

Цепи постоянного тока и методы их расчета

Одним из важных вопросов этого раздела является расчет распределения токов в разветвленных цепях с несколькими источниками питания, который проводится различными методами. Наибольшее внимание следует уделить методам непосредственного применения законов Кирхгофа и контурных токов. Пусть цепь, которую нужно рассчитать, содержит m ветвей и n узлов. Так как по каждой ветви протекает ток, то число неизвестных токов равно числу ветвей, и для определения их необходимо m уравнений.

Последовательность расчета

а) Обозначают токи во всех ветвях (I_1, I_2, \dots, I_m), произвольно выбирая их направления, которые указывают стрелками;

б) составляют по первому закону Кирхгофа уравнения для $(n-1)$ узлов;

в) недостающие $m - (n-1)$ уравнения получают по второму закону Кирхгофа, для чего выбирают в схеме $m - (n-1)$ независимых контуров. Выбирают произвольно направление обхода этих контуров (по движению часовой стрелки или против него) и обозначают их на схеме;

г) для выбранных контуров и направлений их обхода составляют уравнения по второму закону Кирхгофа.

В результате получается система из m уравнений. Решение этой системы позволяет определить не только численные значения токов, но и их действительные направления. Если решение привело к отрицательному знаку для какого-либо тока, то его действительное направление противоположно первоначально выбранному.

В качестве примера рассмотрим цепь, схема которой изображена на рис.1

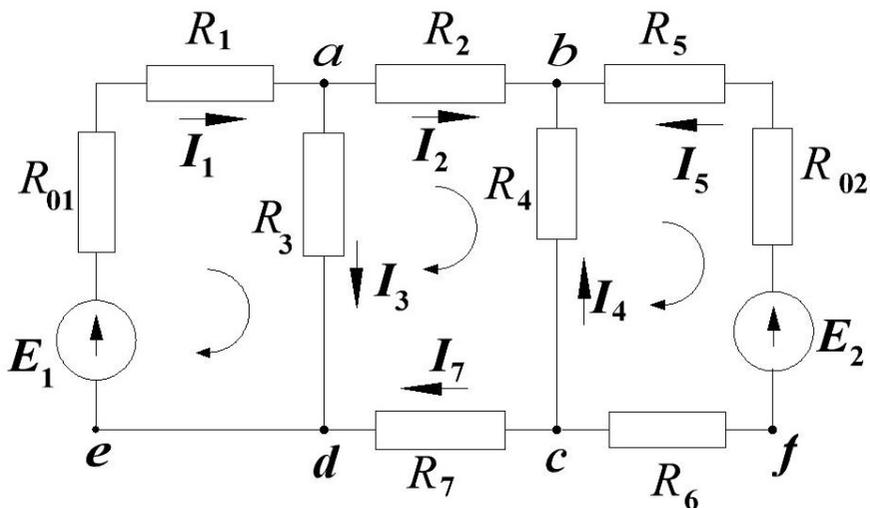


Рис.1 Разветвленная цепь постоянного тока

Схема содержит 6 ветвей и 4 узла ($m = 6, n = 4$). На схеме показаны направления токов всех ветвей. По первому закону Кирхгофа составляем три уравнения для узлов a, b, c :

узел a : $I_1 - I_2 - I_3 = 0$;

узел b : $I_2 + I_4 + I_5 = 0$;

узел c : $-I_5 - I_4 - I_7 = 0$.

По второму закону Кирхгофа составляем 3 уравнения для контуров $adea, abcda, bfc b$ (направления обхода принимаем по часовой стрелке):

контур $adea$

$$E_1 = I_1(R_{01} + R_1) + I_3 R_3;$$

контур $abcda$

$$0 = I_2 R_2 - I_4 R_4 + I_7 R_7 - I_3 R_3;$$

контур $bfc b$

$$-E_2 = -I_5(R_{02} + R_5 + R_6) + I_4 R_4.$$

Таким образом, при расчете цепи по методу непосредственного применения закона Кирхгофа необходимо решить систему из шести уравнений, что является трудоемкой операцией. При расчете сложных цепей с большим числом узлов целесообразно использовать метод контурных токов, позволяющий уменьшить число решаемых уравнений, на число уравнений записанных по первому закону Кирхгофа. При решении методом контурных токов число уравнений по второму закону Кирхгофа равно числу независимых контуров. В нашем случае (рис. 2) таких контуров – три : $adea, abcda$ и $bfc b$.

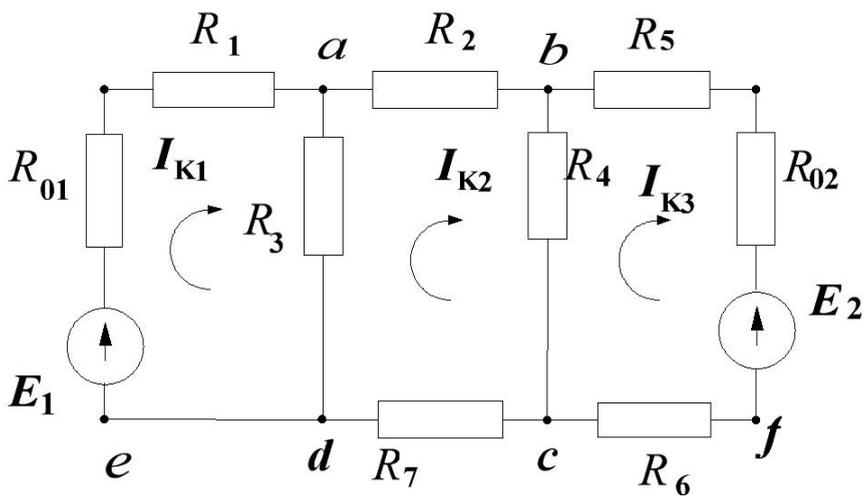


Рис.2. Схема для расчета токов в ветвях методом контурных токов

Последовательность расчета

а) Вводя понятие «контурный ток», произвольно задаются направлениями этих токов в контурах I_{K1} ; I_{K2} , I_{K3} . Удобнее все токи направлять в одном направлении, например, по часовой стрелке;

б) для каждого контура составляют уравнения по второму закону Кирхгофа. Обход контура принимается совпадающим с направлением контурного тока:

контур *adea*

$$E_1 = I_{K1}(R_{01} + R_1 + R_3) - I_{K2}R_3;$$

контур *abcd*

$$0 = I_{K2}(R_2 + R_4 + R_7 + R_3) - I_{K1}R_3 - I_{K3}R_4;$$

контур *bfc*

$$-E_2 = I_{K3}(R_5 + R_02 + R_6 + R_4) - I_{K2}R_4;$$

в) совместное решение записанных уравнений позволяет определить контурные токи;

г) токи во внешних ветвях схемы равны по величине соответствующим контурным токам; токи во внутренних ветвях схемы определяются как сумма или разность соответствующих контурных токов.

Для рассматриваемого примера:

$$I_1 = I_{K1}; \quad I_2 = I_{K2}; \quad I_3 = I_{K1} - I_{K2}; \quad I_4 = I_{K3} - I_{K2}; \quad I_5 = I_3 - I_{K3}; \quad I_7 = I_{K2}.$$

Контрольная работа 1

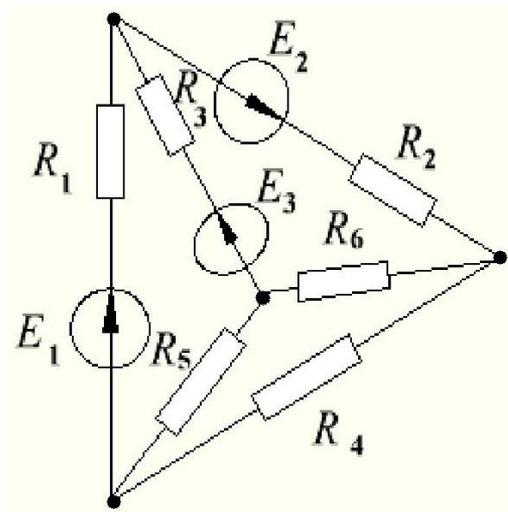
Задача 1. Для электрической схемы, изображенной на рис.10-19, по заданным в табл. 3 сопротивлениям и ЭДС:

- 1) составить систему уравнений, необходимых для определения токов по первому и второму законам Кирхгофа;
- 2) найти все токи, пользуясь методом контурных токов.

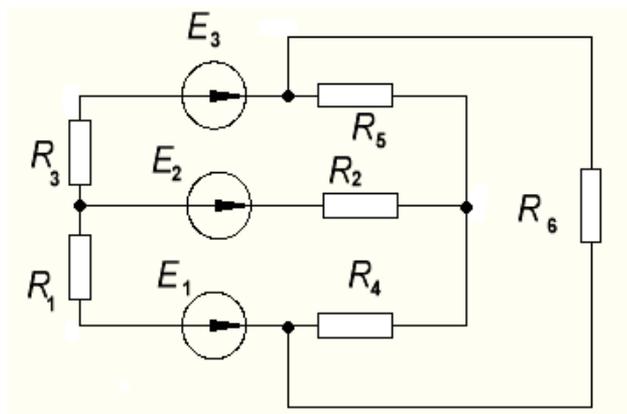
Таблица 3

Вариант	Рис.	E_1	E_2	E_3	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
-	-	B	B	B	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
0	10	22	24	10	2,2	1,0	9,2	4,0	10,0	6,0
1	11	55	18	4	8,8	4,0	3,8	2,0	4,0	4,0
2	12	36	10	25	4,0	8,4	3,5	1,0	2,0	7,0
3	13	16	5	32	9,0	3,6	2,8	4,0	1,0	5,0
4	14	14	25	28	5,9	3,2	8,0	2,0	2,0	6,0
5	15	5	16	30	6,4	4,0	3,7	2,0	5,0	3,0
6	16	10	6	24	4,3	5,3	6,0	6,0	3,0	1,0
7	17	6	20	4	4,0	6,8	5,2	4,0	3,0	3,0
8	18	21	4	10	5,0	7,2	2,6	8,0	1,0	1,0
9	19	4	9	18	3,5	10,0	4,7	8,0	10,0	2,0

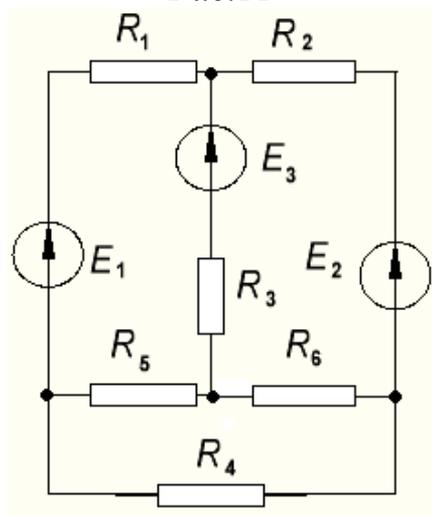
Схемы для расчета токов (рис.10-19)



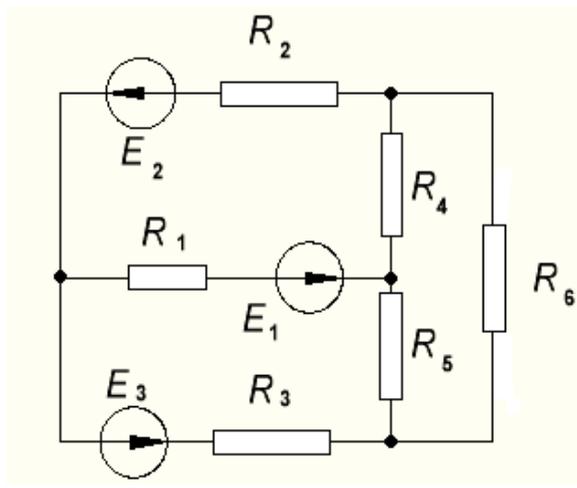
Puc.10



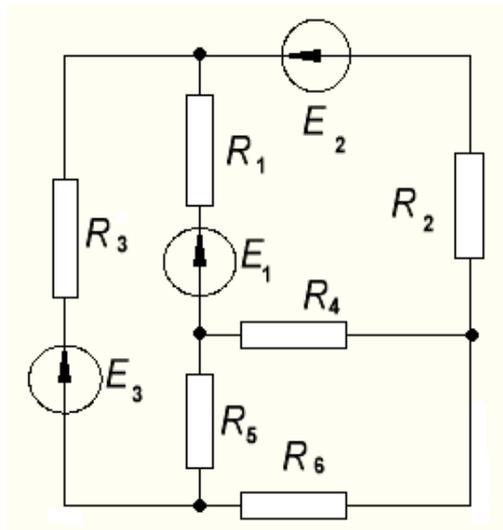
Puc.11



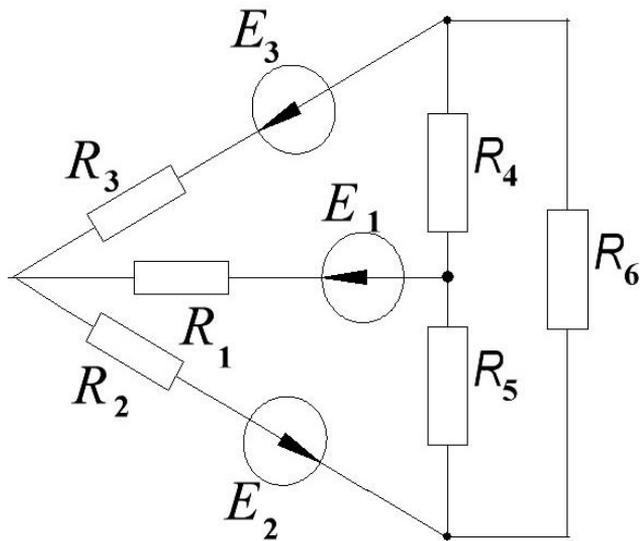
Puc.12



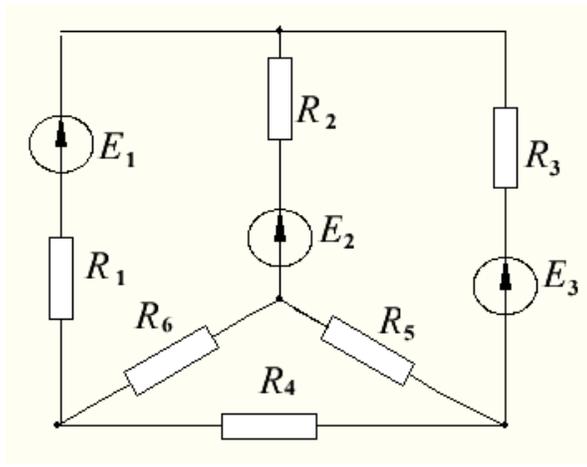
Puc.13



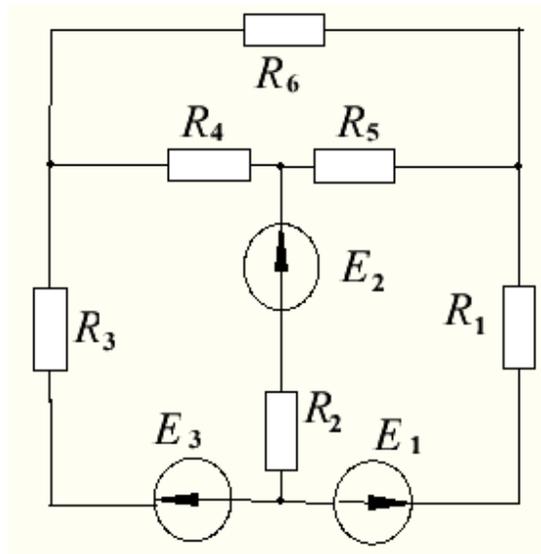
Puc.14



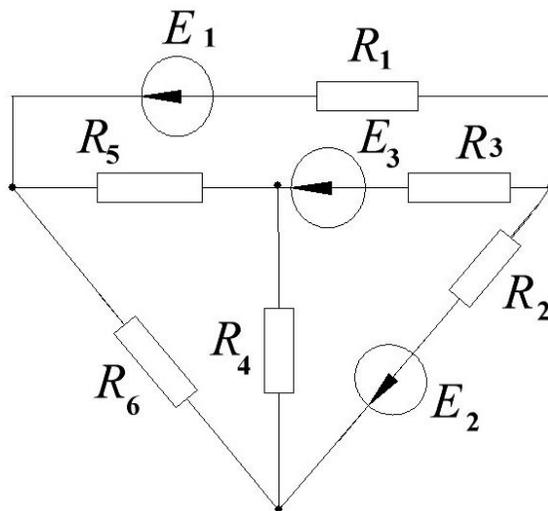
Puc.15



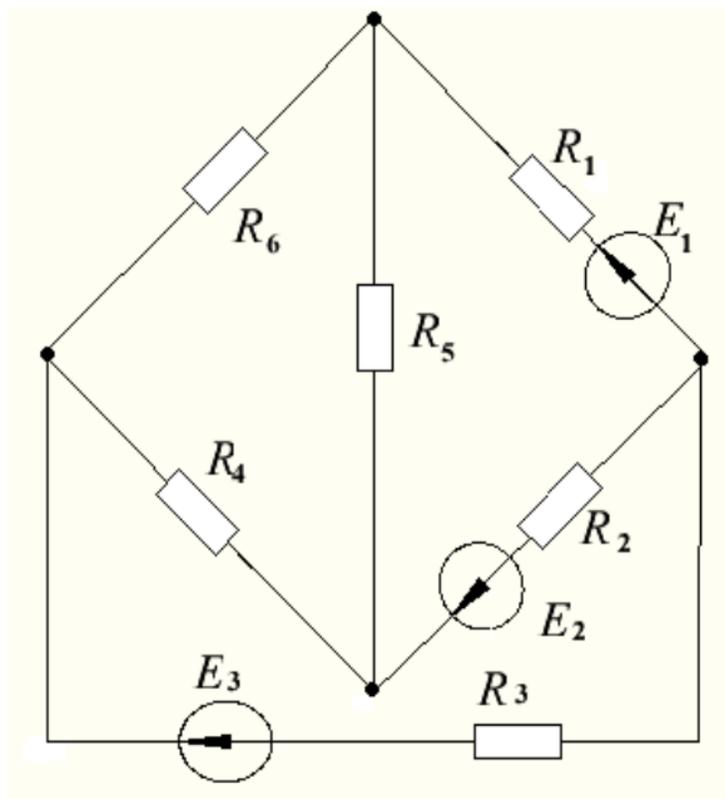
Puc.16



Puc.17



Puc.18



Puc.19