



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТУВИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
ПРАКТИКУМ

КЫЗЫЛ – 2022

УДК 621.31
ББК 31.21 я73
Т 33

Печатается по решению Учебно-методического совета
Тувинского государственного университета

Рецензенты:

Сендажи Ч.В. ведущий инженер группы электрических режимов центра управления сетями АО «Россети Сибирь Тываэнерго».

Дансюрюн Д.Х., к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры «Общеинженерные дисциплины» Тувинского государственного университета.

Теоретические основы электротехники : практикум по дисциплине «Теоретические основы электротехники» / составители : К.В. Кенден, А.М. Ондар. – Кызыл : ТувГУ, 2022. – 56 с. – Текст : непосредственный.

В практикуме представлены примеры решения задач: расчет цепей постоянного тока методами эквивалентного преобразования и наложения между двумя узлами, расчет трехфазных цепей.

Практикум соответствует программе курса «Теоретические основы электротехники» для студентов для всех форм обучения по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 — Электроэнергетика и электротехника.

© Тувинский государственный университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Глава 1. Цепь постоянного тока

1.1 Расчет цепей методом эквивалентного преобразования

1.2 Расчет цепей наложения между двумя узлами

1.3 Задания для самостоятельного решения

Глава 2. Трехфазные цепи

2.1 Расчет трехфазных цепей

2.2 Задания для самостоятельного решения

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Рецензируемый практикум ориентирован на активное овладение студентами направления подготовки 13.03.02 — Электроэнергетика и электротехника навыками самостоятельной работы по дисциплине «Теоретические основы электротехники».

Содержание практикума разработано с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 — электроэнергетика и электротехника.

В практикуме представлены примеры решения задач: расчет цепей постоянного тока методами эквивалентного преобразования и наложения между двумя узлами, расчет трехфазных цепей. Практикум состоит из 2 глав. Каждая глава содержит ряд задач, соответствующих определенной теме теоретического материала. Значимым является также и то, что к каждой задаче приведены методические рекомендации по ее решению. Это позволит студенту самостоятельно разбирать материал без обращения к дополнительным источникам информации, что зачастую играет важную роль в выполнении самостоятельной работы.

Отобранный для пособия учебный материал дает студенту возможность в дальнейшем успешно осваивать специальные электротехнические дисциплины. Пособие может быть полезно не только для студентов, но и для магистров и технических работников, встречающихся в своей деятельности с расчетами электротехнических устройств.

ГЛАВА 1. ЦЕПЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1.1 Расчет цепей методом эквивалентного преобразования

Дано: Цепь постоянного тока (рис. 1), $R_1=5 \text{ Ом}$, $R_2=6 \text{ Ом}$, $R_3=10 \text{ Ом}$, $R_4=8 \text{ Ом}$, $R_5=7 \text{ Ом}$, $R_6=5 \text{ Ом}$, $R_7=12 \text{ Ом}$, $R_8=8 \text{ Ом}$, $U=32 \text{ В}$. Найти: $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8$

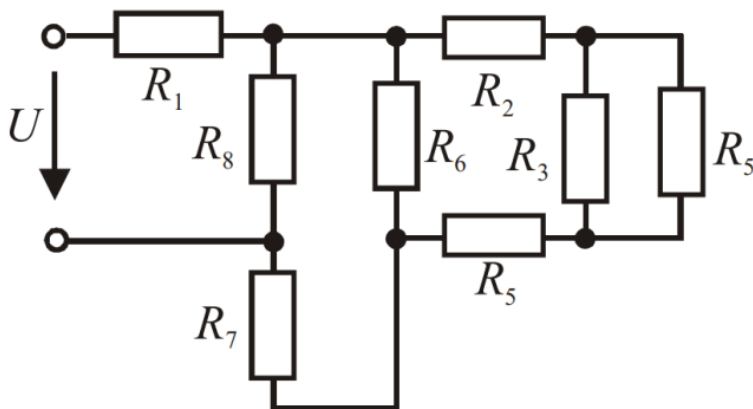


Рис. 1.1

Решение.

1). Методом эквивалентного преобразования найдем общее сопротивление [1-3, 4]:

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{10 \cdot 8}{10 + 8} = 4,4 \text{ Ом}$$

$$R_{234} = R_2 + R_3 + R_4 = 6 + 4,4 + 7 = 17,4 \text{ Ом}$$

$$R_{23456} = \frac{R_{2345} \cdot R_6}{R_{2345} + R_6} = \frac{17,4 \cdot 5}{17,4 + 5} = 3,9 \text{ Ом}$$

$$R_{234567} = R_{23456} + R_7 = 3,9 + 12 = 15,9 \text{ Ом}$$

$$R_{2345678} = \frac{R_{234567} \cdot R_8}{R_{234567} + R_8} = \frac{15,9 \cdot 8}{15,9 + 8} = 5,3 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_{2345678} = 5 + 5,3 = 10,3 \text{ Ом}$$

2). По закону Ома найдем токи:

$$I_{\text{общ}} = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{32}{10,3} = 3,1 \text{ А}$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_{2345678} = 3,1 \text{ А}$$

$$U_{2345678} = I_{2345678} \cdot R_{2345678} = 3,1 \cdot 5,3 = 16,43 \text{ В}$$

$$\begin{aligned}
 I_8 &= \frac{U_{2345678}}{R_8} = \frac{16.43}{8} = 2.05 \text{ A} \\
 I_{234567} &= \frac{U_{2345678}}{R_{234567}} = \frac{16.43}{15.9} = 1.03 \text{ A} \\
 I_{234567} &= I_{23456} = I_7 = 1.03 \text{ A} \\
 U_{23456} &= I_{23456} \cdot R_{23456} = 1.03 \cdot 3.9 = 4.1 \text{ B} \\
 I_{2345} &= \frac{U_{23456}}{R_{2345}} = \frac{4.1}{17.4} = 0.24 \text{ A} \\
 I_6 &= \frac{U_{23456}}{R_6} = \frac{4.1}{5} = 0.82 \text{ A} \\
 I_{2345} &= I_2 = I_{34} = I_5 = 0.82 \text{ A} \\
 U_{34} &= I_{34} \cdot R_{34} = 0.82 \cdot 4.4 = 3.6 \text{ B} \\
 I_3 &= \frac{U_{34}}{R_3} = \frac{3.6}{10} = 0.36 \text{ A} \\
 I_4 &= \frac{U_{34}}{R_4} = \frac{3.6}{8} = 0.45 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Ответ: $I_1=3,1 \text{ A}$; $I_2=0,82 \text{ A}$; $I_3=0,36 \text{ A}$; $I_4=0,45 \text{ A}$;
 $I_5=0,82 \text{ A}$; $I_6=0,82 \text{ A}$; $I_7=1,03 \text{ A}$; $I_8=2,05 \text{ A}$.

1.2 Метод наложения между двумя узлами

Дано: Цепь постоянного тока (рис. 2) имеет $E_1=40 \text{ B}$, $J_1=20 \text{ A}$, $J_3=10 \text{ A}$,
 $R_1=R_2=5 \text{ Ом}$, $R_3=3 \text{ Ом}$. Найти: I_1 , I_2 , I_3

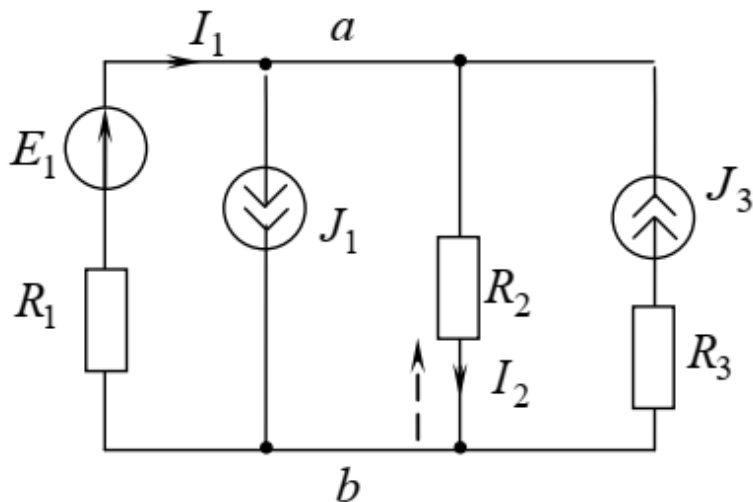


Рис. 2

Решение:

1. Выявим узлы, ветви, направим токи [1-4]:.
2. Напряжение между двумя узлами U_{ab} :

$$U_{ab} = \frac{G_1 E_1 - J_1 + J_3}{G_1 + G_2},$$

где G —проводимость ветви—величина, обратная сопротивлению всей ветви, См:

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ См}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ См}.$$

Сопротивление ветви с источником тока J_3 равно сумме $R + \infty = \infty$, поэтому проводимость этой ветви равна 0.

Подставив в формулу численные значения, получим:

$$U_{ab} = \frac{G_1 E_1 - J_1 + J_3}{G_1 + G_2} = \frac{0,2 \cdot 40 - 20 + 10}{0,2 + 0,2} = -5 \text{ В},$$

3. Токи ветвей по закону Ома:

$$I_1 = G_1(E_1 - U_{ab}) = 0,2(40 - (-5)) = 9 \text{ А}.$$

$$I_2 = G_2 U_{ab} = 0,2 \cdot (-5) = -1 \text{ А}.$$

Студентам, затрудняющимся в написании закона Ома для ветви, можно посоветовать сначала записать напряжение между двумя узлами как изменение потенциалов в ветви с искомым током.

Например, для первой ветви

$$U_{ab} = E_1 - R_1 I_1.$$

Отсюда

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ab}}{R_1} = G_1(E_1 - U_{ab}).$$

Проверка правильность решения по первому закону Кирхгофа:

$$I_1 - J_1 + I_2 + J_3 = 0;$$

$$9 - 20 + 1 + 10 = 0;$$

$$0 = 0.$$

Ответ: $I_1 = 9 \text{ А}$; $I_2 = -1 \text{ А}$.

1.3 Задания для самостоятельного решения

Номер варианта выдает преподаватель. Необходимо выполнить пункты задания РГЗ: 1, 2, 3, 4, 5, 6. В таблице 1 в соответствии с номером варианта указаны числовые значения (табл. 2) и номера схем.

Таблица 1

**Номера числовых значений и схем в соответствии с
вариантом**

Номер варианта	Номер схемы	Номер варианта с числовыми значениями	Номер варианта	Номер схемы	Номер варианта с числовыми значениями
1	1	1	26	2	7
2	2	1	27	3	7
3	3	1	28	4	7
4	4	1	29	5	8
5	5	2	30	6	8
6	6	2	31	7	8
7	7	2	32	8	8
8	8	2	33	9	9
9	9	3	34	10	9
10	10	3	35	11	9
11	11	3	36	12	9
12	12	3	37	13	10
13	13	4	38	14	10
14	14	4	39	15	10
15	15	4	40	16	10
16	16	4	41	17	11
17	17	5	42	18	11
18	18	5	43	19	11
19	19	5	44	20	11
20	20	5	45	21	12

21	21	6	46	22	12
22	22	6	47	23	12
23	23	6	48	24	12
24	24	6	49	1	13

Продолжение табл. 1

Номер варианта	Номер схемы	Номер варианта с числовыми значениями	Номер варианта	Номер схемы	Номер варианта с числовыми значениями
25	1	7	50	2	13
26	2	7	56	8	14
27	3	7	57	9	15
28	4	7	58	10	15
29	5	8	59	11	15
30	6	8	60	12	15
31	7	8	61	13	16
32	8	8	62	14	16
33	9	9	63	15	16
34	10	9	64	16	16
35	11	9	65	17	17
36	12	9	66	18	17
37	13	10	67	19	17
38	14	10	68	20	17
39	15	10	69	21	18
40	16	10	70	22	18

41	17	11	71	23	18
42	18	11	72	24	18
43	19	11	73	1	19
44	20	11	74	2	19
45	21	12	75	3	19
46	22	12	76	4	19
47	23	12	77	5	20
48	24	12	78	6	20
49	1	13	79	7	20
50	2	13	80	8	20
51	3	13	81	9	21
52	4	13	82	10	21
53	5	14	83	11	21
54	6	14	84	12	21

Продолжение табл. 1

Номер варианта	Номер схемы	Номер варианта с числовыми значениями	Номер варианта	Номер схемы	Номер варианта с числовыми значениями
55	7	14	85	13	22
86	14	22	94	22	24
87	15	22	95	23	24
88	16	22	96	24	24
89	17	23	97	1	10

90	18	23	98	2	10
91	19	23	99	3	10
92	20	23	100	4	10

Таблица 2

Числовые значения в соответствии с вариантом

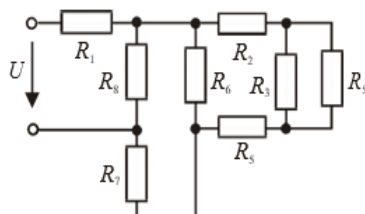
Вар и- ан т	R_1 , О м	R_2 , О м	R_3 , О м	R_4 , О м	R_5 , О м	R_6 , О м	R_7 , О м	R_8 , О м	E_1 , В	E_1 , В	E_1 , В	U , В	J , А	J_1 А	J_2 А	I , А
1	5	6	10	8	7	5	12	8	50	50	54	32	3	4	2	2
2	2	8	6	10	4	6	9	8	40	18	20	12	6	3	5	4
3	4	10	8	13	6	5	8	12	38	32	20	15	5	2	3	3
4	10	7	11	7	14	9	10	16	27	33	10	10 0	6	2	3	1
5	21	36	12	16	7	13	9	14	28	32	20	30	4	3	2	1
6	28	23	20	18	26	16	22	20	95	70	30	48	4	6	8	3
7	36	14	40	38	11	6	2	15	30	90	24	20 0	3	4	6	1
8	50	25	9	19	26	9	6	10	50	42	40	12 0	7	2	5	9
9	17	28	14	17	21	33	30	15	22	25	12 0	22 0	6	1	3	2
10	12	14	7	12	7	4	5	3	36	25	40	36	6	3	9	2
11	8	18	12	13	8	3	7	9	10	14	23	60	3	1	2	4
12	9	5	11	12	15	17	13	6	56	50	65	10	7	3	6	6

13	14	9	36	42	34	16	24	18	40	37	25	60	5	2	1	7
14	6	4	7	4	6	5	12	10	13	16	12	15 0	4	3	9	6
15	9	5	7	6	8	9	8	10	23	25	30	80	3	8	1 0	4
16	17	20	19	18	12	6	10	15	58	47	60	15 0	5	2	5	6
17	14	10	12	14	21	7	9	12	70	51	9	50	2	4	1	5
18	10	8	7	8	9	3	2	4	20	50	60	11 0	4	7	9	8
19	12	11	10	10	8	3	4	4	27	17	14	48	3	5	7	5
20	7	8	3	6	8	6	12	5	12	24	6	50	1	3	1	4
21	9	8	18	22	34	12	11	11	38	24	47	12 0	4	2	3	1
22	30	52	17	15	13	22	16	20	26	48	51	50	2	3	9	1
23	28	30	43	19	18	12	19	30	46	37	30	10 0	2	1	4	5
24	3	7	9	13	5	11	9	4	22	28	30	80	7	2	1	6

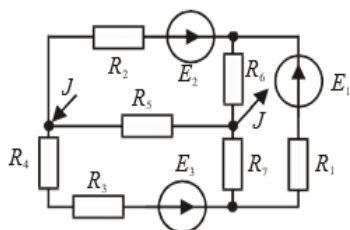
Схемы в соответствии с вариантом

Вариант № 1

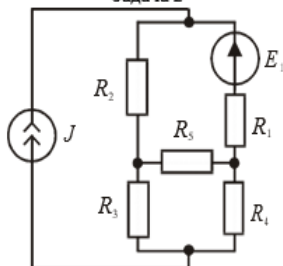
Задача 1



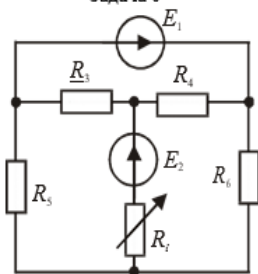
Задача 5



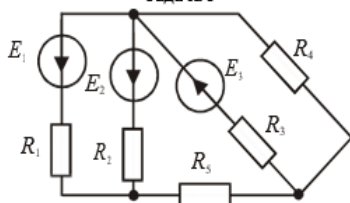
Задача 2



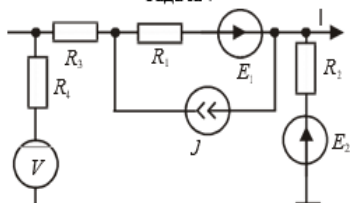
Задача 6



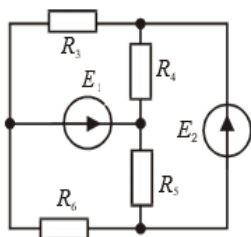
Задача 3



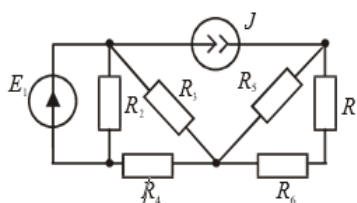
Задача 7



Задача 4

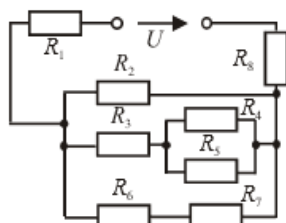


Задача 8

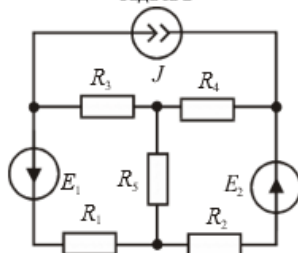


Вариант № 2

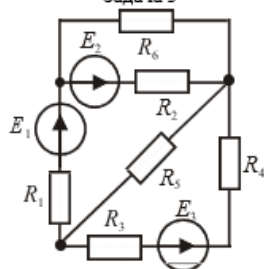
Задача 1



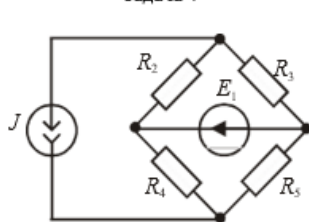
Задача 2



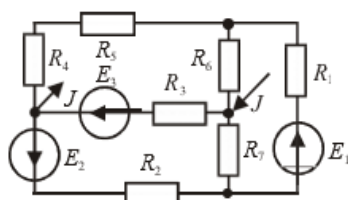
Задача 3



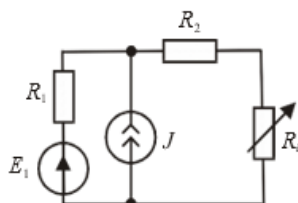
Задача 4



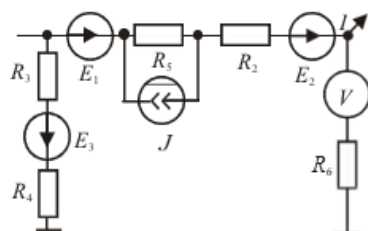
Задача 5



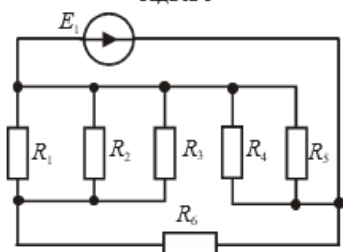
Задача 6



Задача 7

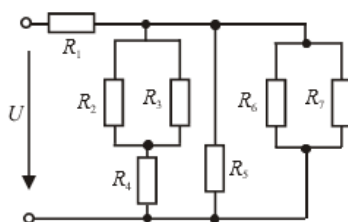


Задача 8

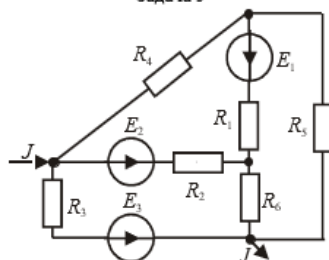


Вариант № 3

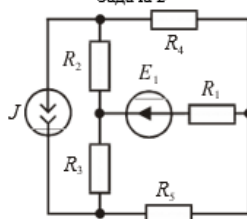
Задача 1



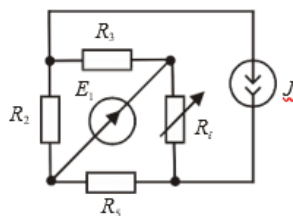
Задача 5



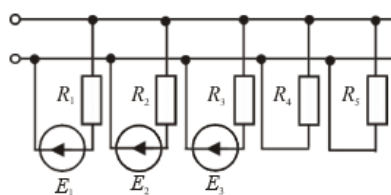
Задача 2



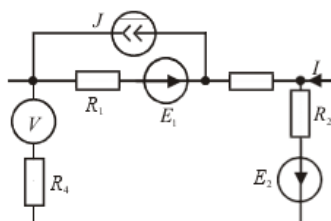
Задача 6



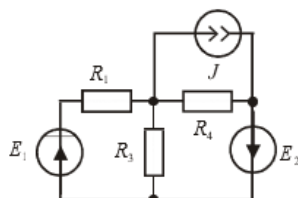
Задача 3



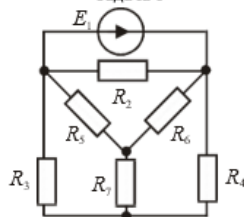
Задача 7



Задача 4

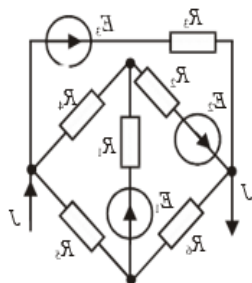


Задача 8

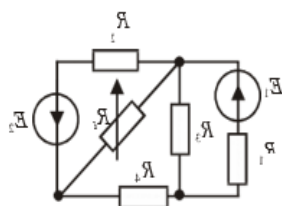


Вариант № 4

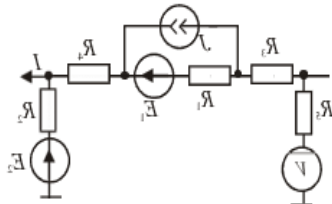
а) вариант



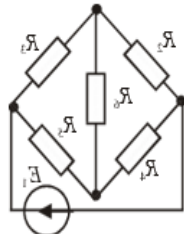
б) вариант



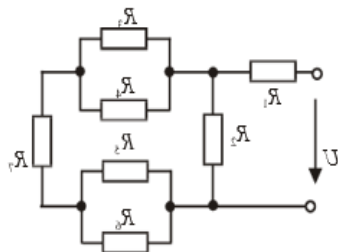
в) вариант



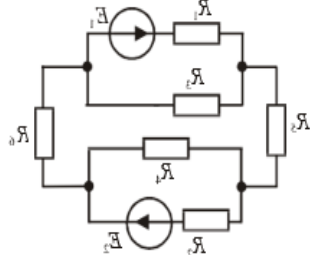
г) вариант



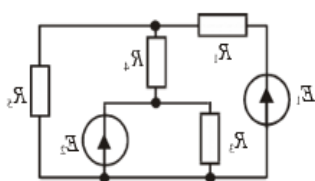
д) вариант



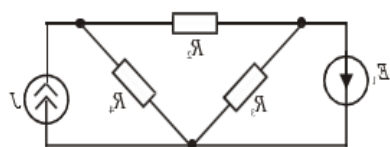
е) вариант



ж) вариант

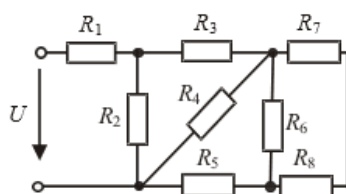


з) вариант

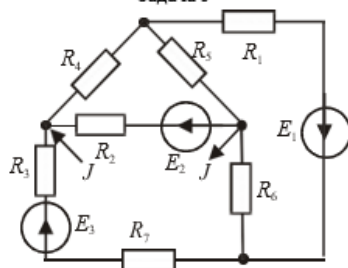


Вариант № 5

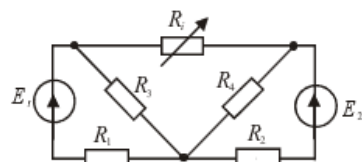
Задача 1



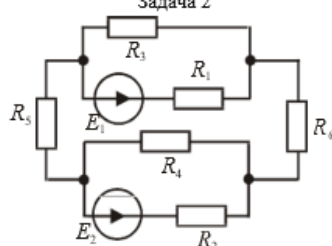
Задача 5



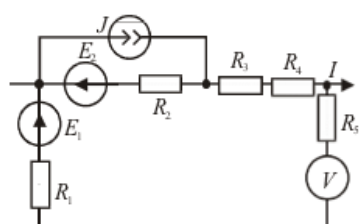
Задача 6



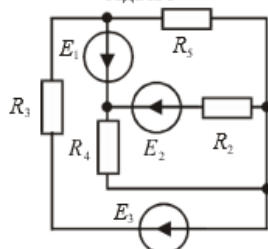
Задача 2



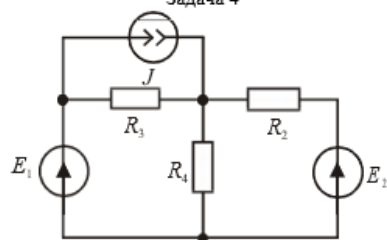
Задача 7



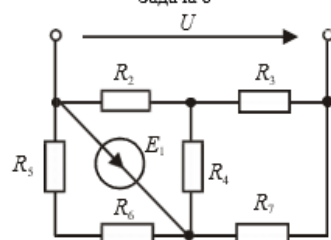
Задача 3



Задача 4

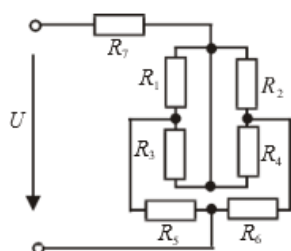


Задача 8

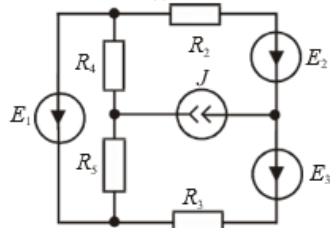


Вариант № 6

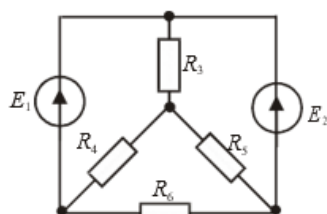
Задача 1



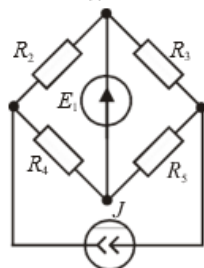
Задача 2



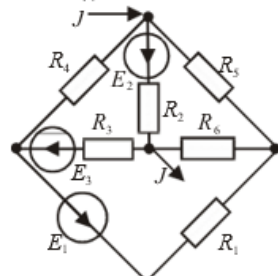
Задача 3



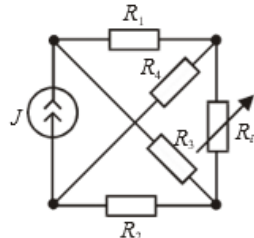
Задача 4



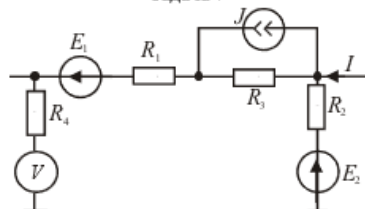
Задача 5



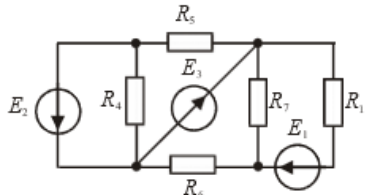
Задача 6



Задача 7

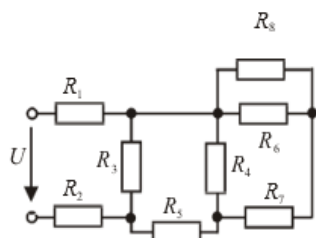


Задача 8

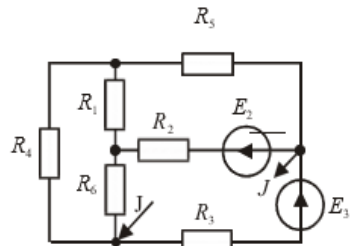


Вариант № 7

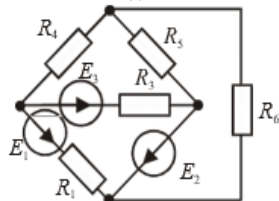
Задача 1



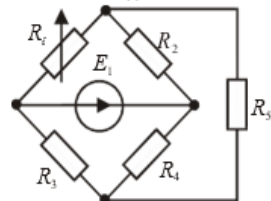
Задача 5



Задача 2

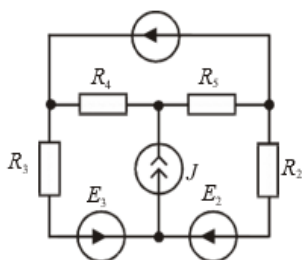


Задача 6

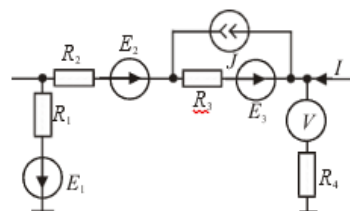


Задача 3

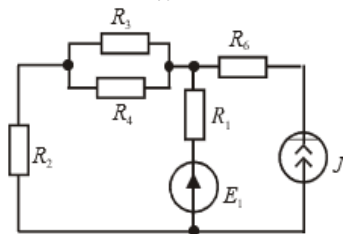
E_1



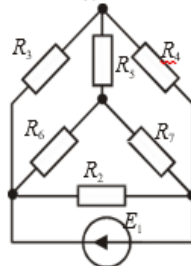
Задача 7



Задача 4

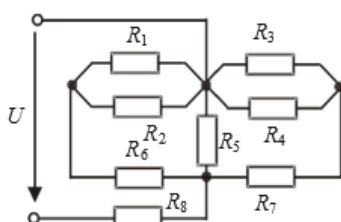


Задача 8

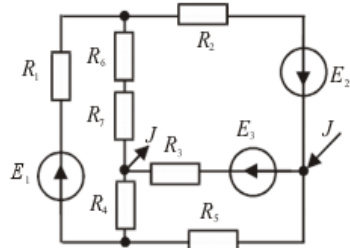


Вариант № 8

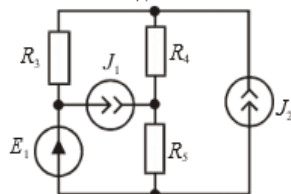
Задача 1



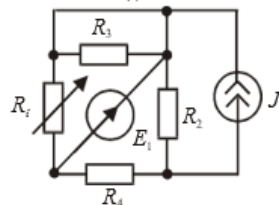
Задача 5



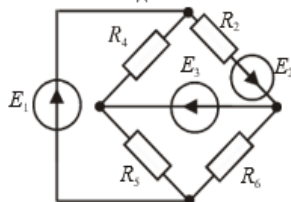
Задача 2



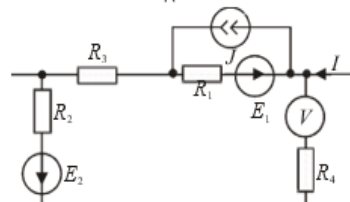
Задача 6



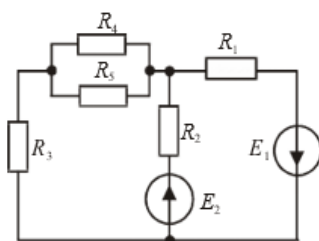
Задача 3



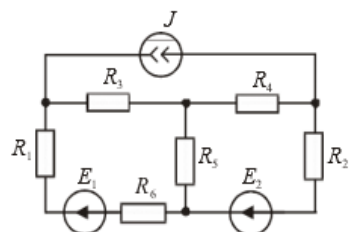
Задача 7



Задача 4

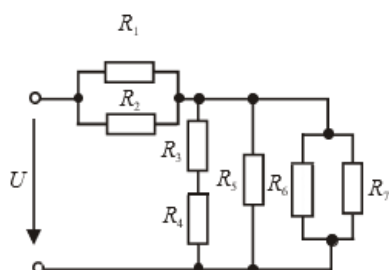


Задача 8

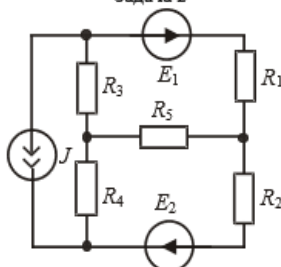


Вариант № 9

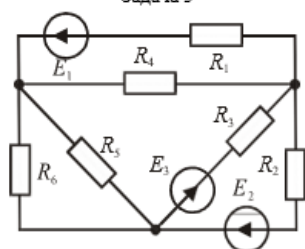
Задача 1



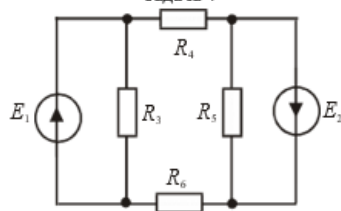
Задача 2



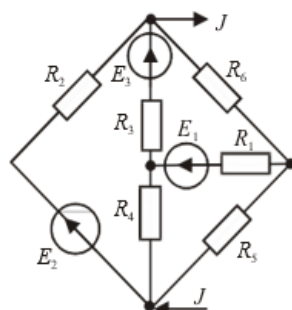
Задача 3



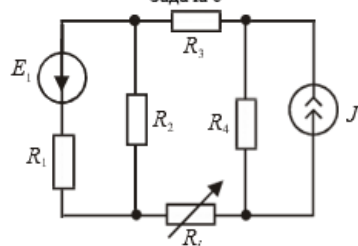
Задача 4



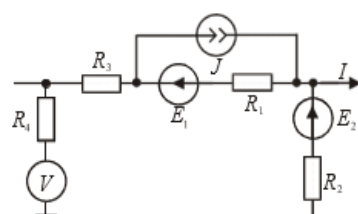
Задача 5



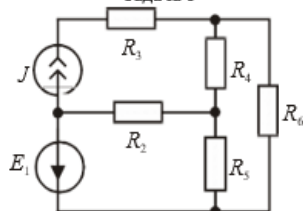
Задача 6



Задача 7

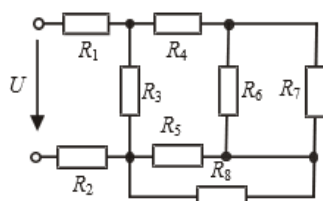


Задача 8

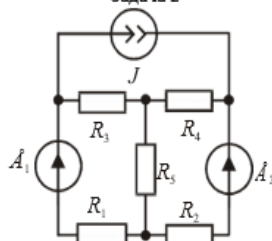


Вариант № 10

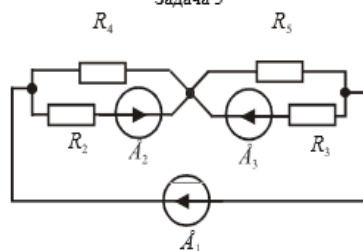
Задача 1



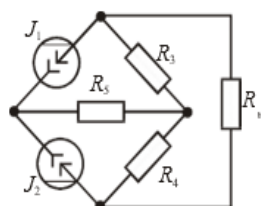
Задача 2



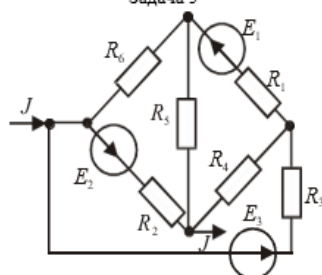
Задача 3



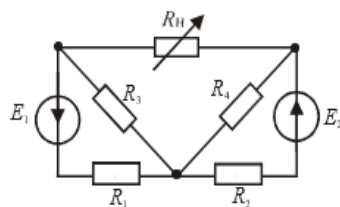
Задача 4



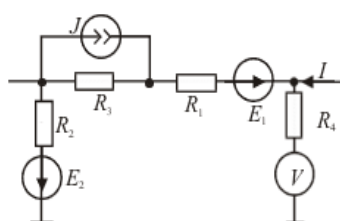
Задача 5



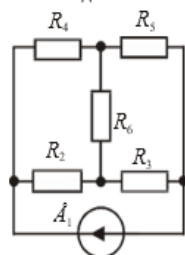
Задача 6



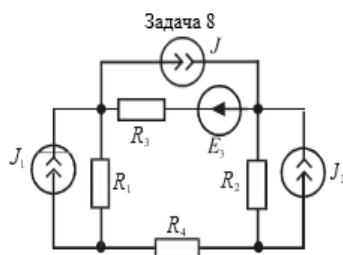
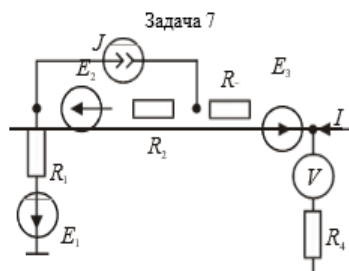
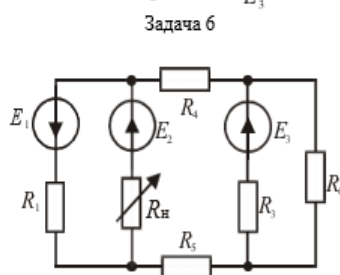
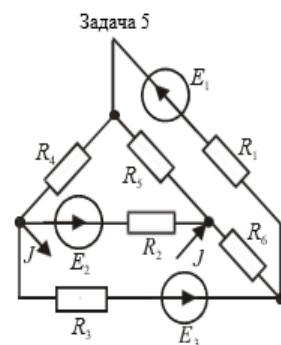
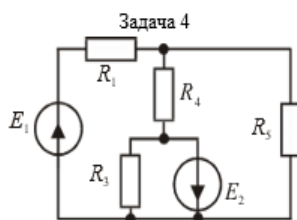
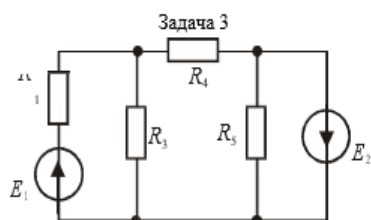
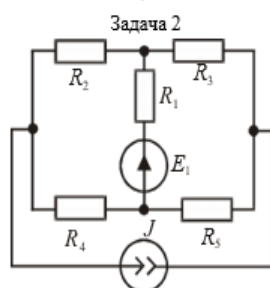
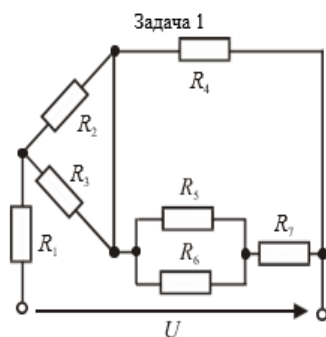
Задача 7



Задача 8

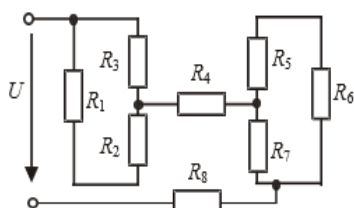


Вариант № 11

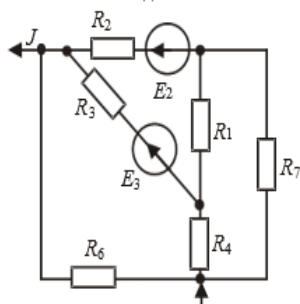


Вариант № 12

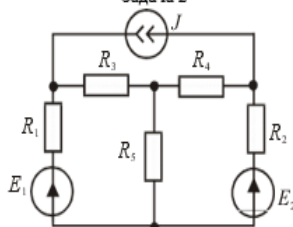
Задача 1



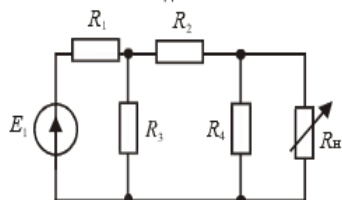
Задача 5



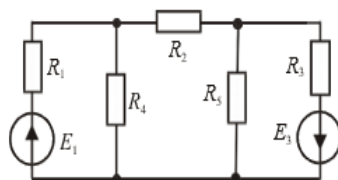
Задача 2



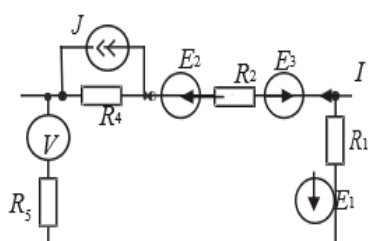
Задача 6



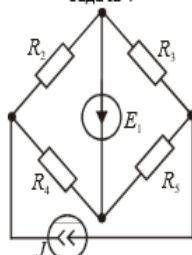
Задача 3



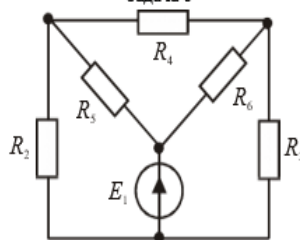
Задача 7



Задача 4

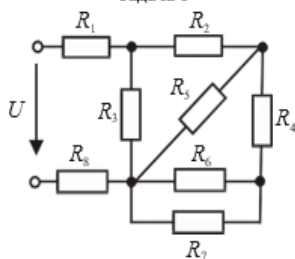


Задача 8

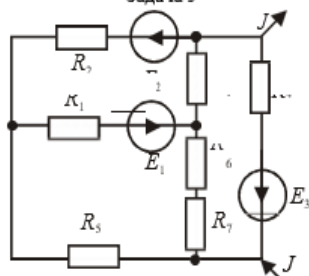


Вариант № 13

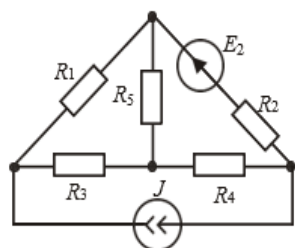
Задача 1



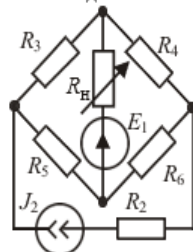
Задача 5



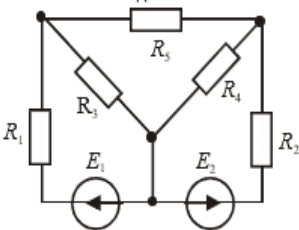
Задача 2



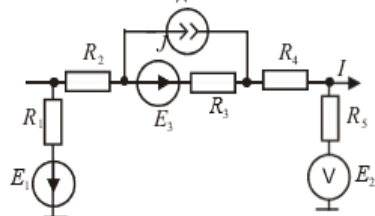
Задача 6



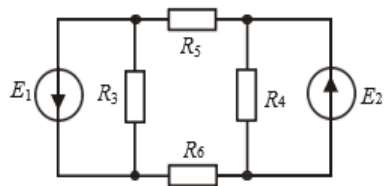
Задача 3



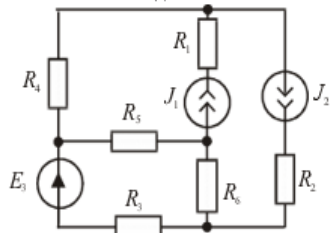
Задача 7



Задача 4

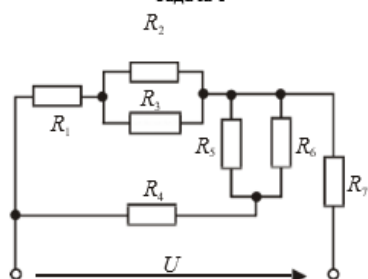


Задача 8

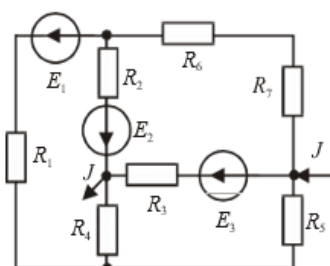


Вариант № 14

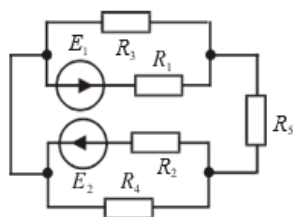
Задача 1



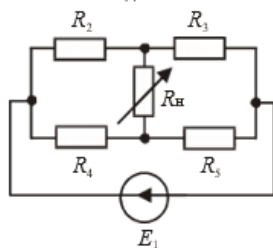
Задача 5



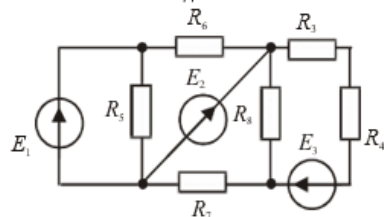
Задача 2



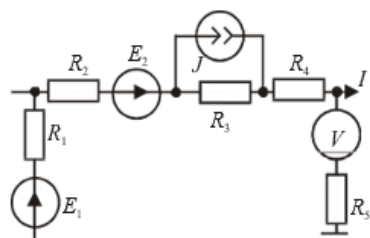
Задача 6



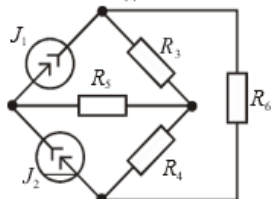
Задача 3



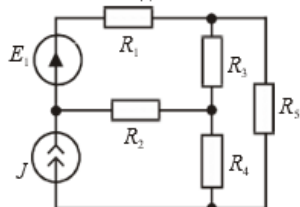
Задача 7



Задача 4

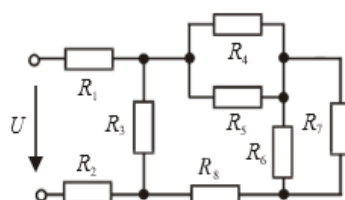


Задача 8

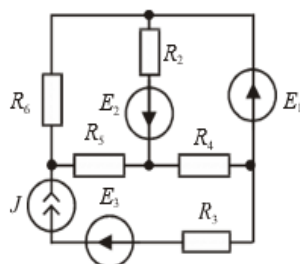


Вариант № 15

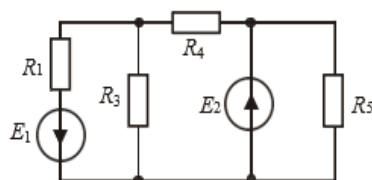
Задача 1



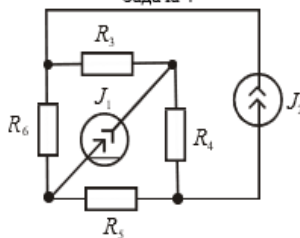
Задача 2



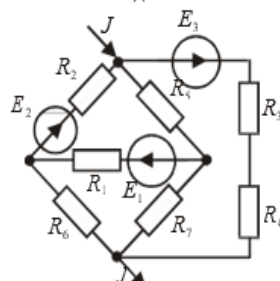
Задача 3



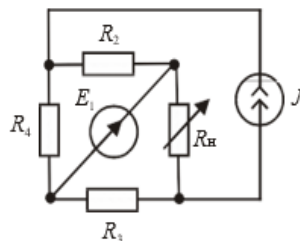
Задача 4



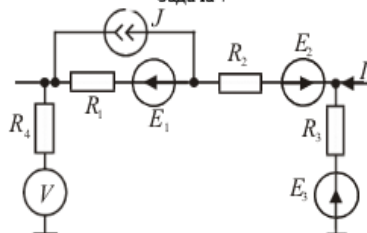
Задача 5



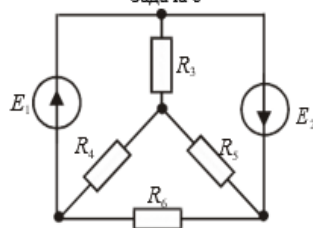
Задача 6



Задача 7

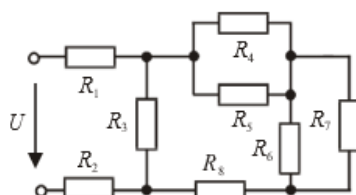


Задача 8

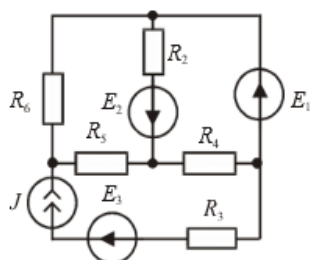


Вариант № 16

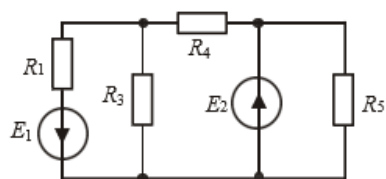
Задача 1



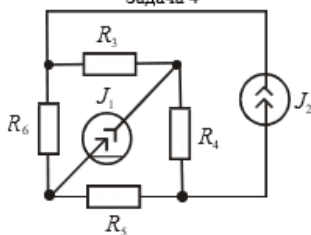
Задача 2



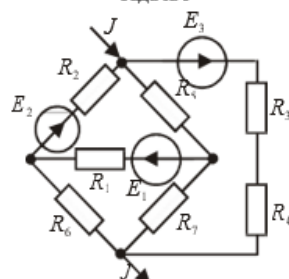
Задача 3



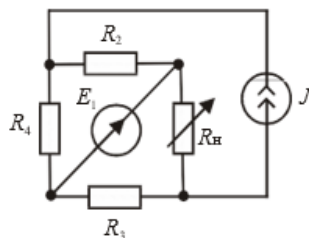
Задача 4



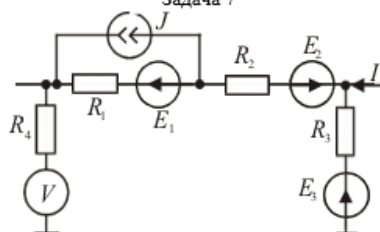
Задача 5



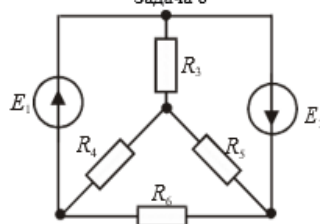
Задача 6



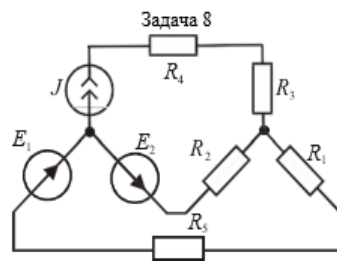
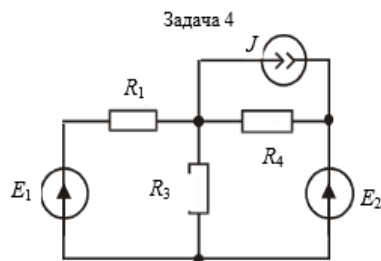
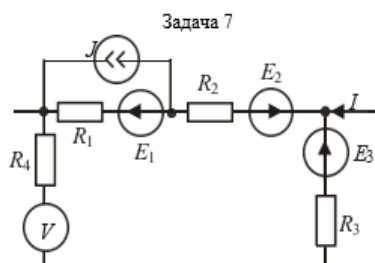
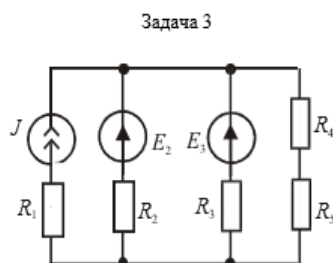
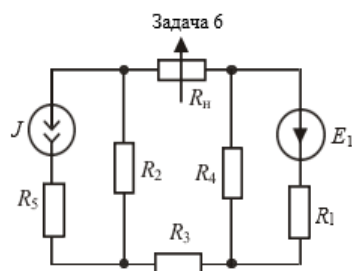
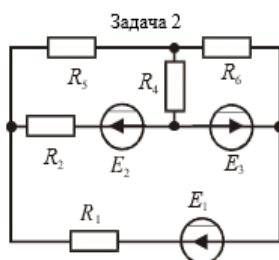
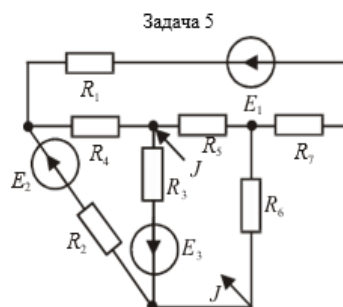
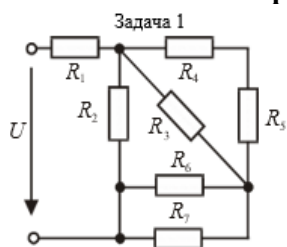
Задача 7



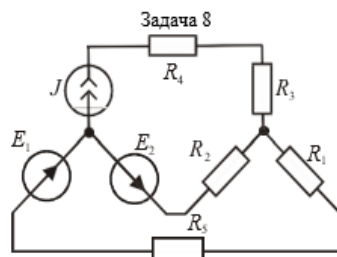
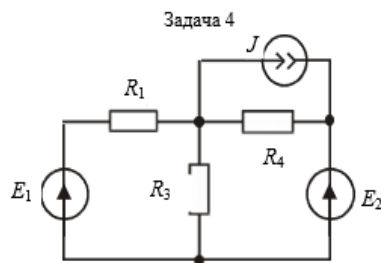
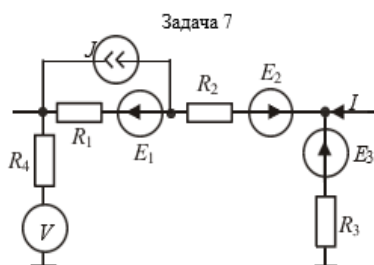
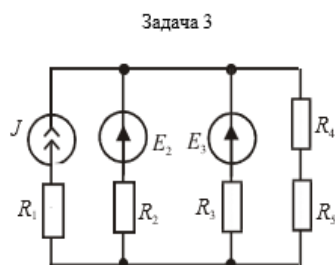
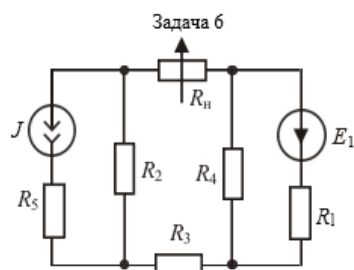
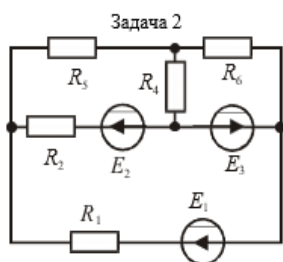
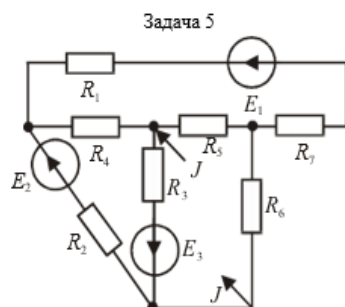
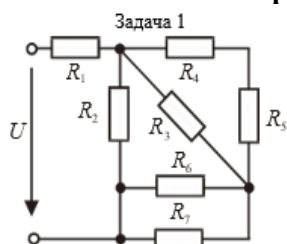
Задача 8



Вариант № 17

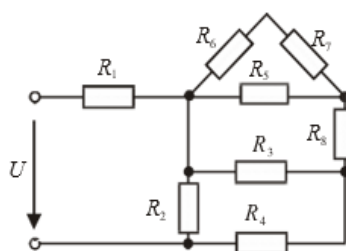


Вариант № 18

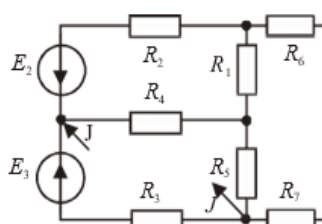


Вариант № 19

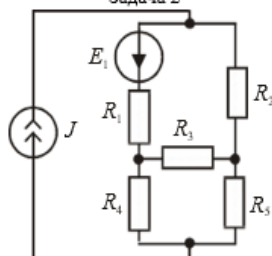
Задача 1



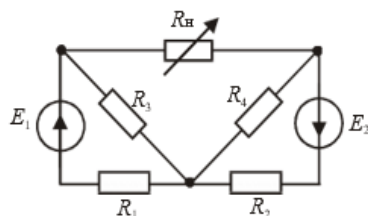
Задача 5



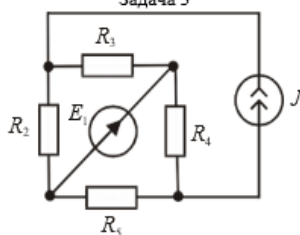
Задача 2



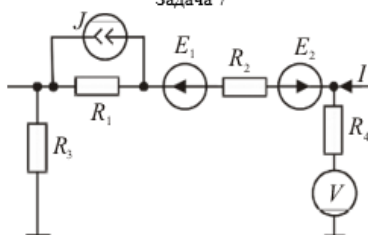
Задача 6



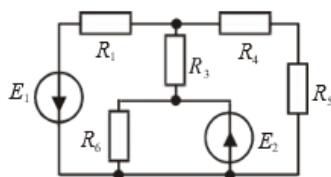
Задача 3



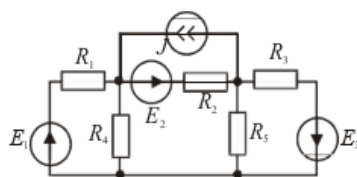
Задача 7



Задача 4

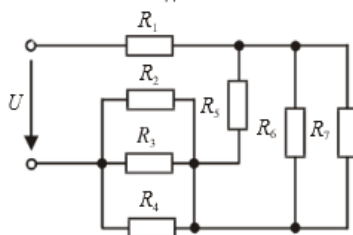


Задача 8

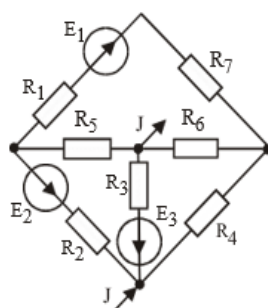


Вариант № 20

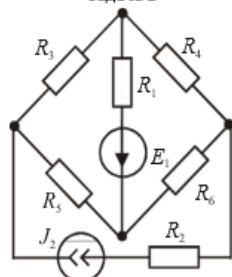
Задача 1



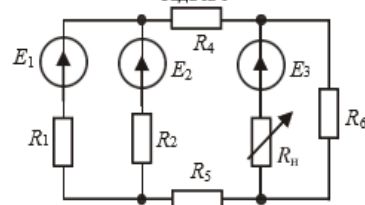
Задача 5



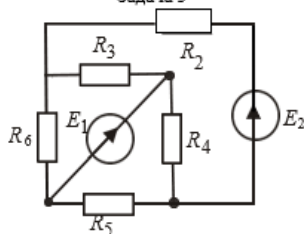
Задача 2



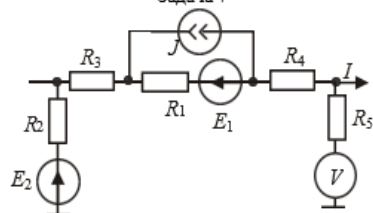
Задача 6



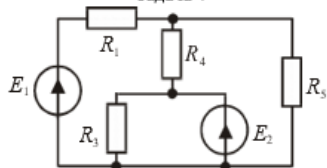
Задача 3



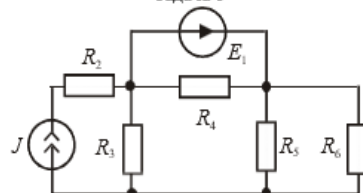
Задача 7



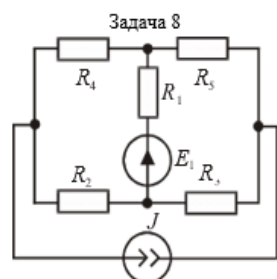
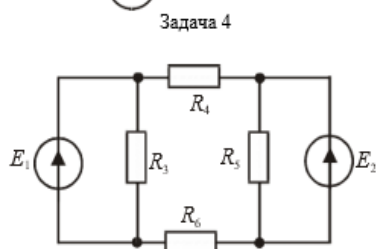
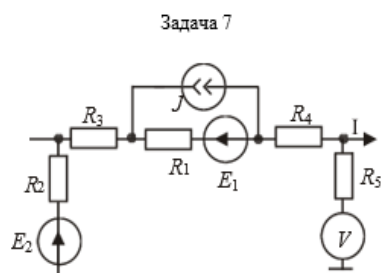
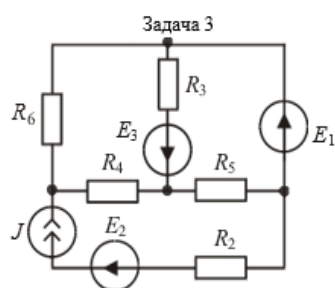
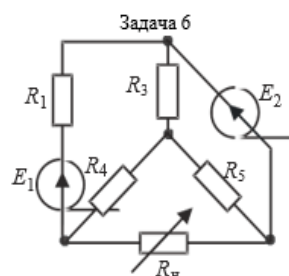
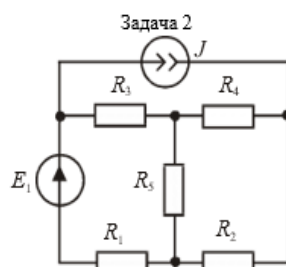
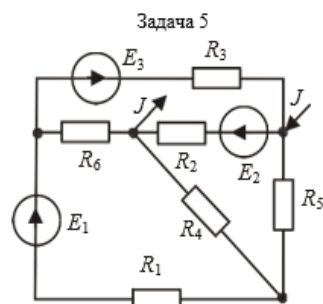
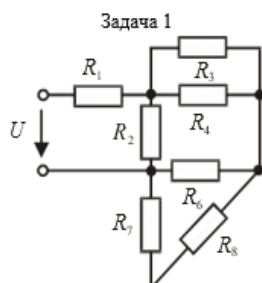
Задача 4



Задача 8

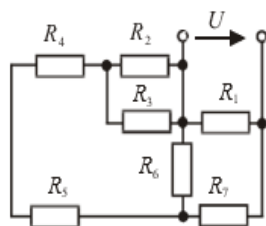


Вариант № 21

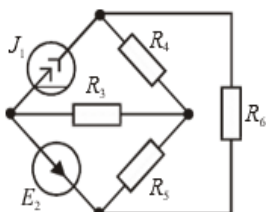


Вариант № 22

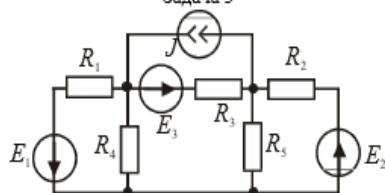
Задача 1



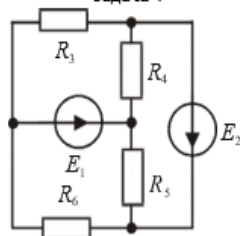
Задача 2



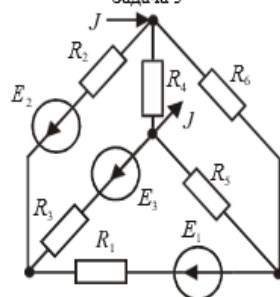
Задача 3



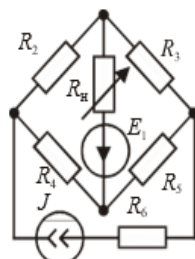
Задача 4



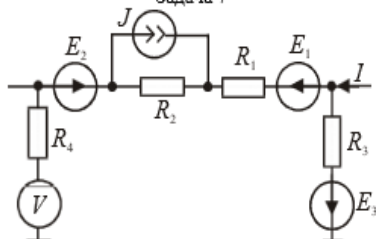
Задача 5



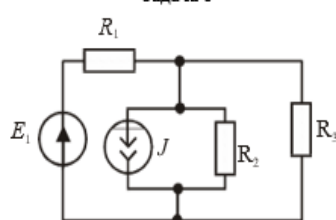
Задача 6



Задача 7

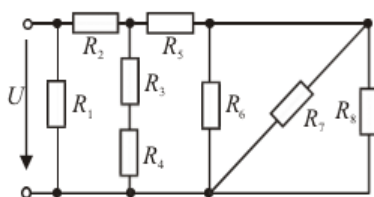


Задача 8

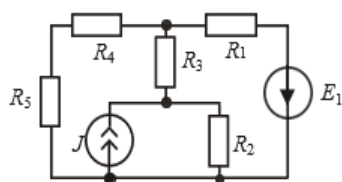


Вариант № 23

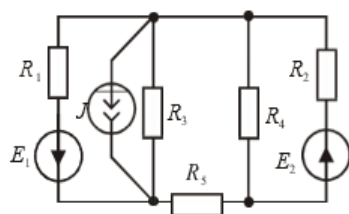
Задача 1



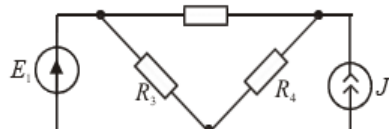
Задача 2



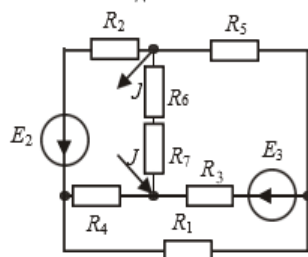
Задача 3



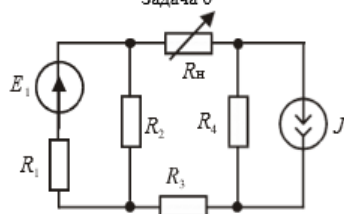
Задача 4
 R_2



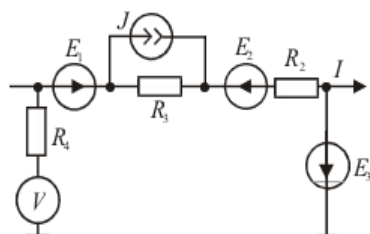
Задача 5



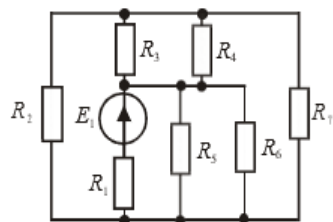
Задача 6



Задача 7

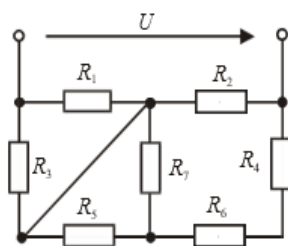


Задача 8

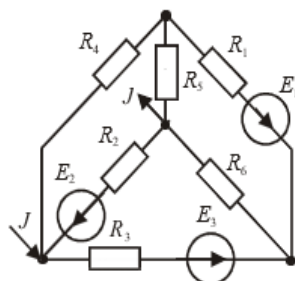


Вариант № 24

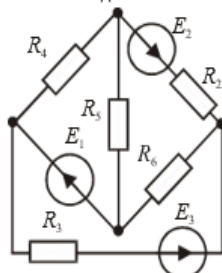
Задача 1



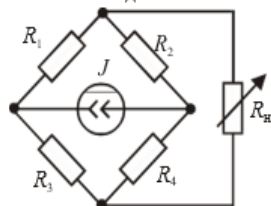
Задача 5



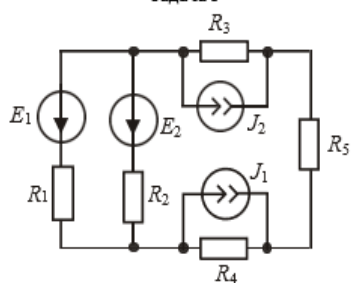
Задача 2



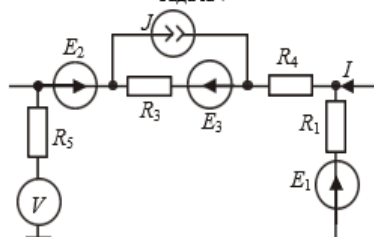
Задача 6



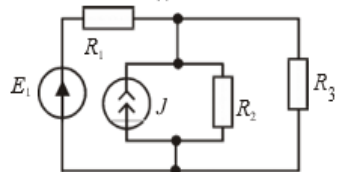
Задача 3



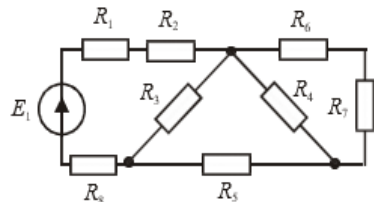
Задача 7



Задача 4



Задача 8



ГЛАВА 2. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

2.1. Расчет трехфазных цепей»

Для вариантов, в которых нагрузка соединена треугольником (рис. 3), необходимо выполнить преобразование в эквивалентную звезду (рис. 4). Все расчеты нужно выполнять для комплексных чисел [5-7].

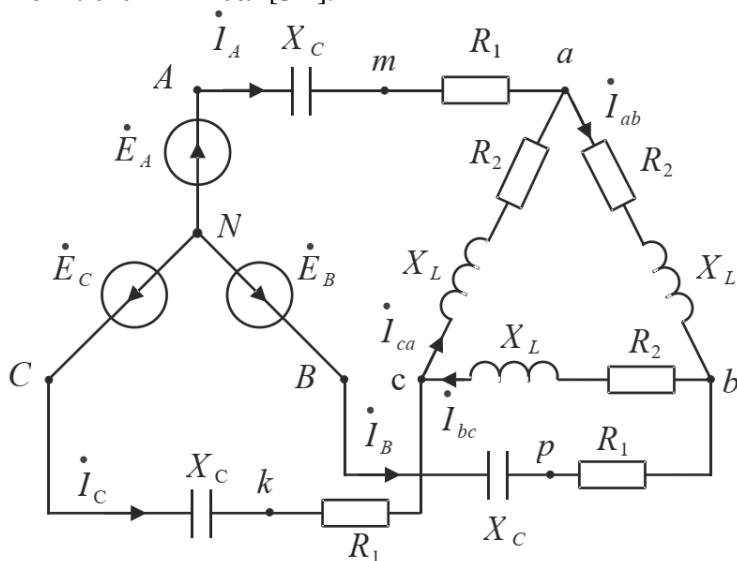


Рис. 3

При соединении фаз симметричного приемника звездой сопротивление фазы в 3 раза меньше сопротивления эквивалентного треугольника: $Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$.

Для схемы рис. 3 комплексное сопротивление $Z_Y = R_2 + jX_L$, где $X_L = \omega L = 2\pi fL = 2\pi \frac{1}{T} L$ – индуктивное сопротивление.

2. Так как приемник симметричный, напряжение между нейтральными точками генератора и приемника не возникает. Напряжения генератора и приемника соответственно равны. Линейные и фазные токи равны по величине и сдвинуты по фазе относительно друг друга на угол 120° :

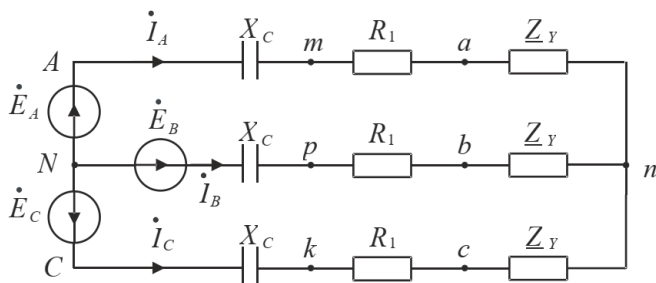


Рис. 4

$$\dot{I}_A = \frac{E_A}{Z_a}; \dot{I}_B = \dot{I}_A e^{-j120^\circ}; \dot{I}_C = \dot{I}_A e^{j120^\circ}.$$

Сопротивление фазы $Z_a = -jX_C + R_1 + Z_Y$, где $X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{T}{C \cdot 2\pi}$.

3. Фазные токи треугольника при симметричной нагрузке в 3 раз меньше линейных токов и опережают соответствующие линейные токи на угол 30° .

$$\text{Ток } \dot{I}_{bc} = \dot{I}_{ab} e^{-j120^\circ}; \dot{I}_{ca} = \dot{I}_{ab} e^{j120^\circ}.$$

4. Построение векторно-топографической диаграммы (рис. 5) проводят в несколько этапов.

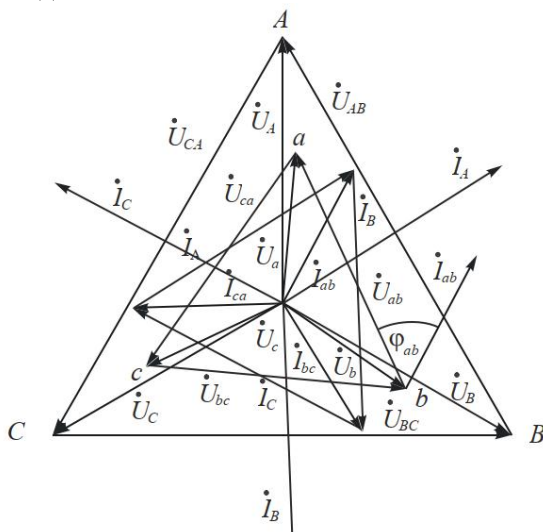


Рис. 5

4.1. Построение топографической диаграммы генератора.

4.2. Построение векторов токов $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$. Их направления зависят от нагрузки. Ток $\dot{I}_A$ сдвинут по фазе относительно напряжения $\dot{U}_A = \dot{E}_A$ на угол φ_a , являющийся аргументом комплексного сопротивления $\underline{Z}_a = \underline{Z}_a e^{j\varphi_a}$.

4.3. Построение топографической диаграммы для соединения треугольником. Напряжение–разность потенциалов соответствующих точек. Поэтому нужно найти положение точек a, b и c на комплексной плоскости. Проще всего это сделать, вычислив комплекс напряжения между точками a и $n\dot{U}_A$:

$$\dot{U}_A = Z_Y \cdot \dot{I}_A.$$

$$\text{Напряжения } \dot{U}_b = \dot{U}_a \cdot e^{-j120^\circ}; \dot{U}_c = \dot{U}_a \cdot e^{j120^\circ}.$$

$$\text{Напряжения } \dot{U}_{ab} = \dot{U}_a - \dot{U}_b; \dot{U}_{bc} = \dot{U}_b - \dot{U}_c; \dot{U}_{ca} = \dot{U}_c - \dot{U}_a;$$

Строим вектор тока $\dot{I}_{ab}$, который в схеме рис.3.3 отстает от вектора напряжения $\dot{U}_{ab}$, на угол φ_Δ , являющийся аргументом комплексного сопротивления $\underline{Z}_\Delta = R_{2\Delta} + jX_L = Ze^{j\varphi_\Delta}$.

Перенесем начало вектора $\dot{I}_{ab}$ точку n . Векторы токов $\dot{I}_{bc}, \dot{I}_{ca}$ равны току $\dot{I}_{ab}$ по величине и сдвинуты относительно друг друга на угол 120° . Векторы линейных токов равны векторной разности соответствующих фазных токов:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}.$$

Это позволяет проверить правильность решения и построения векторно-топографической диаграммы.

5. Вычислить активную мощность можно разными способами, что позволит проверить правильность решения. У симметричного приемника общая мощность равна утроенной мощности фазы:

$$P = 3P_\phi.$$

Активную мощность фазы можно вычислить по формуле $P_\phi = P_\phi I_\phi \cos \varphi$. При соединении звездой фазные и линейные токи соответственно равны.

Активная мощность—это потребляемая мощность. Потребителями мощности являются резисторы. Поэтому ее можно вычислить по формуле

$$P_{\phi} = \sum_{k=1}^m R_k I_k^2,$$

где m —число резисторов в фазе.

Для схемы рис.3.1 активная мощность $P = 3P_A I_A \cos \varphi$ либо $P = 3R_1 I_A^2 + 3R_2 I_{ab}^2$.

6. Чтобы записать мгновенное значение напряжения между заданными в условии точками, нужно вычислить комплексное значение этого напряжения. В задании рассчитаны действующие значения токов, поэтому рационально вычислить комплекс действующего значения требуемого напряжения как разность потенциалов между соответствующими точками.

Пусть для схемы рис.3.1 нужно записать закон изменения напряжения u_{pc} . На пути от точки c к точке p потенциал изменяется на величину

$$\dot{U}_{pc} = jX_L \dot{I}_{bc} + R_2 \dot{I}_{bc} + R_1 \dot{I}_B = U_{pc} e^{j\psi_{pc}}.$$

Запись мгновенного значения начинается с максимального

$$u_{pc} = U_{m\,pc} \sin(\omega t + \psi_{pc}).$$

2.2 Задания для самостоятельного решения

Номер варианта соответствует двум последним цифрам шифра, присвоенного студенту. В таблице 4 в соответствии с номером варианта указаны номера схем и приведены численные значения требуемых для расчетов величин.

Таблица 3

Номера схем и численные значения в соответствии с номером варианта

Но мер вар иан та	Но мер схе мы	E_A , В	T ,с	L , мГн	C_1 , мкФ	C_2 , мкФ	R_1 , Ом	R_2 , Ом	Оп ред е лит ь
1	1	100	0,015	22,32	276	-	4,33	8,66	u_{bc}
2	2	80	0,015	18,33	598	13 8	-	17,3 2	u_{bc}
3	3	60	0,015	4,78	398	-	7,66	2	u_{bc}
4	4	40	0,015	35,88	119,6	-	25,98	-	u_{bc}
5	5	20	0,015	17,94	79,7	-	4,33	-	u_{bc}
6	6	90	0,015	107,6	119,6	-	8,66	-	u_{bc}

7	7	70	0,015	41,4	175,1	-	17,32	-	u_{bc}
8	8	50	0,015	8,75	138	-	17,32	-	u_{bc}
9	9	30	0,015	23,92	478,5	-	17,32	-	u_{bc}
10	10	10	0,015	35,88	210,9	13 8	17,32	-	u_{bc}
11	11	200	0,015	22,32	276	-	4,33	-	u_{bc}
12	12	160	0,015	18,33	598	13 8	-	17,3 2	u_{bc}
13	13	120	0,015	4,78	398	-	7,66	2	u_{bc}
14	14	80	0,015	35,88	39,8	-	26	-	u_{bc}
15	15	40	0,015	17,94	957	79 ,7	8,66	-	u_{bc}
16	16	180	0,015	107,6 5	119,6	-	26	-	u_{bc}
17	17	140	0,015	41,4	175,1	-	17,32	-	u_{bc}
18	18	100	0,015	8,75	138	-	17,32	-	u_{bc}
19	19	60	0,015	28,92	478,5	-	17,32	-	u_{bc}
20	20	20	0,015	33,88	210,9	13 8	17,32	-	u_{bc}

Продолжение табл. 3

Номер вариан та	Номер схем ы	E_A , В	T, c	L , мГн	C_1 , мкФ	C_2 , мкФ	R_1 , Ом	R_2 , Ом	Опреде - лит ь
21	1	10 0	0,02	29,7 1	367,5	-	4,33	8,66	u_{ca}
22	2	80	0,02	24,3 9	796,2	183, 8	-	17,3 2	u_{ca}
23	3	60	0,02	6,36	530	-	7,66	2	u_{ca}
24	4	40	0,02	47,7	159,2	-	25,9 8	-	u_{ca}
25	5	20	0,02	23,8 8	106,1	-	4,33	-	u_{ca}
26	6	90	0,02	143, 3	159,2	-	8,66	-	u_{ca}
27	7	70	0,02	55,1 6	233,1	-	17,3 2	-	u_{ca}
28	8	50	0,02	11,6 6	183,8	-	17,3 2	-	u_{ca}
29	9	30	0,02	31,8 5	636,9	-	17,3 2	-	u_{ca}

30	10	10	0,02	47,7	280,8	183,7	17,32	-	u_{ca}
31	11	200	0,02	29,71	367,5	-	4,33	8,66	u_{ca}
32	12	160	0,02	24,39	796,2	183,8	-	17,32	u_{ca}
33	13	120	0,02	6,36	530	-	7,66	2	u_{ca}
34	14	80	0,02	47,7	53	-	26	-	u_{ca}
35	15	40	0,02	23,88	1274,8	106,1	8,66	-	u_{ca}
36	16	180	0,02	143,3	159,2	-	26	-	u_{ca}
37	17	140	0,02	55,16	233,1	-	17,32	-	u_{ca}
38	18	100	0,02	11,65	183,8	-	17,32	-	u_{ca}
39	19	60	0,02	31,85	636,9	-	17,32	-	u_{ca}
40	20	20	0,02	47,7	280,8	183,7	17,32	-	u_{ca}
41	1	100	0,025	37,32	461,6	-	4,33	8,66	u_{mp}
42	2	80	0,025	30,64	1000	230	-	17,32	u_{mp}
43	3	60	0,025	8	666	-	7,66	2	u_{mp}
44	4	40	0,025	60	200	-	25,98	-	u_{mp}
45	5	20	0,025	30	133,3	-	4,33	-	u_{mp}
46	6	90	0,025	180	200	-	8,66	-	u_{mp}
47	7	70	0,025	69,28	292,8	-	17,32	-	u_{mp}
48	8	50	0,025	14,64	230,8	-	17,32	-	u_{mp}
49	9	30	0,025	40	800	-	17,32	-	u_{mp}

Продолжение табл. 3

Номер вариан та	Номер схем ы	E_A , В	T, c	L , мГн	C_1 , мкФ	C_2 , мкФ	R_1 , Ом	R_2 , Ом	Оп- реде- лит ь
50	10	10	0,02 5	60	352,7	230, 8	17,3 2	-	u_{mp}
51	11	20 0	0,02 5	37,32	461,6	-	4,33	-	u_{mp}
52	12	16 0	0,02 5	30,64	1000	230	-	17,3 2	u_{mp}
53	13	12 0	0,02 5	8	666	-	7,66	2	u_{mp}
54	14	80	0,02 5	60	66,7	-	26	-	u_{mp}
55	15	40	0,02 5	30	1600	133, 6	8,66	-	u_{mp}
56	16	18 0	0,02 5	180	200	-	26	-	u_{mp}
57	17	14 0	0,02 5	69,28	292,8	-	17,3 2	-	u_{mp}
58	18	10 0	0,02 5	14,64	230,8	-	17,3 2	-	u_{mp}
59	19	60	0,02 5	40	800	-	17,3 2	-	u_{mp}
60	20	20	0,02 5	60	352,7	230, 8	17,3 2	-	u_{ab}
61	1	10 0	0,04	59,42	735	-	4,33	8,66	u_{pk}
62	2	80	0,04	48,78	1592	368	-	17,3 2	u_{pk}
63	3	60	0,04	12,73 8	1061	-	7,66	2	u_{pk}
64	4	40	0,04	95,5	318,4	-	25,9 8	-	u_{pk}
65	5	20	0,04	47,77	212,2	-	4,33	-	u_{pk}
66	6	90	0,04	286,6	318	-	8,66	-	u_{pk}
67	7	70	0,04	110,3 2	466,3	-	17,3 2	-	u_{pk}
68	8	50	0,04	23,3	367,5	-	17,3 2	-	u_{pk}
69	9	30	0,04	63,69	1273, 9	-	17,3 2	-	u_{pk}

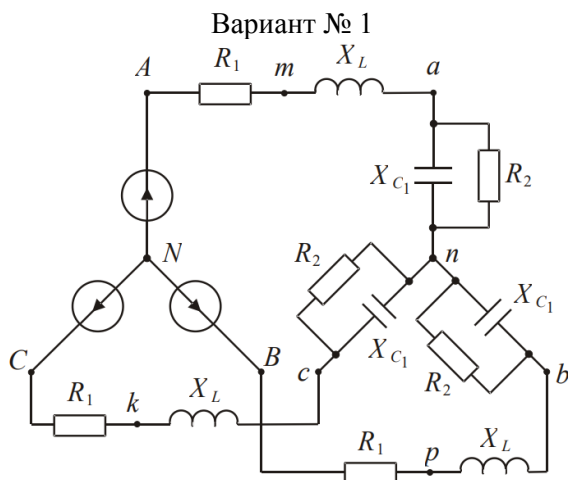
70	10	10	0,04	95,5	561,7	36,7 5	17,3 2	-	u_{pk}
71	11	20 0	0,04	59,42	735	-	4,33	8,66	u_{pk}
72	12	16 0	0,04	48,78	1592, 3	368	-	17,3 2	u_{pk}
73	13	12 0	0,04	12,74	1061, 5	-	7,66	2	u_{pk}
74	14	80	0,04	95,5	106,1	-	26	-	u_{bc}
75	15	40	0,04	47,77	2547	212, 2	8,66	-	u_{pk}
76	16	18 0	0,04	287	318,4	-	26	-	u_{bc}
77	17	14 0	0,04	110,3 2	466,3	-	17,3 2	-	u_{bc}
78	18	10 0	0,04	23,3	367,5	-	17,3 2	-	u_{bc}

Продолжение табл. 3

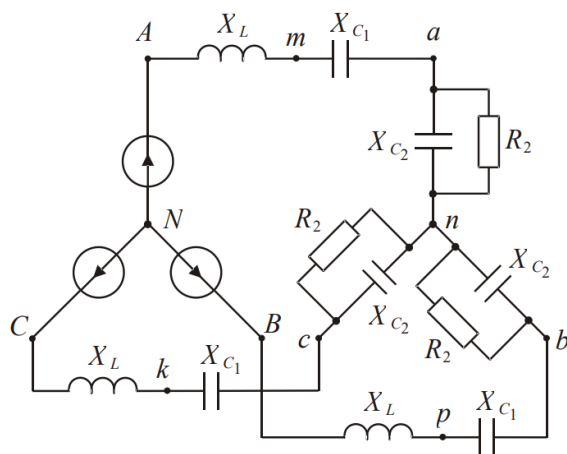
Номер вариант а	Номер схем ы	E_A , В	T , с	L , мГн	C_1 , мкФ	C_2 , мкФ	R_1 , Ом	R_2 , Ом	Опреде- лит ь
79	19	60	0,0 4	63,6 9	1273, 9	-	17,3 2	-	u_{bc}
80	20	20	0,0 4	95,5	561,7	-	17,3 2	-	u_{bc}
81	1	10 0	0,0 1	14,8 6	183,8	-	4,33	8,66	u_{ab}
82	2	80	0,0 1	12,1 9	398	91,9	-	17,3 2	u_{ab}
83	3	60	0,0 1	3,18	265,2	-	7,66	2	u_{ab}
84	4	40	0,0 1	23,8	79,6	-	25,9 8	-	u_{ab}
85	5	20	0,0 1	11,9 4	53	-	4,33	-	u_{ab}
86	6	90	0,0 1	71,6 5	79,6	-	8,66	-	u_{ab}
87	7	70	0,0 1	27,5 8	116,5	-	17,3 2	-	u_{ab}
88	8	50	0,0 1	5,82	91,8	-	17,3 2	-	u_{ab}

89	9	30	0,0 1	15,9 2	318,4	-	17,3 2	-	u_{ab}
90	10	10	0,0 1	23,8	140,4	91,9	17,3 2	-	u_{ab}
91	11	20 0	0,0 1	14,8 6	183,8	-	4,33	8,66	u_{ab}
92	12	16 0	0,0 1	12,1 9	398	91,9	-	17,3 2	u_{ab}
93	13	12 0	0,0 1	3,18	265,2	-	7,66	2	u_{ab}
94	14	80	0,0 1	23,8	26,5	-	26	-	u_{ab}
95	15	40	0,0 1	11,9 4	637	53	8,66	-	u_{ab}
96	16	18 0	0,0 1	71,6 5	79,6	-	26	-	u_{ab}
97	17	14 0	0,0 1	27,5 8	116,5	-	17,3 2	-	u_{ab}
98	18	10 0	0,0 1	5,82	91,8	-	17,3 2	-	u_{ab}
99	19	60	0,0 1	15,9 2	318,4	-	17,3 2	-	u_{ab}
100	20	20	0,0 1	23,8	140,4	91,9	17,3 2	-	u_{ab}

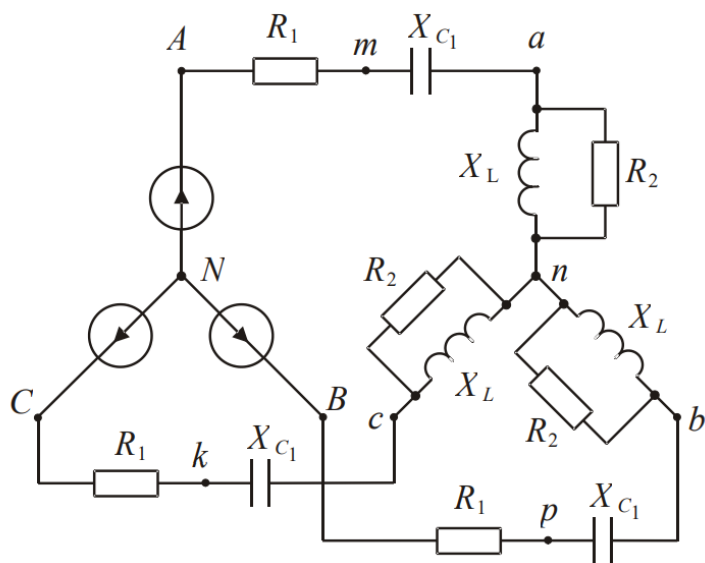
Схемы в соответствии с вариантом



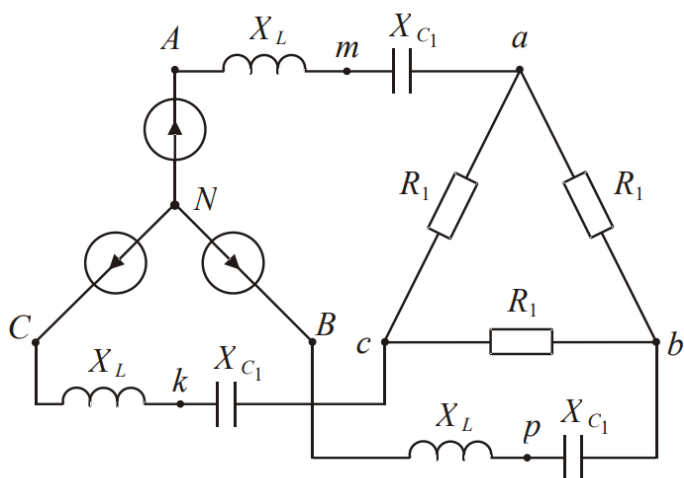
Вариант № 2



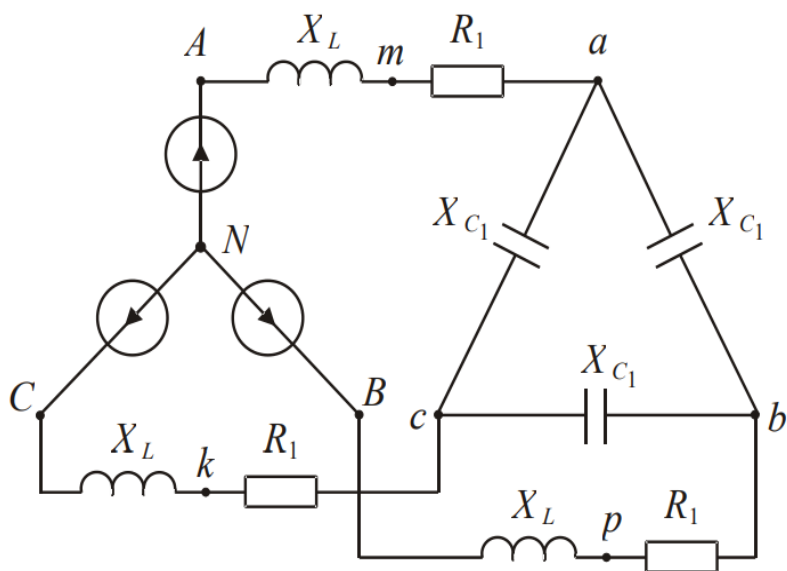
Вариант № 3



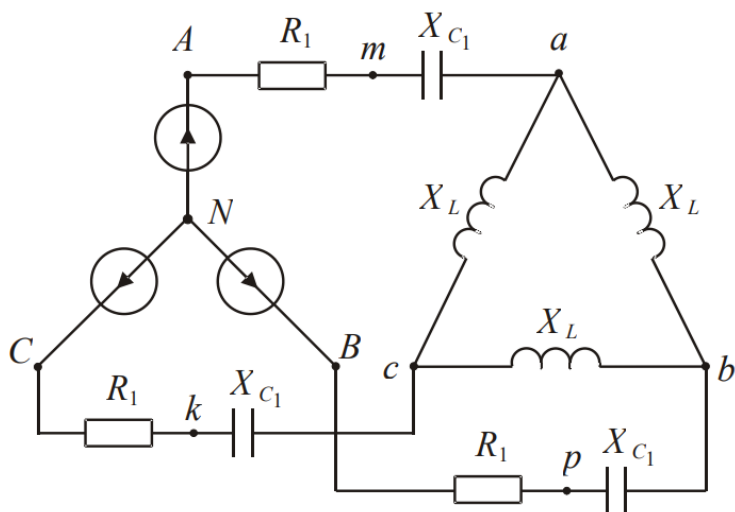
Вариант № 4



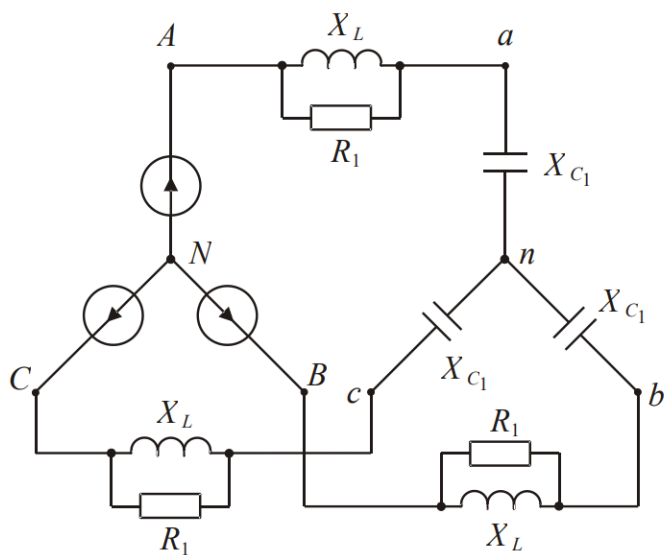
Вариант № 5



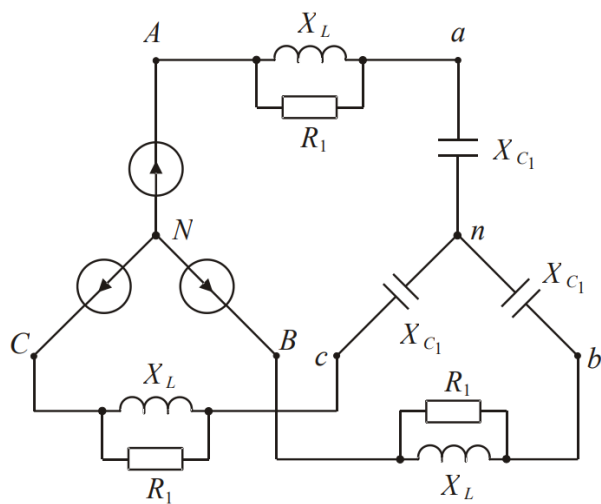
Вариант № 6



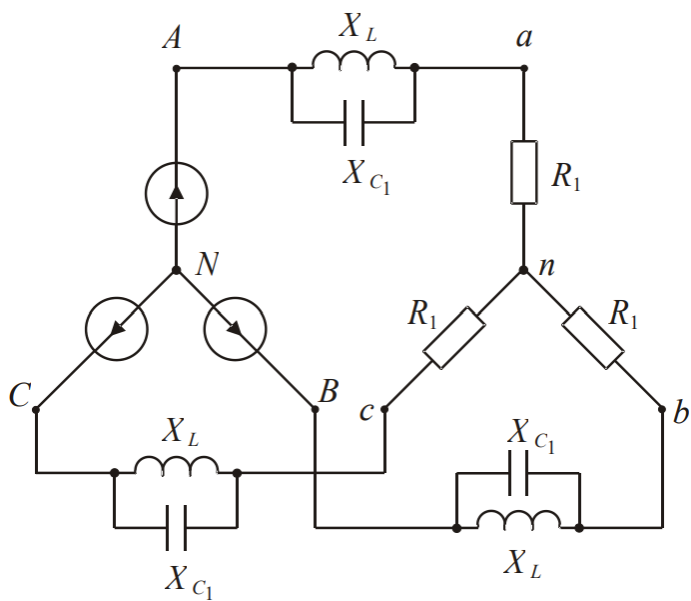
Вариант № 7



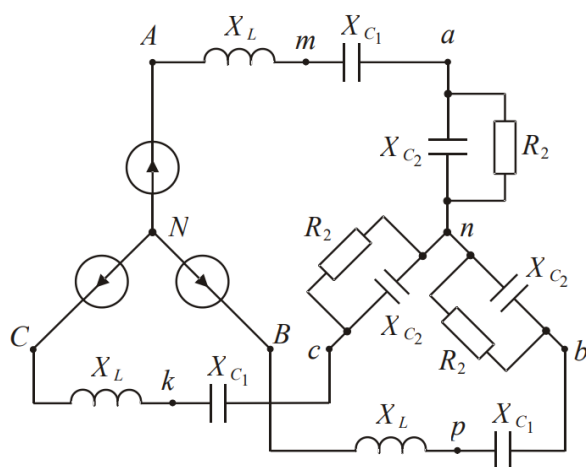
Вариант № 8



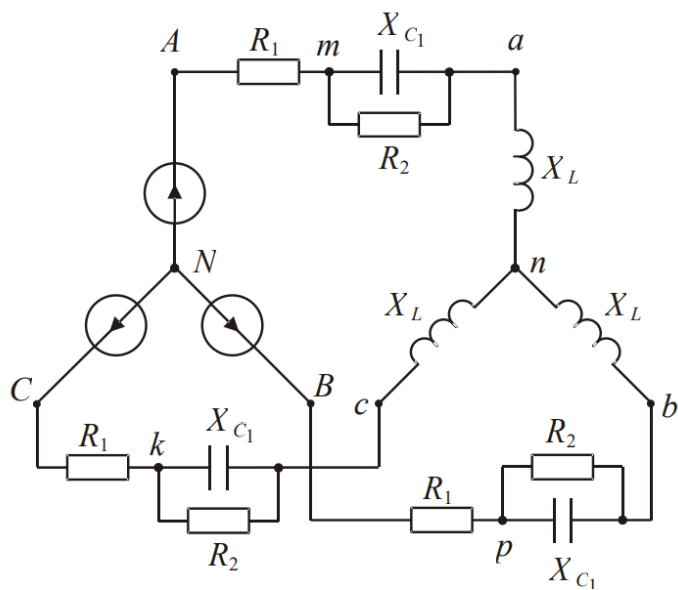
Вариант № 9



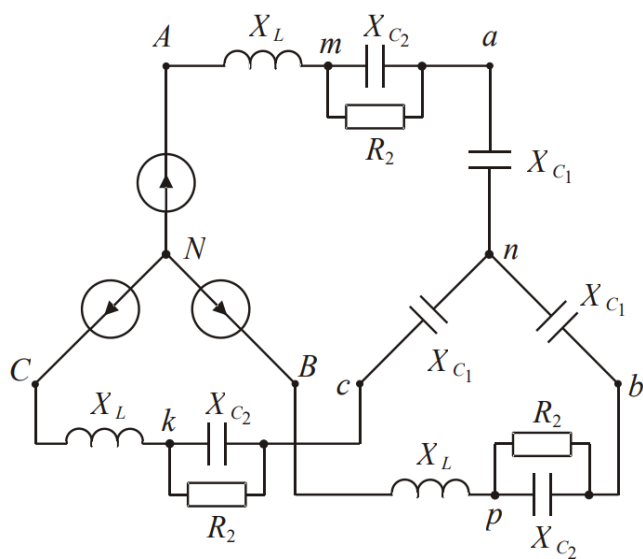
Вариант № 10



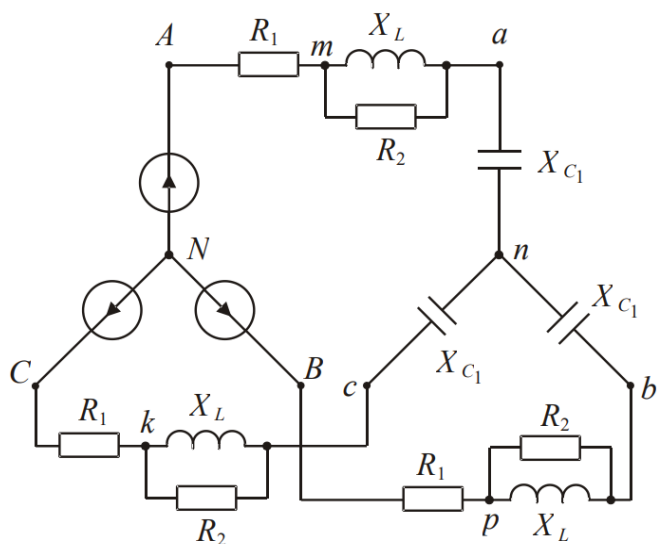
Вариант № 11



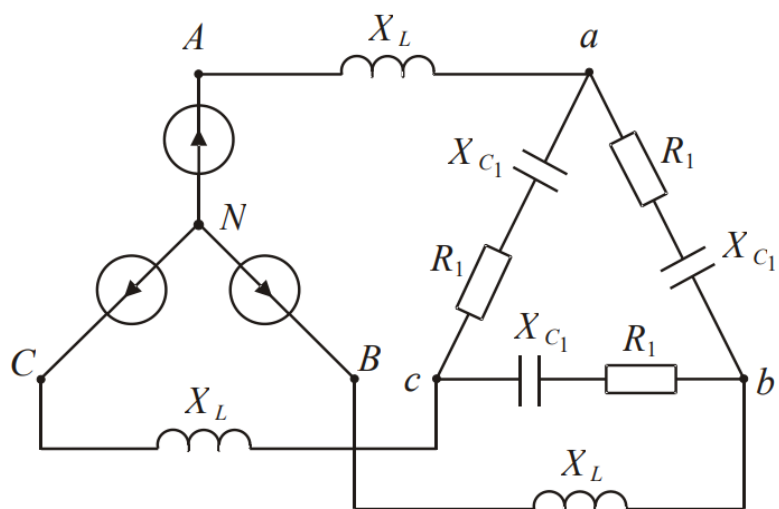
Вариант № 12



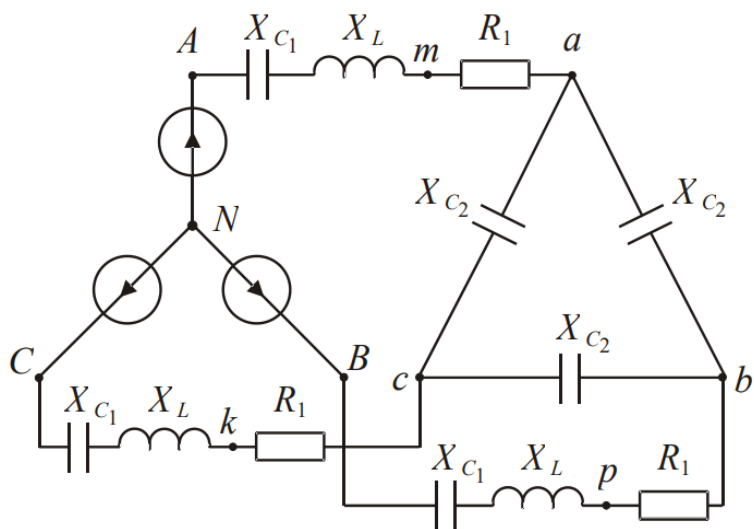
Вариант № 13



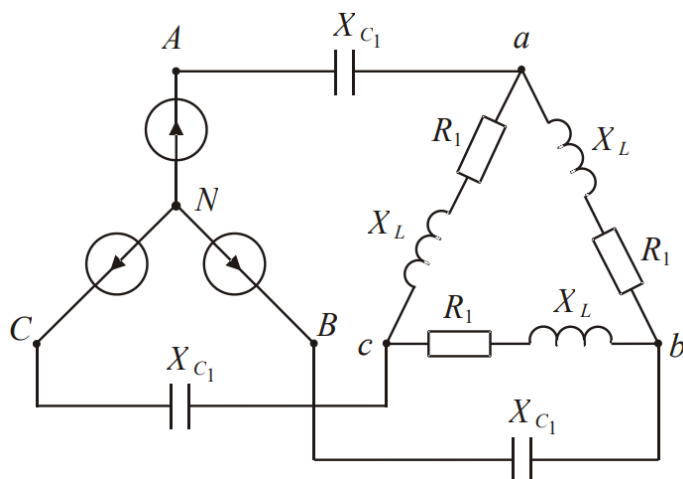
Вариант № 14



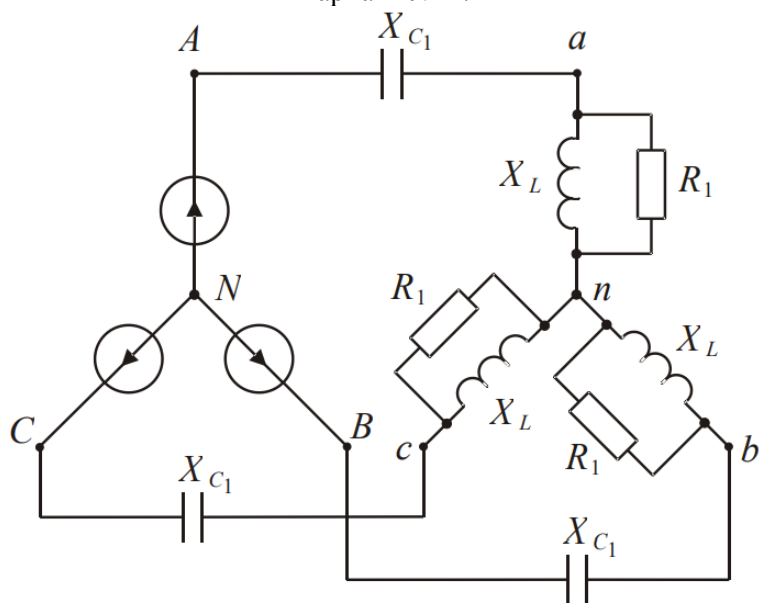
Вариант № 15



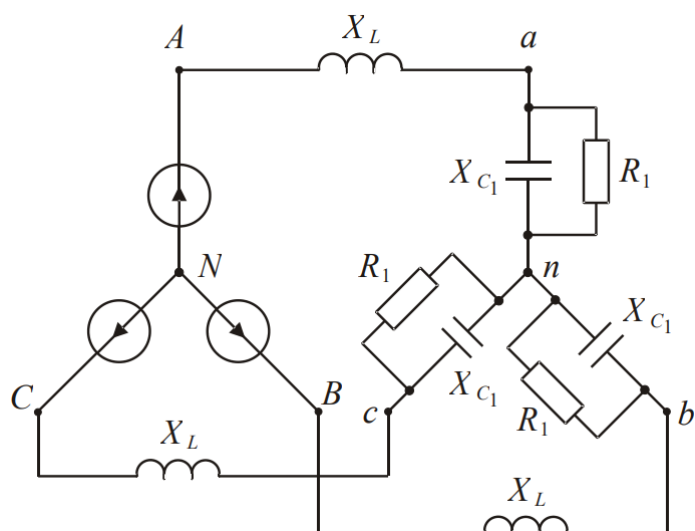
Вариант № 16



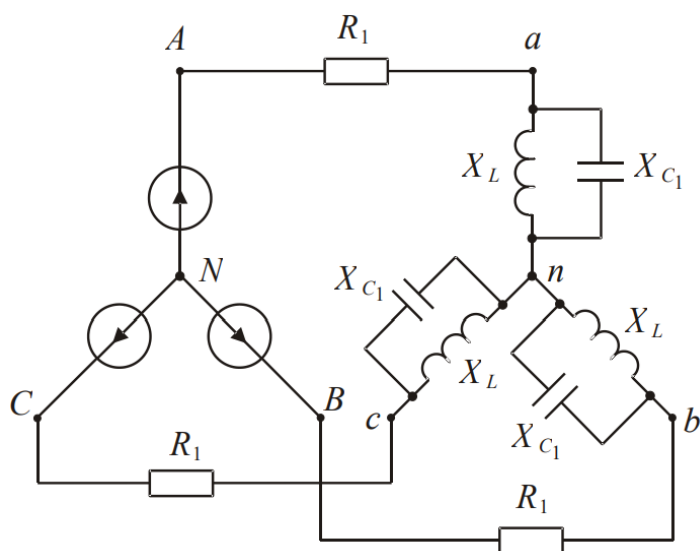
Вариант № 17



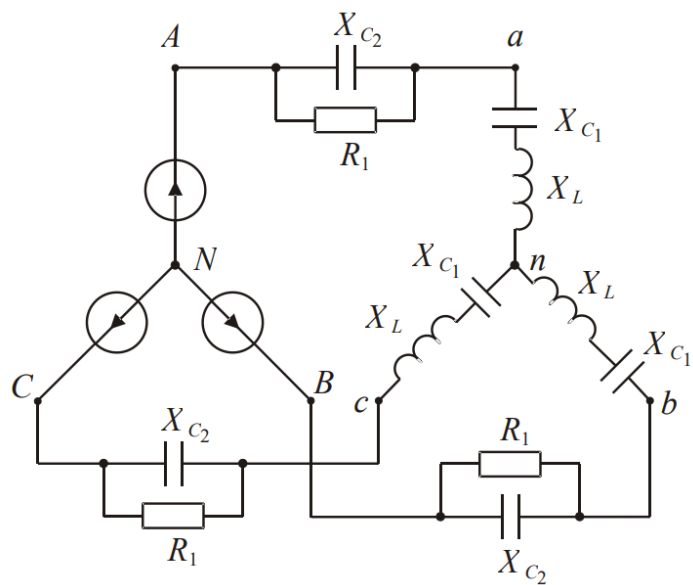
Вариант № 18



Вариант № 19



Вариант №20



Список литературы

1. Теоретические основы электротехники. Сборник задач : учебное пособие для вузов / Л. А. Бессонов [и др.] ; ответственный редактор Л. А. Бессонов. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 528 с.
2. Острецов, В. Н. Электропривод и электрооборудование : учебник и практикум для вузов / В. Н. Острецов, А. В. Палицын. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 212 с.
3. Электротехника и электроника в 3 т. Том 2. Электромагнитные устройства и электрические машины : учебник и практикум для вузов / В. И. Киселев, Э. В. Кузнецов, А. И. Копылов, В. П. Лунин ; под общей редакцией В. П. Лунина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 184 с.
4. Электротехника и электроника в 3 т. Том 3. Основы электроники и электрические измерения : учебник и практикум для вузов / Э. В. Кузнецов, Е. А. Куликова, П. С. Культиасов, В. П. Лунин ; под общей редакцией В. П. Лунина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 234 с.
5. Миленина, С. А. Электротехника : учебник и практикум для вузов / С. А. Миленина, Н. К. Миленин ; под редакцией Н. К. Миленина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 263 с.

