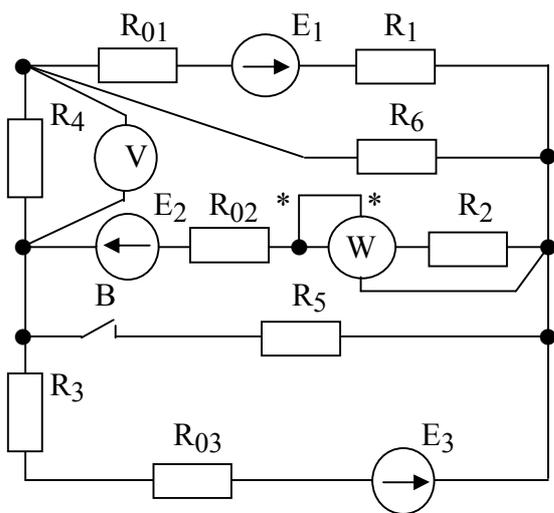


Рис.1.11

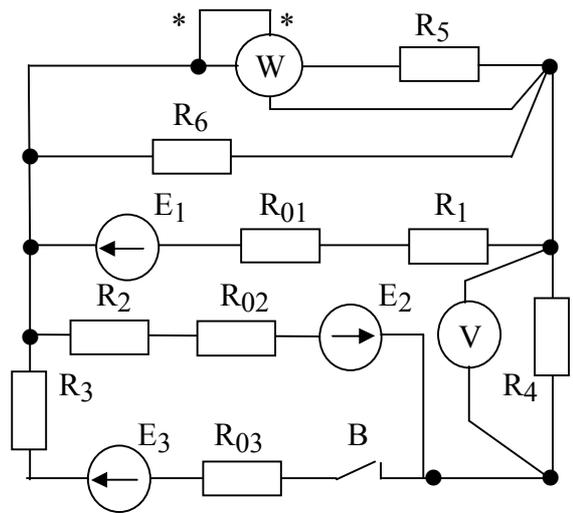


Рис.1.12

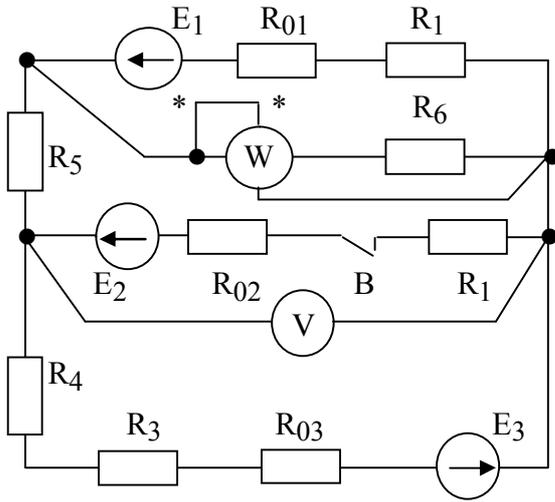


Рис.1.13

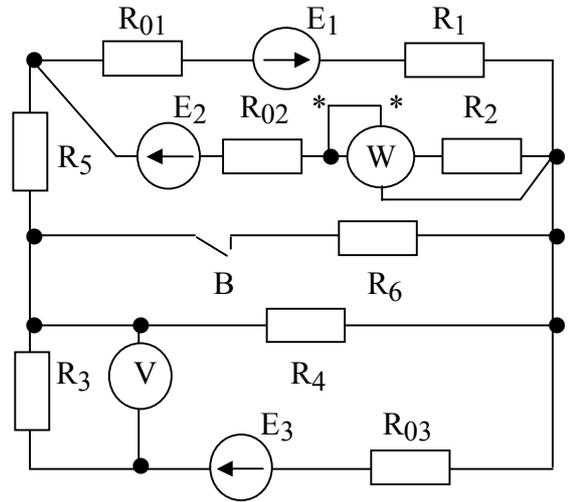


Рис.1.14

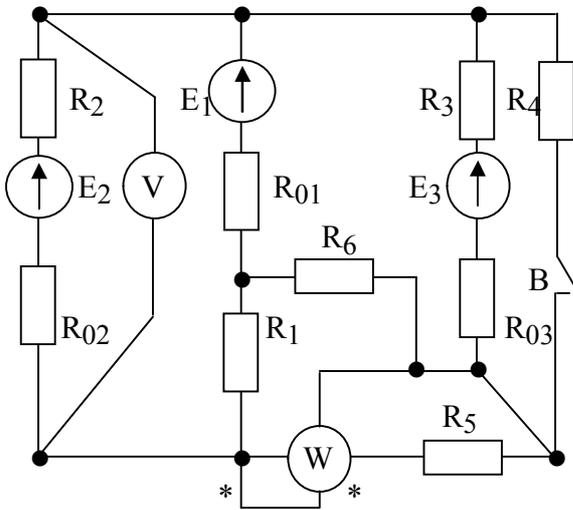


Рис.1.15

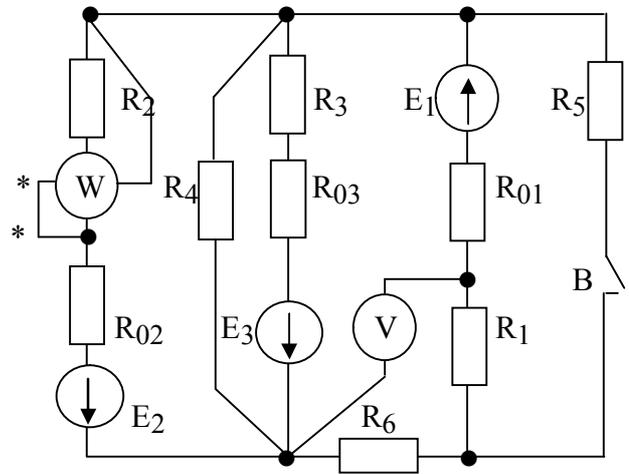


Рис.1.16

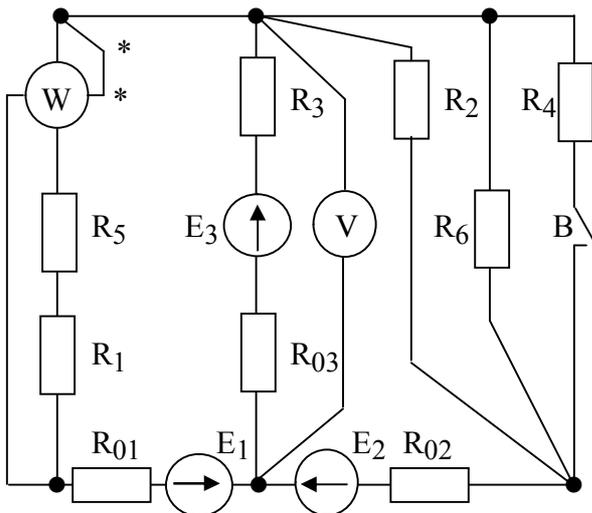


Рис.1.17

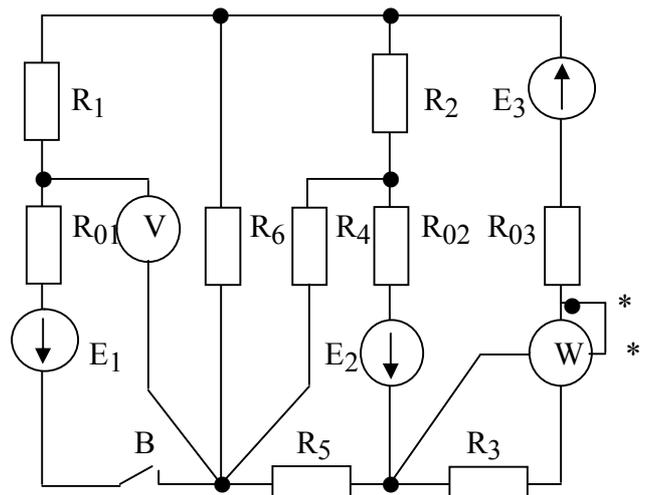


Рис.1.18

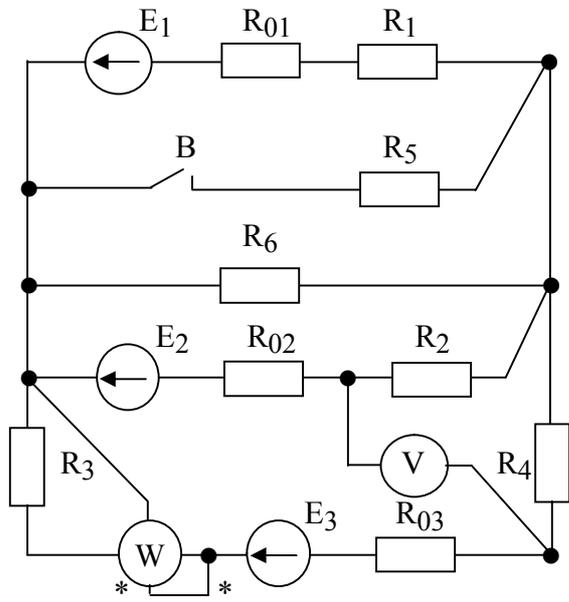


Рис.1.19

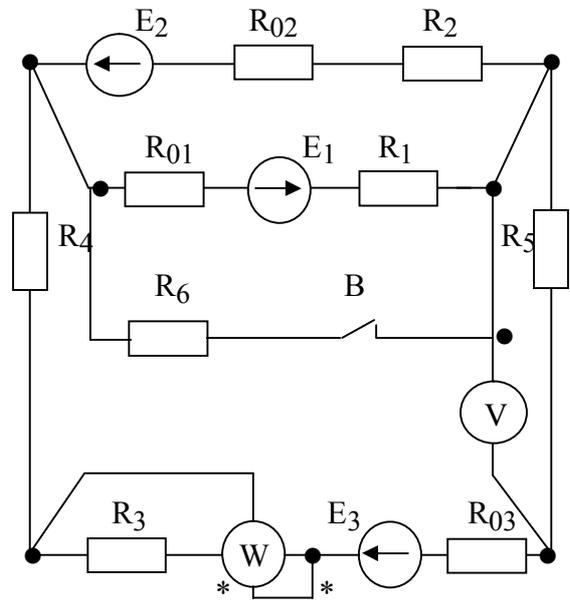


Рис.1.20

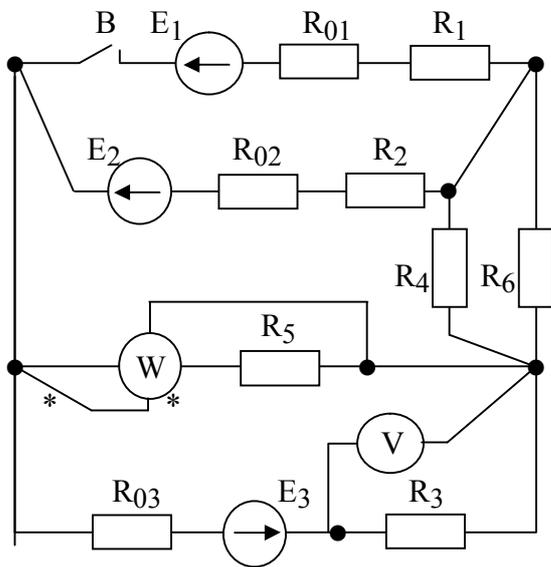


Рис.1.21

*

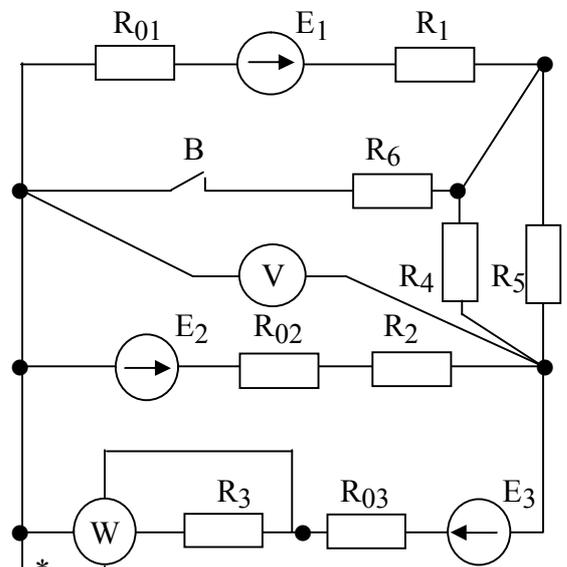


Рис.1.22

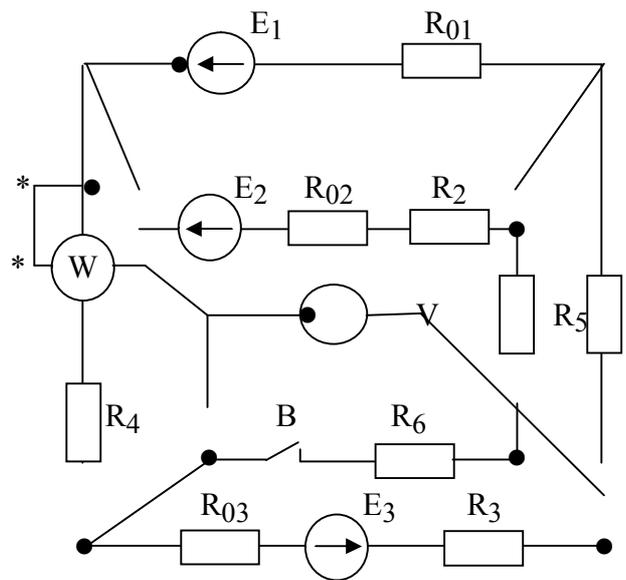
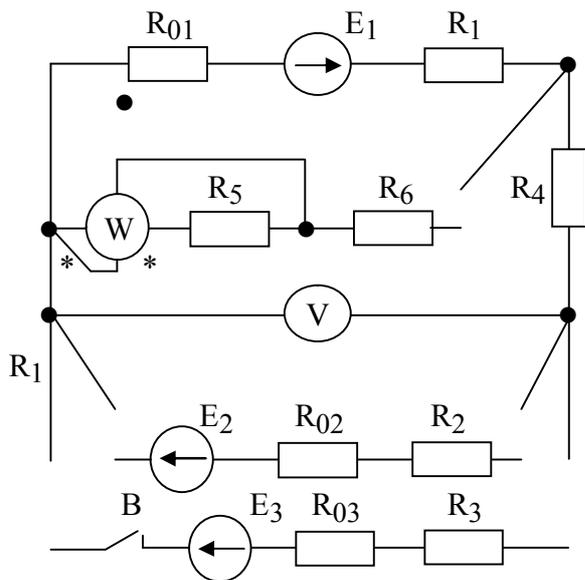


Рис.1.23

Рис.1.24

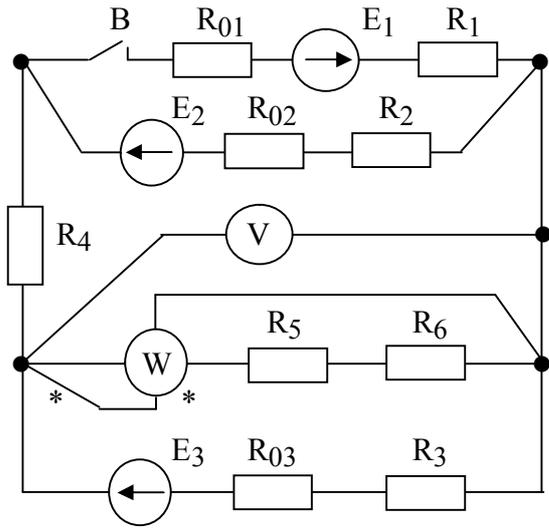


Рис.1.25