

Расчетное задание № 1

Анализ резистивных цепей постоянного тока

Для схемы, соответствующей номеру варианта, выполнить:

1. Записать уравнения по законам Кирхгофа. Решив полученную систему уравнений, определить токи и напряжения ветвей.
2. Составить узловые уравнения цепи в матричной форме. Решив составленные уравнения, рассчитать токи во всех ветвях исходной цепи.
3. Составить расширенные узловые уравнения.
4. Результаты расчетов свести в таблицу.
5. Рассчитать ток в ветви с резистором R_k методом эквивалентного генератора.
6. Определить, при каком сопротивлении резистора $R_{k\text{ опт}}$ в нем выделяется максимальная мощность.
7. Построить графики зависимостей тока, напряжения и мощности, выделяемой в резисторе R_k при изменении сопротивления от $0.1R_{k\text{ опт}}$ до $10R_{k\text{ опт}}$.

Примечание: коэффициент усиления управляемого источника K принять равным последней цифре номера зачетной книжки. Цифре 0 соответствует $K = 10$. Параметр источника тока, управляемого током (ИТУН) $S = 0.1 \cdot N$ (N – последняя цифра номера зачетной книжки).

Таблица 1

Вар.	Рис.	$R1$	$R2$	$R3$	$R4$	$R5$	$R6$	Rk	$E1$	$E2$	$E3$	$J1$	$J2$	$J3$
		Ом							В			А		
1	1.2	8	10	6	15	21	26	4	—	—	14	0,5	—	0,8
2	1.15	19,5	7,5	13,5	10,5	15	6	6	—	9	45	—	—	0,8
3	1.1	19,5	7,5	3	12	16,5	22,5	1	—	12	30	—	0,8	—
4	1.11	30	120	150	52,5	225	60	6	—	90	375	0.5	—	—
5	1.17	15	27	7,5	15	12	9	1	—	16,5	52,5	—	—	0,5
6	1.19	8	10	15	6	22,5	30	6	15	—	45	1	—	—
7	1.3	6	19,5	13,5	15	7,5	9	1	—	16,2	15	—	0,4	0
8	1.7	195	60	90	120	165	67,5	3	10,2	—	—	0,04	0	—
9	1.2	9	7,5	12	21	10,5	12	5	—	—	33	2	—	0
10	1.8	82,5	120	150	60	105	180	6	—	25,5	22,5	—	0,1	—
11	1.1	165	90	125	225	120	75	1	—	21	21	—	0.1	—
12	1.14	45	120	100	80	150	110	4	—	10	9	—	—	0,5
13	1.18	45	60	33	15	21	75	4	—	—	22,5	—	0,3	0,4
14	1.12	22,5	18	15	1,35	12	10,5	3	—	—	—	0,2	0,3	—
15	1.14	13,5	30	24	60	45	33	1	—	15	27	—	—	1
16	1.6	7,5	15	18	10,5	12	22,5	4	—	—	37,5	—	0,5	—

Продолжение Таблицы 1

17	1.2	12	15	9	20	33	39	1	—	—	30	1	—	0,5
18	1.15	65	25	45	35	50	20	5	—	4	15	—	—	0,4
19	1.1	6,5	2,5	1	4	5,5	7,5	4	—	5	10	—	0,4	—
20	1.16	2	4	3	5	6,5	5	1	—	—	7,5	—	1	0,4
21	1.11	10	40	50	17,5	75	20	5	—	34	125	0,4	—	—
22	1.2	4	5	12	7,5	10,5	13	1	—	—	10	0,5	—	0,5
23	1.15	26	10	26,25	14	20	8	6	—	20	24	—	—	2
24	1.1	26	10	12	16	22	30	4	—	24	32	—	2	—
25	1.17	5	9	2,5	5	4	3	6	—	8,2	17,5	—	—	0,2
26	1.3	2	6,5	4,5	5	2,5	3	5	—	6,7	5	—	0,2	—
27	1.20	15	10,5	20	35	12,5	20	5	—	—	55	—	2	0,5
28	1.7	65	20	30	40	55	22,5	5	4,7	—	—	0,02	0,2	—
29	1.20	3	2,5	105	7	3,5	4	1	—	—	11	—	1	0,15
30	1.8	27,5	40	12	20	35	60	1	—	6,5	7,5	—	0,15	—
31	1.10	55	30	60	75	40	25	3	8,1	7	—	0,08	—	—
32	1.9	3,5	6	3	4,5	7,5	4	1	—	7	5	—	0,5	—
33	1.18	15	20	30	5	7	25	1	—	7,5	—	—	0,2	0,5
34	1.4	18	52,5	33	9	15	22,5	1	—	9	—	—	0,4	0,3
35	1.13	6	10,5	15	18	30	8,25	1	—	—	30	—	2	0,4
36	1.5	6	16,5	7,5	18	10,5	12	4	25,5	15	—	2	—	—
37	1.12	7,5	6	5	4,5	4	3,5	5	—	—	—	0,4	0,2	—
38	1.6	2,5	5	2	3,5	4	7,5	1	—	—	12,5	—	0,3	—
39	1.19	2,5	3,5	1	2	7,5	10	4	7	—	15	0,2	—	—
40	1.4	6	17,5	2	3	5	7,5	6	—	6,5	—	—	0,2	0,4
41	1.13	2	3,5	5	6	10	2,75	6	—	—	10	—	1	0,4
42	1.5	2	7,5	0	6	3,5	4	3	10,5	5	—	1	—	—
43	1.16	8	16	10	20	26	20	4	—	—	24	—	2	0,5
44	1.11	40	160	120	70	300	80	5	—	200	200	0,8	—	—
45	1.17	20	36	8	20	16	12	4	—	40	40	—	—	3
46	1.3	8	26	17	20	10	12	6	—	32	11	—	0,5	—
47	1.7	260	80	200	160	220	90	6	24	—	—	0,5	0,2	—
48	1.20	12	10	420	28	14	16	4	—	—	12	—	0,5	2
49	1.8	110	160	60	80	140	240	5	—	50	22	—	0,04	—
50	1.14	18	40	32	80	60	44	5	—	60	28	—	—	0,25
51	1.10	220	120	150	300	160	100	4	50	22	—	0,05	—	—
52	1.9	14	24	11	18	30	16	1	—	40	12	—	1	—
53	1.18	60	80	40	20	28	100	4	—	46	—	—	1	0,5
54	1.12	30	24	180	18	16	14	4	—	—	—	0,5	0,5	—
55	1.4	24	70	5	12	20	30	1	—	40	—	—	0,5	0,1
56	1.13	8	14	20	24	40	11	4	—	—	10	—	0,5	1,5
57	1.5	8	22	10	24	14	16	4	50	16,6	—	0,2	—	—
58	1.20	15	12,5	20	35	17,5	20	5	—	—	55	—	2	0,5

Окончание Таблицы 1

59	1.6	10	20	24	14	16	30	1	—	—	38	—	0,5	—
60	1.19	10	14	20	8	30	40	6	30	—	20	2	—	—
61	1.15	32,5	12,5	22,5	17,5	25	10	4	—	20	75	—	—	0,4
62	1.1	32,5	12,5	5	20	27,5	37,5	1	—	25	50	—	0,4	—
63	1.16	10	20	15	25	32,5	25	6	—	—	37,5	—	2	0,4
64	1.19	12,5	17,5	25	10	37,5	50	2	30	—	75	0,6	—	—
65	1.11	50	200	250	87	375	100	4	—	150	625	—	—	0,5
66	1.17	25	45	12,5	25	20	15	5	—	32	87,5	—	—	0,4
67	1.3	10	32,5	22,5	25	12,5	15	6	—	27	25	—	0,4	—
68	1.7	325	100	150	200	275	112	4	17	—	—	0,04	0,4	—
69	1.2	16	20	12	30	42	52	1	—	—	34	2	—	0,5
70	1.10	275	150	112	375	200	125	3	24	35	—	0,14	—	—
71	1.9	17,5	30	10	22,5	37,5	20	1	—	26	25	—	0,8	—
72	1.18	75	100	55	25	35	125	6	—	32,5	—	—	0,25	0,8
73	1.12	37,5	30	25	22,5	20	17,5	1	—	—	—	0,2	0,25	—
74	1.4	30	87,5	55	15	25	37,5	1	—	15	—	—	0,4	0,8
75	1.13	10	17,5	25	30	50	13,75	1	—	—	50	—	2	0,25
76	1.5	10	27,5	12,5	30	17,5	20	6	32,5	25	—	3	—	—
77	1.14	22,5	50	40	100	75	55	4	—	35	45	—	—	0,8
78	1.6	12,5	25	30	17,5	20	37,5	4	—	—	62,5	—	0,1	—
79	1.19	12,5	17,5	25	10	37,5	50	2	30	—	75	0,6	—	—
80	1.2	20	25	15	37,5	52,5	65	4	—	—	50	0,6	—	0,6
81	1.15	13	5	9	7	10	4	1	—	10	21	—	—	1
82	1.1	13	5	2	8	11	15	4	—	12	16	—	2	—
83	1.16	4	8	6	10	13	10	1	—	—	9	—	0,6	1
84	1.11	20	80	100	35	150	40	5	—	100	150	0,8	—	—
85	1.17	10	18	5	10	8	6	6	—	20	30	—	—	1
86	1.3	4	13	9	10	5	6	5	—	16	8,2	—	0,2	—
87	1.7	130	40	60	80	110	45	3	12	—	—	0,2	0,3	—
88	1.20	6	5	8	14	7	8	4	—	—	14	—	0,6	1
89	1.8	55	80	100	40	70	120	1	—	25	10	—	0,05	—
90	1.10	110	60	45	150	80	50	5	25	8	—	0,1	—	—
91	1.9	7	12	4	9	15	8	5	—	20	8	—	0,5	—
92	1.18	30	40	22	10	14	50	5	—	23	—	—	0,6	0,25
93	1.12	15	12	10	9	8	7	5	—	—	—	0,2	0,5	—
94	1.4	12	35	22	6	10	15	6	—	20	—	—	0,5	0,2
95	1.13	4	7	10	12	20	5,5	5	—	—	10	—	0,25	1
96	1.5	4	11	5	12	7	8	6	25	4,5	—	0,5	—	—
97	1.14	9	20	16	40	30	22	5	—	30	10	—	—	0,5
98	1.6	5	10	12	7	8	15	1	—	15	13	—	0	1
99	1.19	5	7	10	4	15	20	2	—	—	20	—	1	—
100	1.16	6	12	9	15	19,5	15	1	—	—	22,5	—	2	0,5

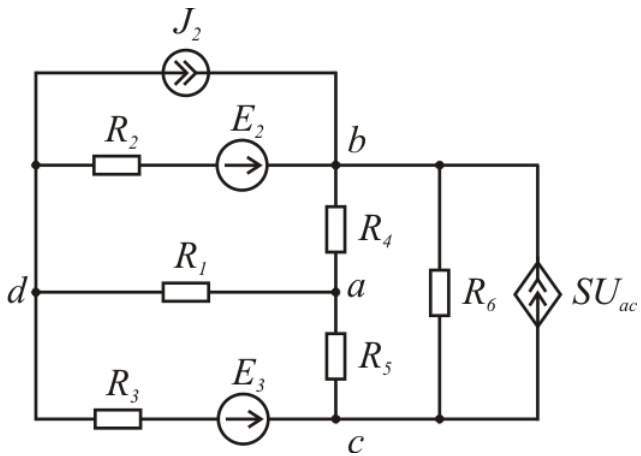


Рис. 1.1

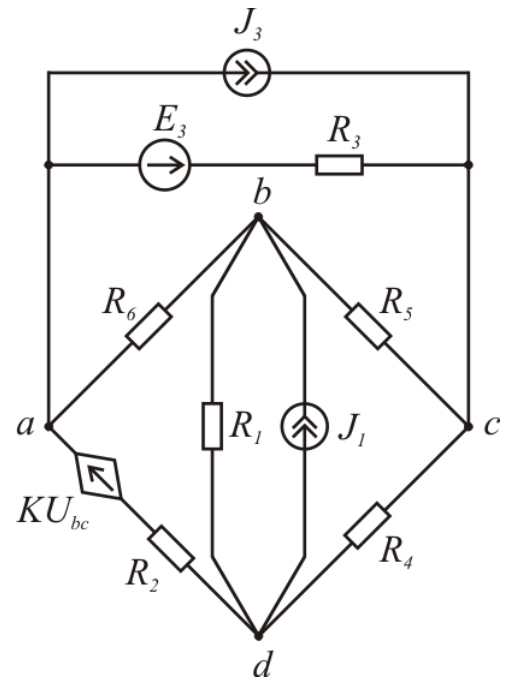


Рис. 1.2

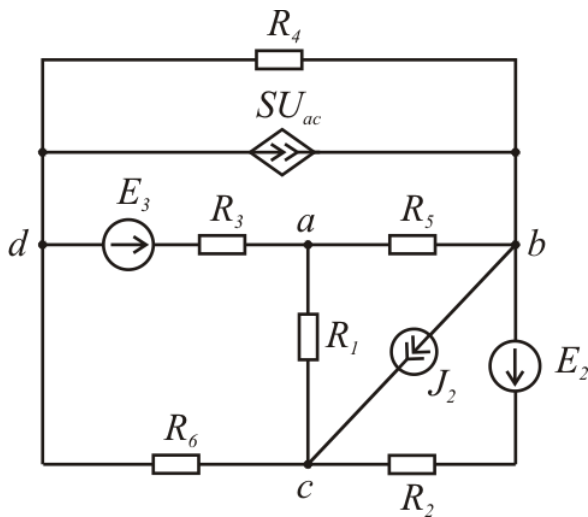


Рис. 1.3

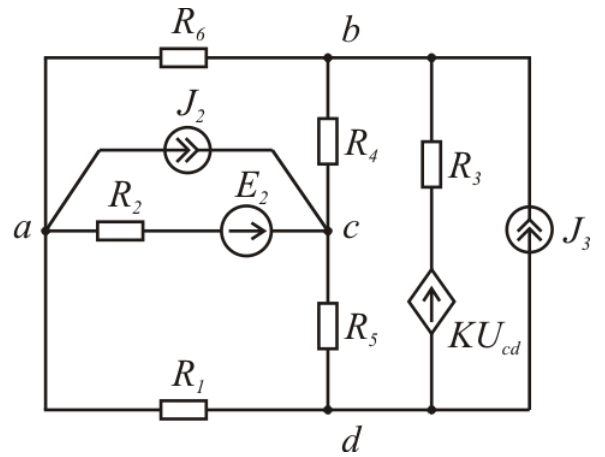


Рис. 1.4

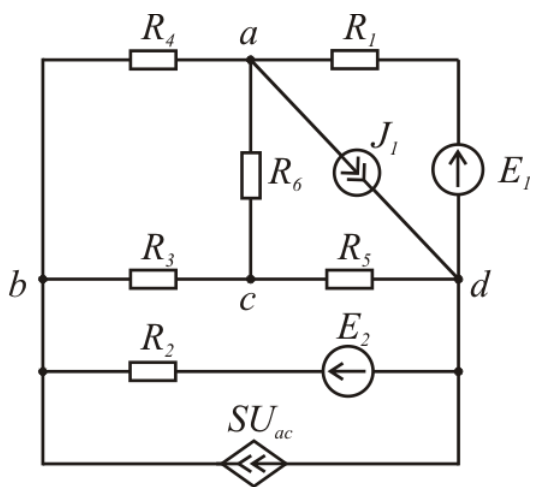


Рис. 1.5

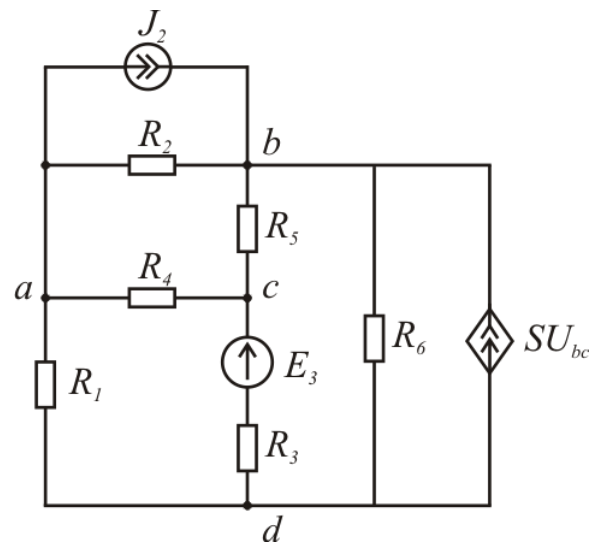


Рис. 1.6

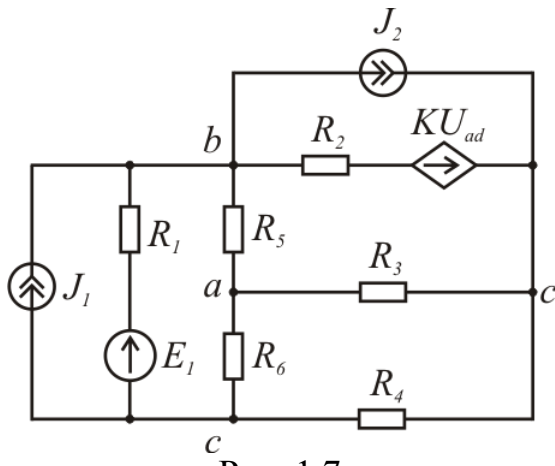


Рис. 1.7

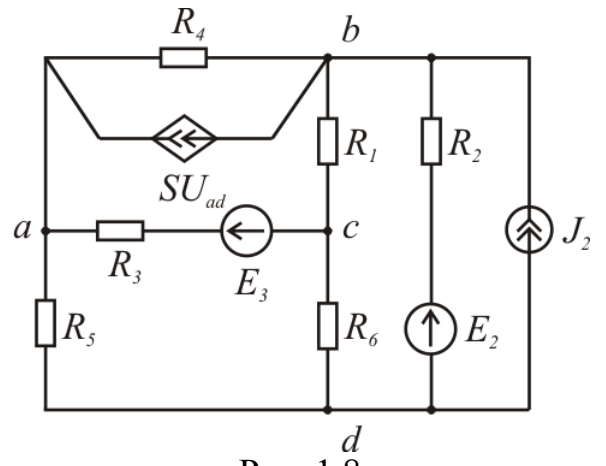


Рис. 1.8

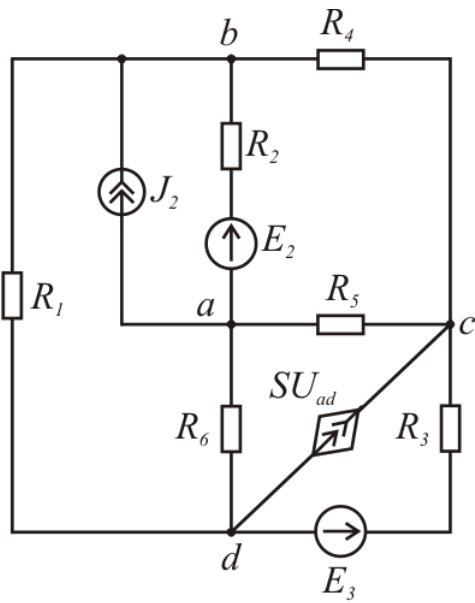


Рис. 1.9

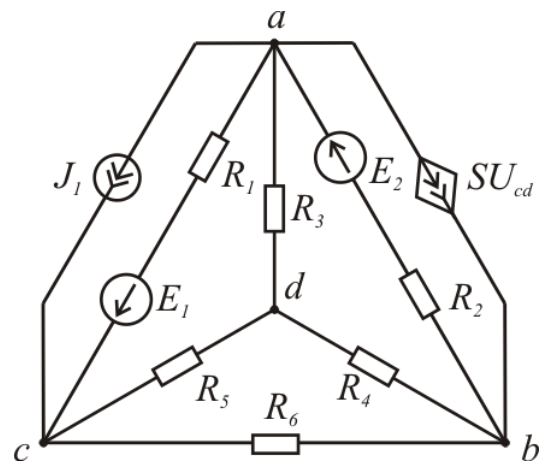


Рис. 1.10

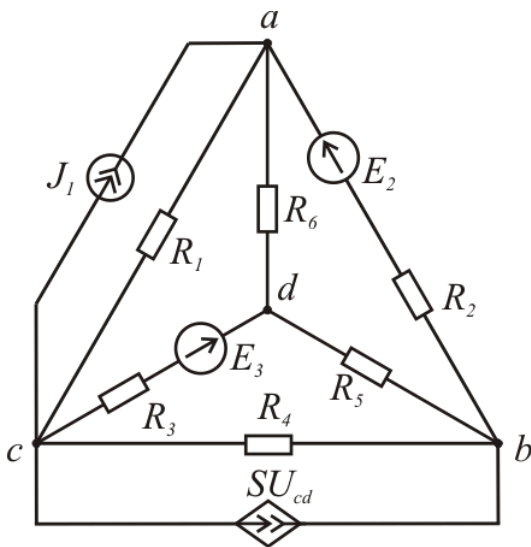


Рис. 1.11

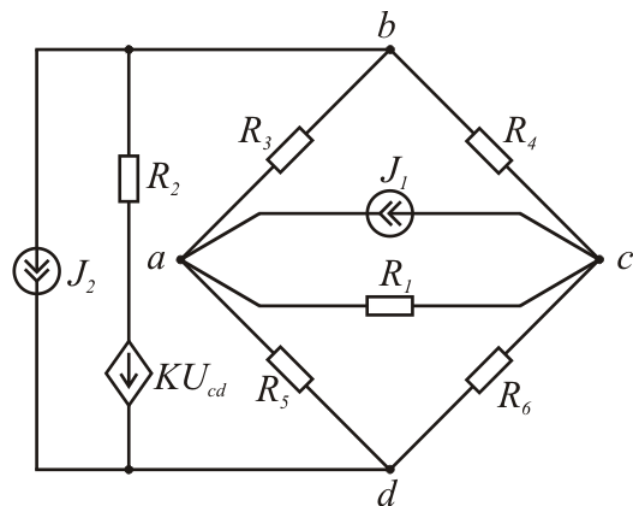


Рис. 1.12

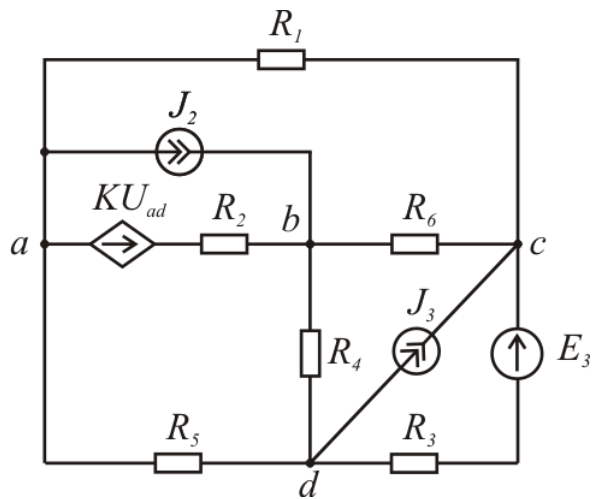


Рис. 1.13

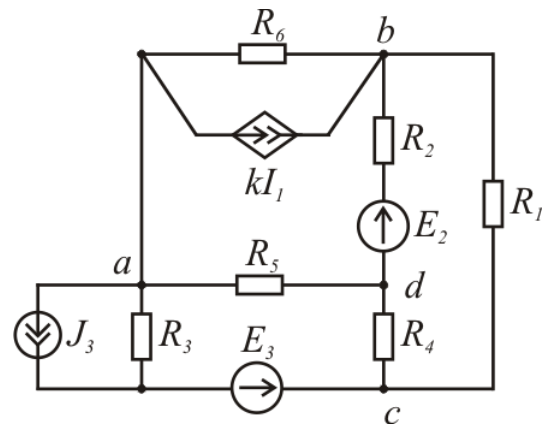


Рис. 1.14

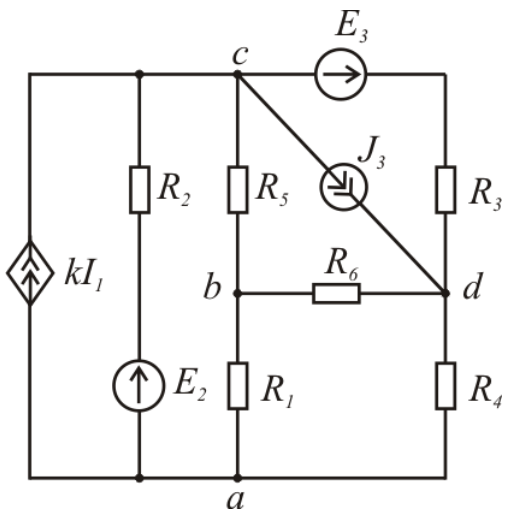


Рис. 1.15

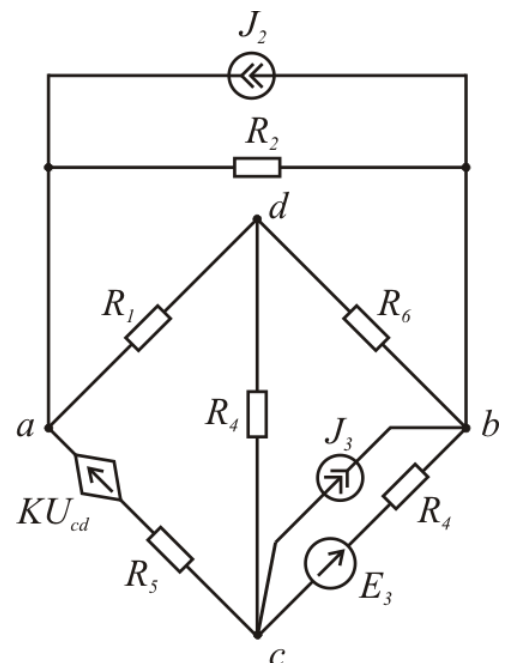


Рис. 1.16

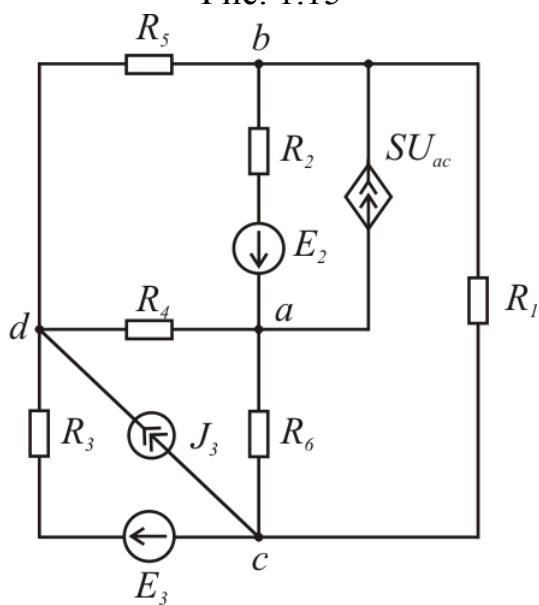


Рис. 1.17

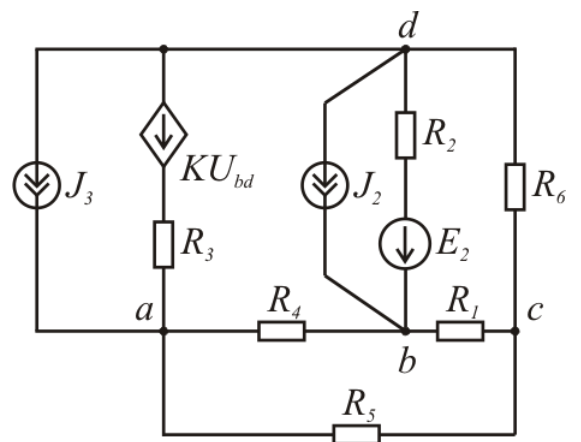


Рис. 1.18

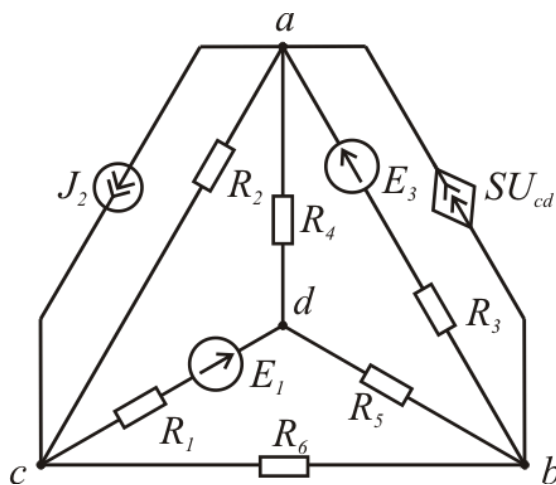


Рис. 1.19

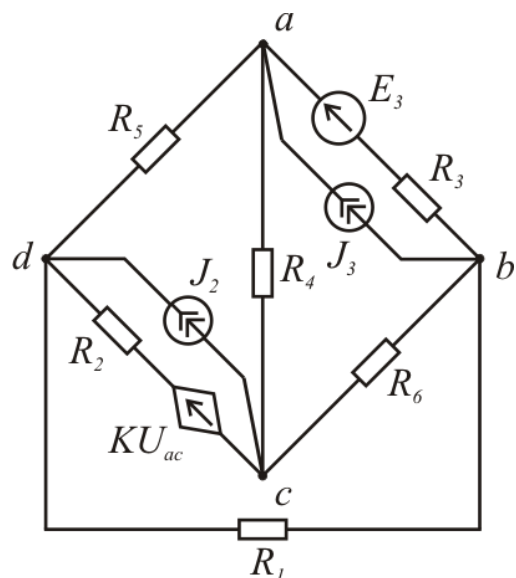


Рис. 1.20

Рекомендации по выполнению расчетного задания

1. Последовательное соединение резистора и источника напряжения следует рассматривать как одну ветвь.

2. Схемы для всех вариантов имеют примерно одинаковую сложность. Для всех схем достаточно составить три уравнения по первому закону Кирхгофа и три – по второму.

3. п. 3 расчетного задания (составление расширенных узловых уравнений) студентам 3Ф выполнять не нужно.

4. При составлении уравнений по методу узловых напряжений источники напряжения следует преобразовать в эквивалентные источники тока.

5. При выполнении п. 5 (расчет методом эквивалентного генератора) следует помнить, что в цепи с управляемыми источниками входное сопротивление можно найти только как отношение напряжения холостого хода к току короткого замыкания. Напряжение холостого хода можно найти из системы узловых уравнений, полагая проводимость первого резистора равной нулю: $G_1 = 0$. Ток короткого замыкания легко найти, решив систему уравнений по законам Кирхгофа (п. 1 расчетного задания). В этой системе следует принять $R_1 = 0$. В этом случае ток короткого замыкания $I_{КЗ} = I_1$.

Пример выполнения п. 1 и 2 расчетного задания № 1

1. Записать систему уравнений по законам Кирхгофа для цепи, показанной на рис. 1.

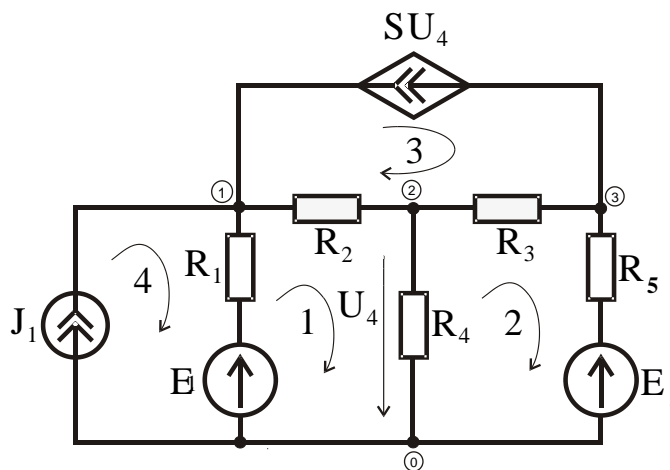


Рис. 1

1.1. Произвольно выбираем направление токов в ветвях исходной цепи.

Запишем уравнения по первому закону Кирхгофа для узлов 1, 2, 3.

Токи, направленные от узла, записываем со знаком «+». Токи, направленные к узлу, записываем со знаком «-».

$$\text{Для узла 1: } I_1 + I_2 - SR_4 I_4 = J_1$$

$$\text{Для узла 2: } -I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

$$\text{Для узла 3: } -I_3 + SR_4 I_4 + I_5 = 0.$$

Учитываем, что $U_4 = R_4 I_4$ (напряжение на четвёртом резисторе определяем по закону Ома: $U = IR$).

В качестве контуров удобно выбирать внутренние ячейки. Направление обхода контуров выберем совпадающим с направлением часовой стрелки.

Уравнения по второму закону Кирхгофа:

$$\text{Контур 1: } -I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_4 R_4 = E_1$$

$$\text{Контур 2: } I_3 R_3 - I_4 R_4 + I_5 R_5 = -E_5$$

Таким образом, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 I_1 + I_2 - SR_4 I_4 &= J_1 \\
 -I_2 + I_3 + I_4 &= 0 \\
 -I_3 + SR_4 I_4 + I_5 &= 0. \\
 -I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_4 R_4 &= E_1 \\
 I_3 R_3 - I_4 R_4 + I_5 R_5 &= -E_5
 \end{aligned}$$

В матричной форме:

$$\begin{bmatrix}
 1 & 1 & 0 & -SR_4 & 0 \\
 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & -1 & SR_4 & 1 \\
 -R_1 & R_2 & 0 & R_4 & 0 \\
 0 & 0 & R_3 & -R_4 & R_5
 \end{bmatrix}
 * \begin{bmatrix}
 I_1 \\
 I_2 \\
 I_3 \\
 I_4 \\
 I_5
 \end{bmatrix}
 = \begin{bmatrix}
 J_1 \\
 0 \\
 0 \\
 E_1 \\
 -E_5
 \end{bmatrix}.$$

Для решения уравнений необходимо использовать математические пакеты (MathCAD или MatLab). Решая систему уравнений, получим вектор токов ветвей. Напряжения ветвей найдем с помощью закона Ома: $U_i = I_i R_i$.

2. Записать систему уравнений по методу узловых напряжений для схемы, показанной на рис. 1.

Решение. Преобразуем цепь на рис. 1 к виду, удобному для анализа методом узловых напряжений. Последовательную ветвь источник напряжения – резистор преобразуем в параллельную ветвь с источником тока (рис. 2). Источник тока, управляемый напряжением, не требует отдельного преобразования.

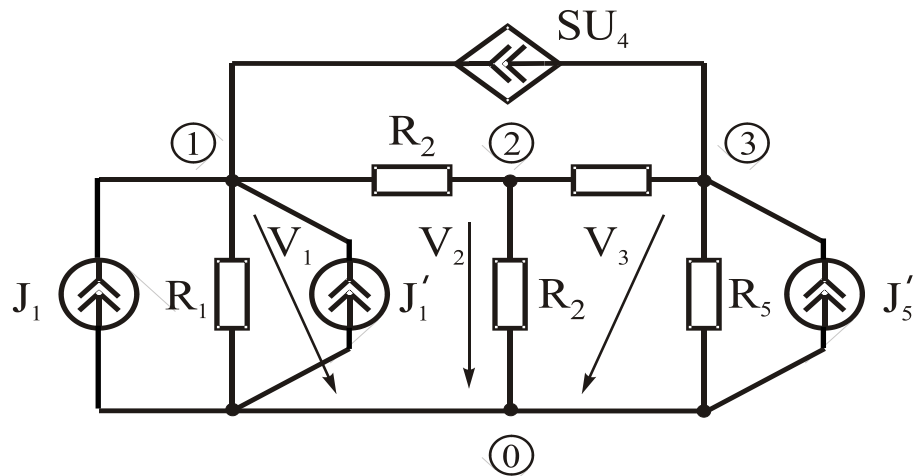


Рис. 2

Выберем в качестве базисного узел 0.

Относительно базисного узла определяем направление узловых напряжений V_1, V_2, V_3 . Эти напряжения узлов цепи, отсчитываемые относительно базисного узла, называют узловыми напряжениями.

Внимание! При составлении уравнений по методу узловых напряжений предварительно записывать уравнения по первому закону Кирхгофа не нужно!

Алгоритм формирования узловых уравнений рассмотрен в п. 3.2 учебного пособия. Последовательно просматриваем ветви схемы. Если k -я ветвь включена между узлами i и j , то проводимость этой ветви войдет в элементы матрицы узловых проводимостей, которые находятся на пересечении строк и столбцов с номерами i и j . На главной диагонали все проводимости записываем со знаком «+», вне главной диагонали со знаком «-». Процедура составления уравнений заканчивается, когда рассмотрены все ветви.

Матрица узловых проводимостей цепи, показанной на рис. 2:

$$[G] = \begin{bmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 - S & 0 \\ -G_2 & G_2 + G_3 + G_4 & -G_3 \\ 0 & -G_3 + S & G_3 + G_5 \end{bmatrix}.$$

Вектор узловых напряжений:

$$[J] = \begin{bmatrix} J_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Система уравнений по методу узловых напряжений:

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 - S & 0 \\ -G_2 & G_2 + G_3 + G_4 & -G_3 \\ 0 & -G_3 + S & G_3 + G_5 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 + J'_1 \\ 0 \\ J'_5 \end{bmatrix}.$$

Токи ветвей найдем из соотношений:

$$\begin{aligned} I_4 &= G_4 V_2; \\ I_2 &= G_2 (V_1 - V_2); \\ I_3 &= G_3 (V_2 - V_3). \end{aligned}$$

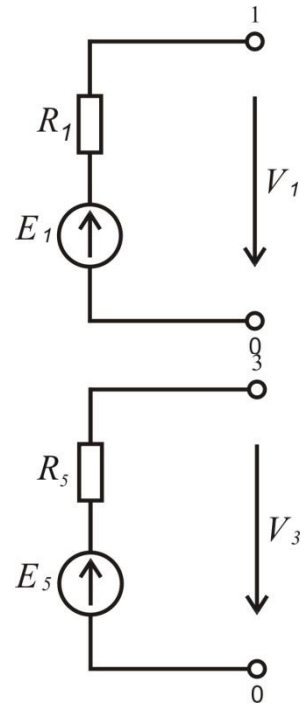
Для того чтобы найти токи I_1 и I_5 , необходимо вернуться к первоначальной схеме и записать уравнения по второму закону Кирхгофа для ветвей с источниками напряжения.

$$-I_1 R_1 + V_1 = E_1,$$

$$I_1 = \frac{(V_1 - E_1)}{R_1}$$

$$I_5 R_5 + V_3 = -E_5$$

$$I_5 = \frac{(-E_5 - V_3)}{R_5}$$



Требования к оформлению расчетного задания

1. Расчетное задание может быть оформлено с помощью редактора Word либо вручную. Во втором случае все схемы должны быть начерчены карандашом и по линейке.
2. Расчетное задание должно иметь титульный лист.
3. Процесс решения должен сопровождаться краткими пояснениями.
4. Необходимо сначала записывать уравнения в символьном виде, а затем – в числовом.
5. В отчете необходимо привести результаты решения систем уравнений.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Космических и Информационных Технологий

Системы автоматизации, автоматизированного управления и проектирования
кафедра

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

по дисциплине

Электротехника и электроника

Анализ резистивных цепей постоянного тока

тема

Преподаватель

Студент

Красноярск 2012