

государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Златоустовский индустриальный колледж им. П. П. Аносова»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения контрольных работ

по дисциплине «Электротехника и электроника»

для студентов специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического
и электромеханического оборудования (по отраслям)»

2016

Методические указания по выполнению контрольных работ
«Электротехника и электроника»

Методические указания по выполнению контрольных работ
по дисциплине «Электротехника и электроника»
для студентов специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Составитель:

Войсковая Елена Юрьевна, преподаватель специальных дисциплин

Рекомендовано к использованию решением методического совета ГБПОУ «ЗлатИК им. П. П. Аносова»
протокол № ____ от ____ 20 ____ г.

Содержание

Введение	4
Общие указания к выполнению и оформлению контрольной работы	4
Контрольная работа 1 Расчет сложных цепей постоянного тока	5
Пример выполнения контрольной работы 1.	5
Варианты заданий для выполнения контрольной работы 1	8
Контрольная работа 2	
Расчёт смешанного соединения элементов в цепях переменного тока	12
Пример выполнения контрольной работы 2	12
Варианты заданий для выполнения контрольной работы 2	17
Контрольная работа 3	
Расчёт аварийных режимов работы в трёхфазных цепях	21
Пример выполнения контрольной работы 3	21
Варианты заданий для выполнения контрольной работы 3	25

Введение

Задачей контрольных работ является систематизация и обобщение ранее изученного материала, применение теоретических знаний для расчёта электрических цепей постоянного и переменного тока любой сложности.

Общие указания к выполнению и оформлению контрольной работы

1. Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клетку, условие задачи переписывается полностью.
2. Схемы, векторные диаграммы и графики выполняются карандашом с применением чертежных инструментов. При выполнении схем следует пользоваться условными графическими обозначениями.
3. Решение задач необходимо сопровождать краткими и четкими пояснениями. Вычисления следует проводить с точностью до второго знака после запятой.
4. Обозначения электрических величин в тексте, в формулах, на векторных диаграммах и на электрических схемах должны быть одинаковы.
5. При решении задач следует пользоваться Международной системой единиц СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся после окончательного результата.
6. Векторные диаграммы должны быть построены в масштабе на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку. Принятый масштаб должен быть указан.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» - выполнены все пункты работы с соблюдением всех требований к оформлению;
- оценка «хорошо» - выполнены пункты работы, отмеченные «*» и «☼», с соблюдением всех требований к оформлению;
- оценка «удовлетворительно» - выполнены пункты работы, отмеченные «*», с соблюдением всех требований к оформлению;
- оценка «неудовлетворительно» - работа не выполнена

Контрольная работа 1 Расчет сложных цепей постоянного тока

Для сложной цепи постоянного тока необходимо:

- 1*. Составить систему уравнений по методу узловых и контурных уравнений.
- 2*. Составить систему уравнений по методу контурных токов
- 3[☼]. Рассчитать токи в ветвях одним из известных методов.
- 4*. Составить баланс мощности.
- 5[☼]. Выполнить проверку: записать уравнение по II закону Кирхгофа и подставить в него, полученные значения токов.
- 6[☼]. Определить показания вольтметров, используя метод узлового напряжения.
7. Построить потенциальную диаграмму для любого контура, содержащего два источника ЭДС.

Схемы для расчета на рисунке 1.5 – 1.7, числовые значения для расчёта в таблице 3.

Пример выполнения контрольной работы 1.

Дано:

$E_1 = 60\text{В}$, $E_2 = 50\text{В}$, $E_3 = 40\text{В}$, $E_4 = 30\text{В}$, $R_1 = 2\text{Ом}$, $R_2 = 4\text{Ом}$, $R_3 = 1\text{Ом}$, $R_4 = 5\text{Ом}$, $R_5 = 10\text{Ом}$, $R_6 = 8\text{Ом}$, $R_7 = 3\text{Ом}$, схема рисунок 1.1.

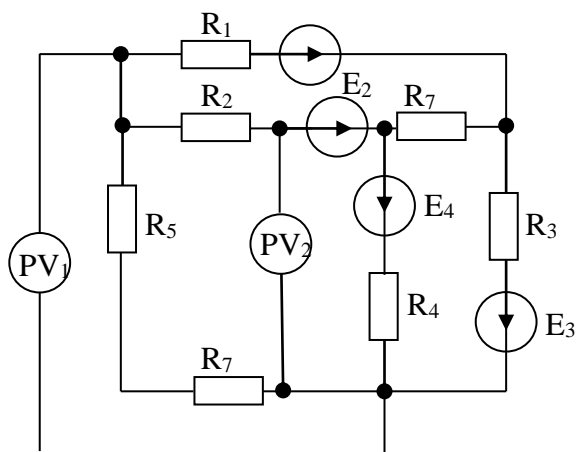


Рисунок 1.1 – Схема для расчета

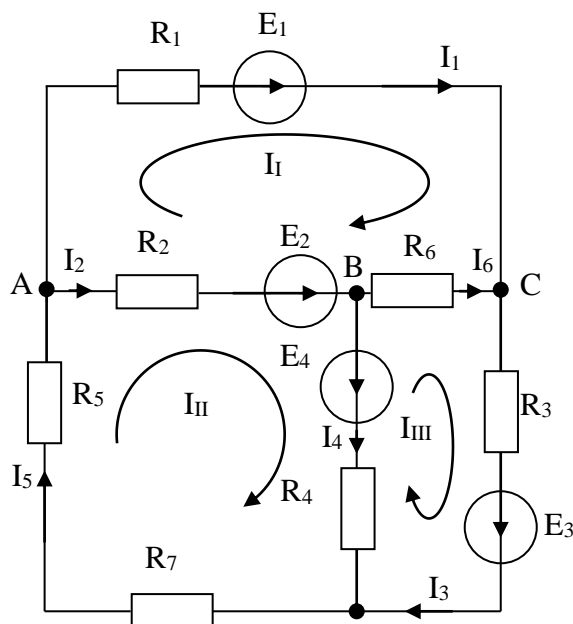


Рисунок 1.2 – Схема для определения токов в ветвях

1. Задать направление токов в ветвях и направление обхода в каждом независимом контуре (рисунок 1.2).

2. Составить систему уравнений по методу узловых и контурных уравнений. Система уравнений для данной схемы содержит 3 узловых и 3 контурных уравнения:

$$\begin{cases} I_2 - I_4 - I_6 = 0 \\ I_1 - I_3 + I_6 = 0 \\ I_3 + I_4 - I_5 = 0 \\ E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 - I_6 R_6 \\ E_2 + E_4 = I_2 R_2 + I_4 R_4 + I_5 (R_5 + R_7) \\ E_3 - E_4 = I_3 R_3 - I_4 R_4 + I_6 R_6 \end{cases} \quad (1.1)$$

3. Составить систему уравнений по методу контурных токов.

3.1. Задать направление контурных токов и выразить основные токи через контурные

$$\begin{aligned} I_1 &= I_I, I_2 = I_I - I_{II}, \\ I_3 &= I_{III}, I_4 = I_{II} - I_{III}, \\ I_5 &= I_{II}, I_6 = I_{III} - I_I \end{aligned} \quad (1.2)$$

3.2. Составить систему уравнений по методу контурных токов. Система уравнений для данной схемы содержит 3 контурных уравнения

$$\begin{cases} E_1 - E_2 = I_I (R_1 + R_2 + R_6) - I_{II} R_2 - I_{III} R_6 \\ E_2 + E_4 = I_{II} (R_2 + R_4 + R_5 + R_7) - I_I R_2 - I_{III} R_4 \\ E_3 - E_4 = I_{III} (R_3 + R_4 + R_6) - I_I R_6 - I_{II} R_4 \end{cases} \quad (1.3)$$

Решить систему относительно контурных токов и определить основные токи в ветвях любым известным математическим способом

$$\begin{cases} 10 = I_I \cdot 14 - I_{II} \cdot 4 - I_{III} \cdot 8 \\ 80 = -I_I \cdot 4 + I_{II} \cdot 22 - I_{III} \cdot 5 \\ 10 = -I_I \cdot 8 - I_{II} \cdot 5 + I_{III} \cdot 14 \end{cases} \quad (1.4)$$

Таблица 1 – Значения основных токов в ветвях

I_I, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A
6,2039	0,0348	6,4875	-0,2487	6,2388	0,2836

4. Составить баланс мощности

Источник ЭДС E_4 является потребителем, так как ток в ветви с сопротивлением R_4 имеет отрицательное значение

$$\sum P_H = E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 - E_4 I_4 \quad (1.5)$$

$$\Sigma P_H = 60 \cdot 6,2039 + 50 \cdot 0,0348 + 40 \cdot 6,4875 - 30 \cdot 0,2487 = 626,02 \text{ Вт}$$

$$\Sigma P_H = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 (R_5 + R_7) + I_6^2 R_6 \quad (1.6)$$

$$\Sigma P_{\Pi} = 6,2039^2 \cdot 2 + 0,0348^2 \cdot 4 + 6,4875^2 \cdot 1 + 0,2487^2 \cdot 5 + 6,2388^2 \cdot 13 + 0,2836^2 \cdot 8 = 626,02 \text{ Вт}$$

5. Определить показания вольтметров используя метод узлового напряжения.

5.1. Показания вольтметра PV1 – это узловое напряжение U_{AD}

$$U_{AD} = E_2 - I_2 R_2 + E_4 + I_4 R_4 = -(-I_5(R_5 + R_7)) \quad (1.7)$$

$$U_{AD} = 50 - 0,034815 \cdot 4 + 30 + 0,248762 \cdot 5 = -(-6,238813 \cdot 13) = 81,1 \text{ В}$$

5.2. Показания вольтметра PV2 – это узловое напряжение U_{KD}

$$U_{KD} = E_2 - (-E_4 - I_4 R_4) = -(-I_2 R_2) - (-I_5(R_5 + R_7)) \quad (1.8)$$

$$U_{KD} = 50 + 30 + 0,248762 \cdot 5 = -(-0,034815 \cdot 4) - (-6,238813 \cdot 13) = 81,24 \text{ В}$$

6. Построить потенциальную диаграмму для контура, содержащего два источника ЭДС (рисунок 1.3).

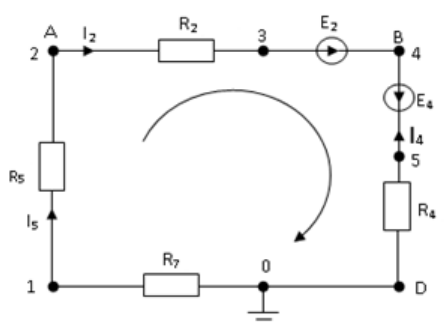


Рисунок 1.3 – Схема для построения потенциальной диаграммы

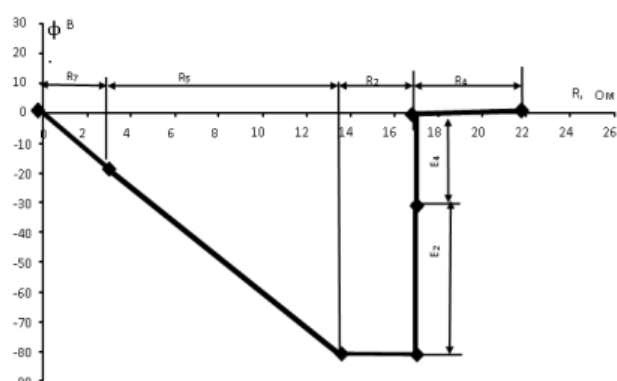


Рисунок 1.4 – Потенциальная диаграмма для контура АВДА

Определить потенциалы точек цепи из разности потенциалов на участках цепи (падения напряжения), приняв потенциал точки О равным нулю.

Результаты расчёта приведены в таблице 2. Потенциальная диаграмма приведена на рисунке 1.4.

Таблица 2 – Результаты расчёта для построения потенциальной диаграммы

$\varphi_0 - \varphi_1 = I_5 R_7 = 6,2388 \cdot 3 = 18,7164 \text{ В}$	$\varphi_1 = -18,7164 \text{ В}$
$\varphi_1 - \varphi_2 = I_2 R_5 = 6,2388 \cdot 10 = 62,3883 \text{ В}$	$\varphi_2 = -81,1044 \text{ В}$
$\varphi_2 - \varphi_3 = I_2 R_2 = 0,0348 \cdot 4 = 0,1392 \text{ В}$	$\varphi_3 = -81,2436 \text{ В}$
$\varphi_3 - \varphi_4 = -E_2 = -50 \text{ В}$	$\varphi_4 = -31,2426 \text{ В}$
$\varphi_4 - \varphi_5 = -E_4 = -30 \text{ В}$	$\varphi_5 = -1,2436 \text{ В}$
$\varphi_5 - \varphi_0 = -I_4 R_4 = -0,2487 \cdot 5 = -1,2436 \text{ В}$	$\varphi_0 = 0$

Варианты заданий для выполнения контрольной работы 1

Таблица 3 – Числовые значения для выполнения контрольной работы 1

Вариант	Сопротивление, Ом								ЭДС, В				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
1	5	5	6	5	12	4	2	4	50	40	30	20	15
2	3	4	4	8	4	8	10	6	20	30	40	50	60
3	5	5	6	6	2	12	9	8	50	40	30	20	40
4	8	5	4	4	6	2	7	10	50	30	40	50	30
5	3	4	4	8	4	8	6	4	20	30	20	50	30
6	4	4	5	6	7	2	3	3	40	50	50	30	15
7	3	4	4	8	4	8	6	4	20	30	40	50	60
8	2	3	4	7	4	6	4	8	30	40	50	60	20
9	5	5	6	6	2	2	4	9	50	40	30	25	30
10	8	5	4	4	6	2	6	4	50	30	20	40	30
11	2	3	4	6	4	7	4	8	30	40	50	60	20
12	2	3	4	6	4	7	4	6	40	50	30	60	20
13	2	3	4	9	4	6	5	9	20	40	30	10	15
14	8	5	4	4	6	2	3	4	50	30	40	20	25
15	5	5	6	6	2	2	4	9	50	40	30	20	10
16	4	4	5	5	3	6	3	5	40	50	50	40	30
17	2	3	4	9	4	7	6	8	30	40	50	60	20
18	3	4	4	9	4	8	7	2	20	30	40	50	20
19	4	5	7	9	6	4	6	4	40	35	28	10	12
20	5	6	8	10	7	5	3	2	30	44	50	8	60
21	7	8	10	12	9	7	1	3	40	20	10	30	70
22	2	3	5	7	4	2	8	1	50	30	80	44	22
23	3	4	6	8	5	3	4	9	60	50	40	55	30
24	4	2	1	3	4	7	10	12	20	30	45	55	60
25	3	1	2	4	6	8	8	10	25	35	40	50	60
26	4	6	8	10	3	5	7	9	20	25	30	40	50
27	5	6	4	3	7	8	2	1	20	40	25	35	50
28	2	3	4	5	1	3	8	10	40	50	25	30	15
29	3	4	2	5	1	6	8	10	40	25	35	15	60
30	4	3	4	3	4	3	4	3	20	10	20	10	20
31	8	7	6	5	4	3	2	1	40	50	60	70	80
32	10	9	8	7	6	5	4	3	50	30	20	30	50
33	1	6	2	7	3	8	4	9	60	90	100	90	60

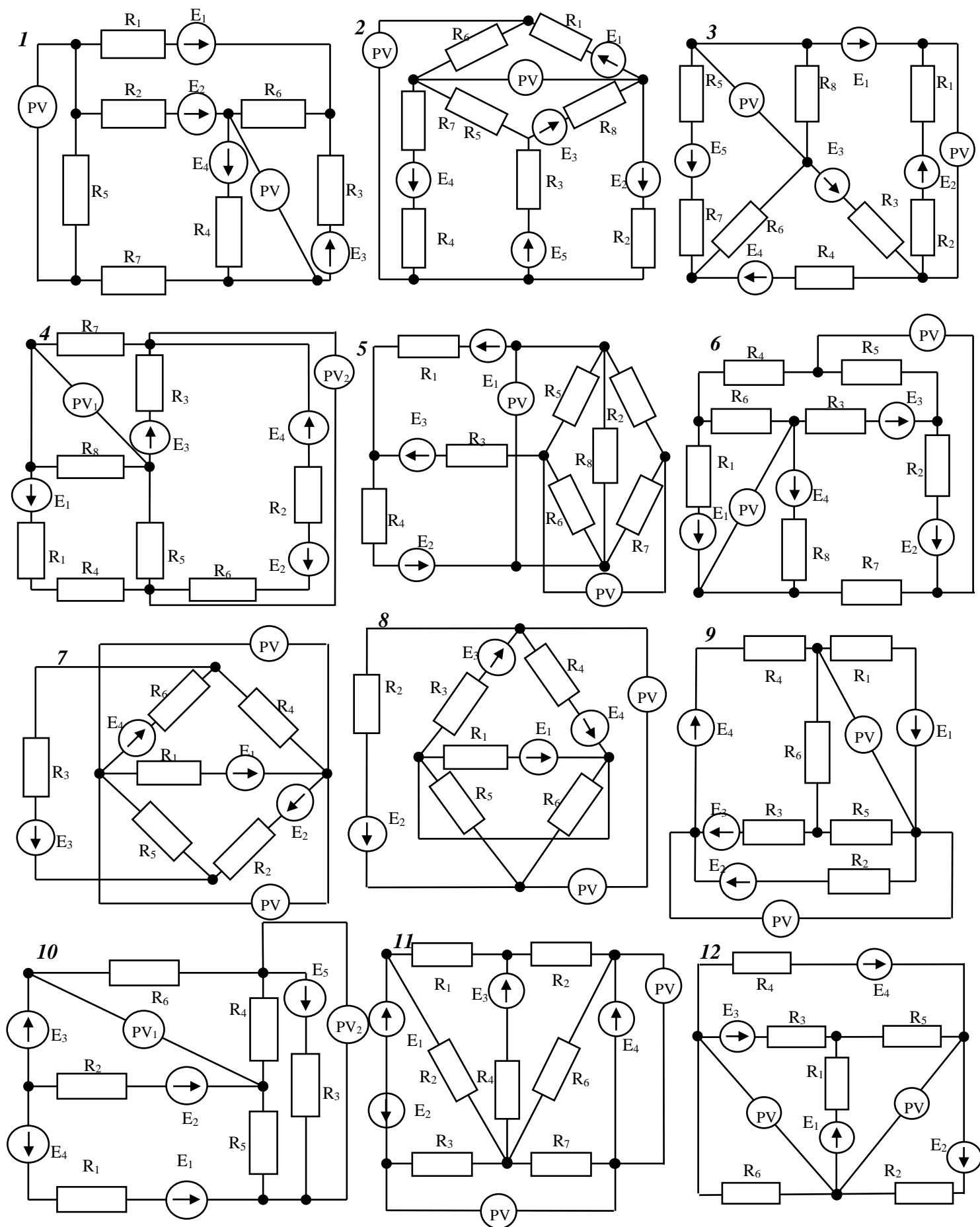


Рисунок 1.5 – Схемы для выполнения контрольной работы 1

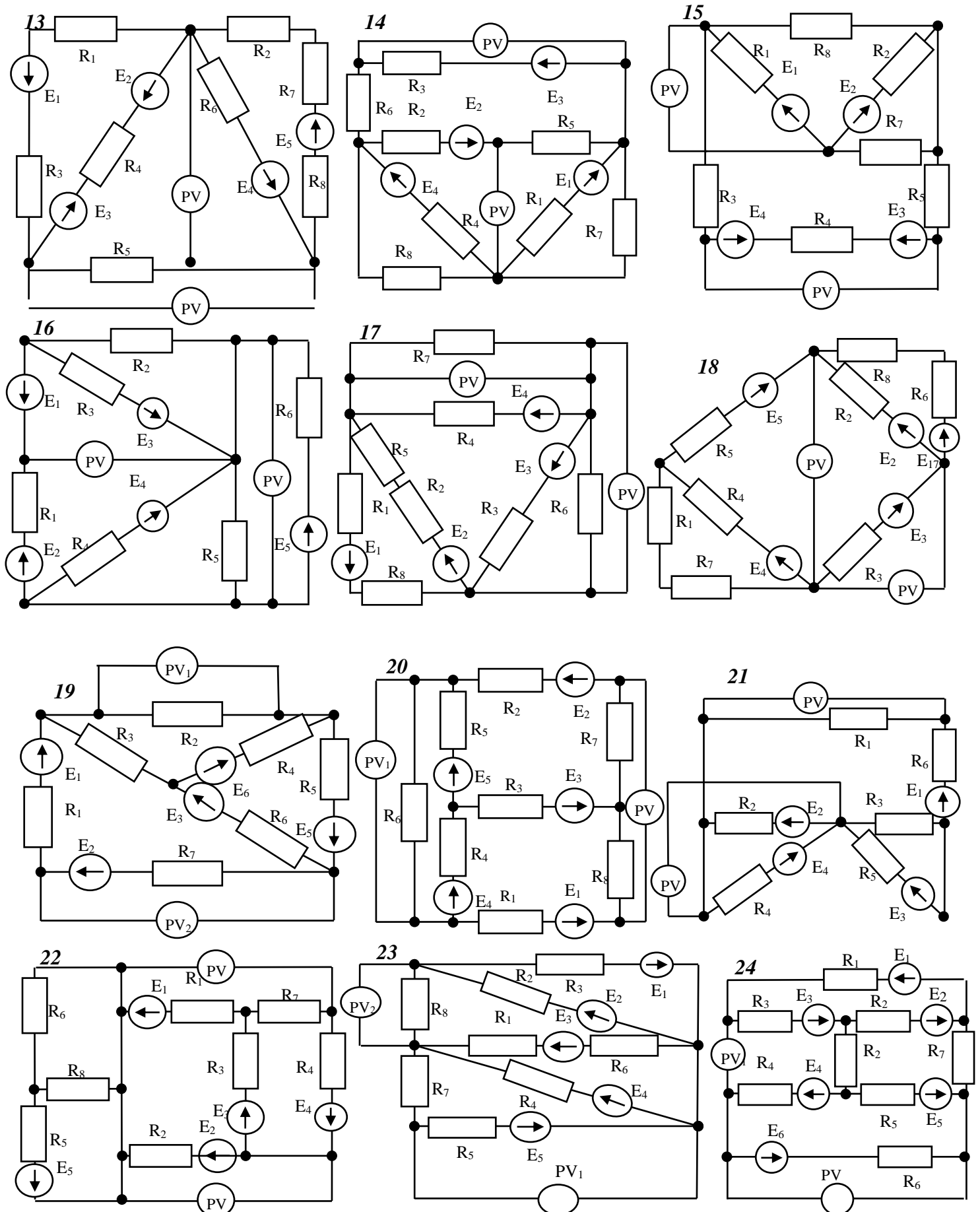


Рисунок 1.6 – Схемы для выполнения контрольной работы 1

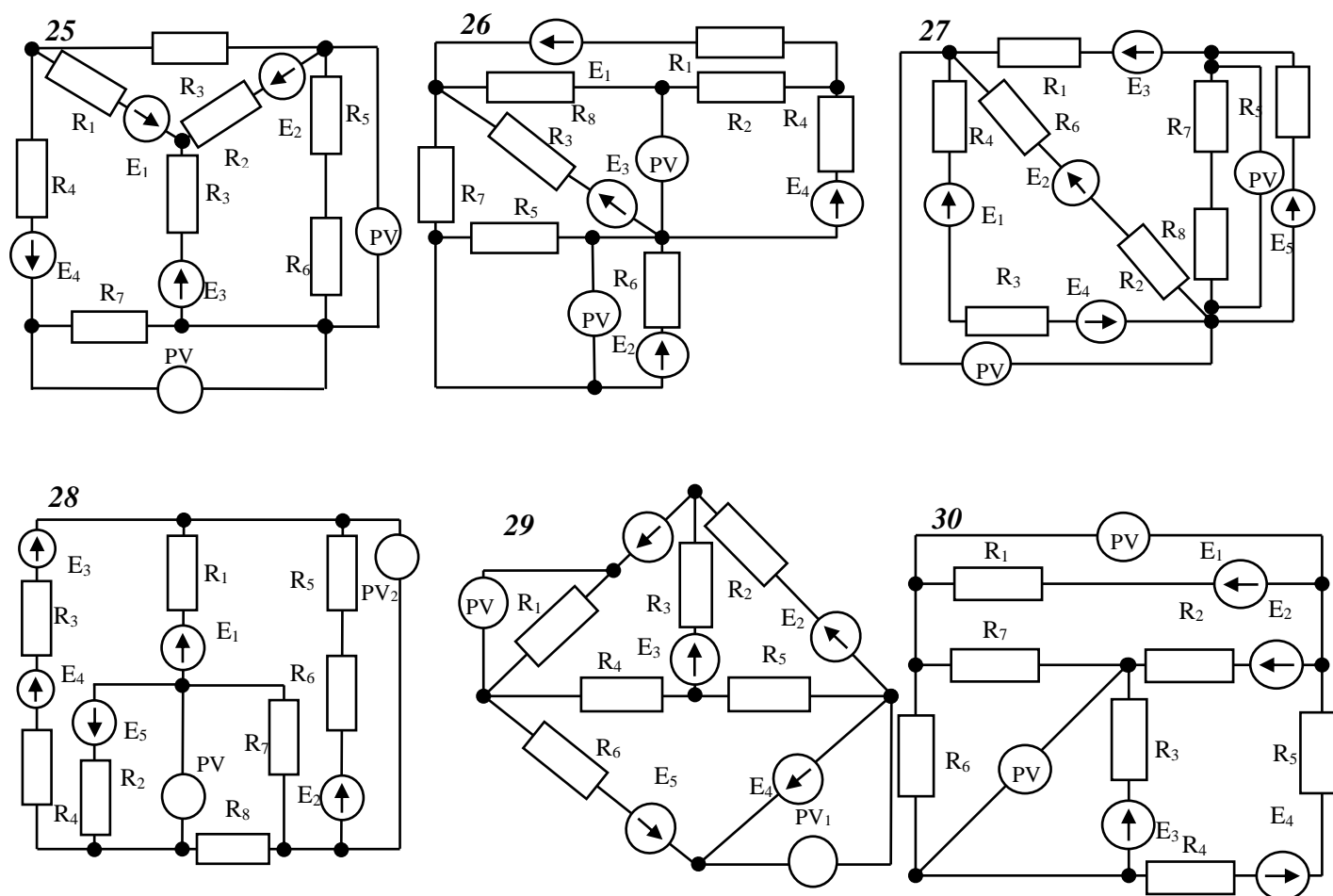


Рисунок 1.7 – Схемы для выполнения контрольной работы 1

Контрольная работа 2

Расчёт смешанного соединения элементов в цепях переменного тока

В процессе выполнения контрольной работы необходимо:

- 1*. Определить индуктивное, ёмкостное и полное сопротивление ветвей.
- 2*. Определить активную, реактивную и полную проводимость параллельных ветвей.
- 3*. Определить активное, реактивное и полное сопротивление параллельных ветвей и всей цепи.
- 4[☼]. Определить составляющие токов параллельных ветвей и всей цепи.
- 5[☼]. Построить векторную диаграмму токов и напряжений цепи.
6. Определить сдвиг фаз между током и напряжением на входе цепи и между напряжением на параллельном участке цепи и токами в ветвях.
7. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность цепи и отдельных ветвей.

Схемы для расчёта приведены на рисунке 2.5 – 2.7, числовые значения в таблице 7.

Пример выполнения контрольной работы 2

Дано:

$R_1 = 10\text{ Ом}; L_1 = 10\text{ мГн}; C_1 = 400\text{ мкФ}; R_2 = 20\text{ Ом}; L_2 = 20\text{ мГн}; C_2 = 300\text{ мкФ};$

$L_3 = 10\text{ мГн}; I_1 = 2\text{ А}; f = 50\text{ Гц};$ схема рисунок 2.1

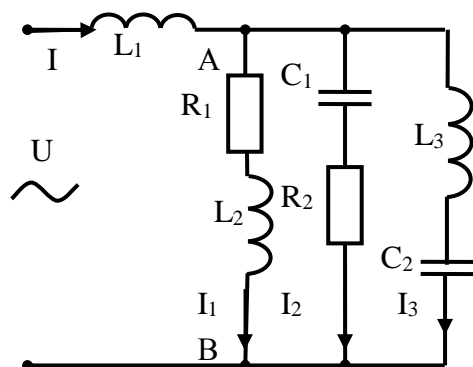


Рисунок 2.1– Схема для расчёта

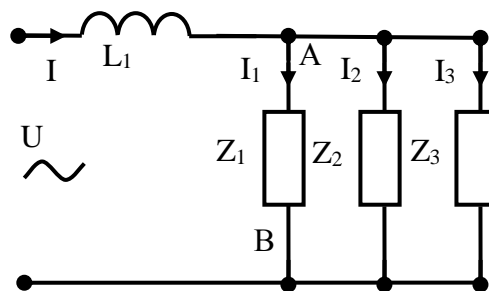


Рисунок 2.2 – Преобразованная схема

1. Определить индуктивное, ёмкостное и полное сопротивление каждой из ветвей

1.1 Индуктивное сопротивление

$$x_L = 2\pi fL \quad (2.1)$$

$$x_{L1} = 2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 3.14\text{ Ом}, \quad x_{L2} = 2\pi \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 6.28\text{ Ом}, \quad x_{L3} = 2\pi \cdot 50 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 4.71\text{ Ом}$$

1.2 Ёмкостное сопротивление

$$x_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.2)$$

$$x_{c1} = \frac{10^6}{2\pi \cdot 50 \cdot 400} = 7.96 \text{ Ом}, \quad x_{c2} = \frac{10^6}{2\pi \cdot 50 \cdot 300} = 10.62 \text{ Ом}$$

1.3 Полное сопротивление ветви

$$z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2} \quad (2.3)$$

$$z_1 = \sqrt{1^2 + 6.28^2} = 6.359 \text{ Ом} \quad z_2 = \sqrt{2^2 + (-7.96)^2} = 8.207 \text{ Ом} \quad z_3 = \sqrt{(4.71 - 10.62)^2} = 5.91 \text{ Ом}$$

2. Определить активную, реактивную и полную проводимость параллельных ветвей

2.1 Активная проводимость

$$g = \frac{R}{z^2} \quad (2.4)$$

$$g_1 = \frac{1}{6.359^2} = 0.02476 \text{ См}, \quad g_2 = \frac{1}{8.207^2} = 0.02969 \text{ См}, \quad g_3 = \frac{0}{5.91^2} = 0 \text{ См}$$

$$g_{123} = g_1 + g_2 + g_3 \quad g_{123} = 0.02476 + 0.02969 = 0.05445 \text{ См}$$

2.2 Реактивная проводимость

$$b = \frac{x_L - x_C}{z^2} \quad (2.5)$$

$$b_1 = \frac{6.28}{6.359^2} = 0.155 \text{ См} \quad b_2 = \frac{-7.96}{8.207^2} = -0.11818 \text{ См} \quad b_3 = \frac{4.71 - 10.62}{5.91^2} = -0.1692 \text{ См}$$

$$b_{123} = \pm b_1 \pm b_2 \pm b_3 \quad b_{123} = 0.155 - 0.11818 - 0.1692 = -0.13238 \text{ См}$$

2.3 Полная проводимость параллельных участков

$$y = \sqrt{g^2 + (\pm b)^2} \quad (2.6)$$

$$y_{123} = \sqrt{0.05445^2 + (-0.13238)^2} = 0.14314 \text{ См}$$

3. Определить активное, реактивное и полное сопротивление параллельного участка

$$R_{123} = \frac{g_{123}}{y_{123}^2}, \quad x_{123} = \frac{\pm b_{123}}{y_{123}^2} \quad (2.7)$$

$$R_{123} = \frac{0.05445}{0.14314^2} = 2.6619 \text{ Ом}$$

$$x_{123} = \frac{-0.13238}{0.14314^2} = -6.461 \text{ Ом}$$

$$z_{123} = \sqrt{2.6619^2 + (-6.461)^2} = 6.9878 \text{ Ом}$$

4. Определить активное, реактивное и полное сопротивление всей цепи рисунок 2.3

$$R = R_{\text{вх}} + R_{123} \quad R = 2.6619 \text{ Ом}$$

$$x = \pm x_1 \pm x_{123} \quad x = 3.14 - 6.461 \text{ Ом}$$

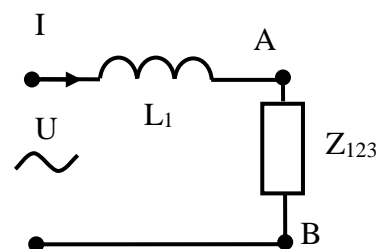


Рисунок 2.3 – Схема для определения общего сопротивления цепи

$$z = \sqrt{2.6619^2 + (-3.321)^2} = 4.2561 \text{ Ом}$$

5. Определить величину тока и напряжения отдельных ветвей с учётом зависимостей, приведённых в таблице 5.

Таблица 5 – Варианты определения параметров схемы

Условие задачи	Схема решения
I. Дано: I, z, z_{123} Найти: U, U_{ab}, I_1, I_2, I_3	$U = I \cdot z, \quad U_{ab} = I \cdot z_{123}, \quad I_1 = \frac{U_{ab}}{z_1}, \quad I_2 = \frac{U_{ab}}{z_2}, \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{z_3}$
II. Дано: U, z, z_{123} Найти: I, U_{ab}, I_1, I_2, I_3	$I = \frac{U}{z}, \quad U_{ab} = I \cdot z_{123}, \quad I_1 = \frac{U_{ab}}{z_1}, \quad I_2 = \frac{U_{ab}}{z_2}, \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{z_3}$
III. Дано: U_{ab}, z, z_{123} Найти: U, I, I_1, I_2, I_3	$U_{ab} : I = \frac{U_{ab}}{z_{123}}, \quad U = I \cdot z, \quad I_1 = \frac{U_{ab}}{z_1}, \quad I_2 = \frac{U_{ab}}{z_2}, \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{z_3}$
IV. Дано: I_2, z, z_{123} Найти: U, U_{ab}, I_1, I, I_3	$I_2 : U_{ab} = I_2 \cdot z_2, \quad I_1 = \frac{U_{ab}}{z_1}, \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{z_3}, \quad I = \frac{U_{ab}}{z_{123}}, \quad U = I \cdot z$

5.1 Т.к. По условию задачи задан ток ветви, поэтому недостающие данные определяем с учетом таблицы 5, случай IV.

$$U_{ab} = I_1 \cdot z_1, \quad I_2 = \frac{U_{ab}}{z_2}, \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{z_3}, \quad I = \frac{U_{ab}}{z_{123}}, \quad U = I \cdot z$$

$$U_{ab} = 2 \cdot 6.359 = 12.718 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{12.718}{8.207} = 1.549 \text{ А},$$

$$I_3 = \frac{12.718}{5.91} = 2.155 \text{ А}$$

$$I = \frac{12.718}{6.9878} = 1.82 \text{ А}$$

$$U = 1.82 \cdot 4.2561 = 7.7462 \text{ В}$$

5.2 Выполнить проверку, полученных значений через составляющие токов

$$I_A = U_{ab} \cdot g \quad (2.8)$$

$$I_{A1} = 12.718 \cdot 0.02476 = 0.31489 \text{ А}, \quad I_{A2} = 12.718 \cdot 0.02969 = 0.3776 \text{ А}, \quad I_{A3} = 0 \text{ А}$$

$$\Sigma I_A = I_{A1} + I_{A2} + I_{A3} \quad (2.9)$$

$$\Sigma I_A = 0.31489 + 0.3776 + 0 = 0.69248 \text{ А}$$

$$I_P = U_{ab} \cdot (\pm b), \quad (2.10)$$

$$I_{P1} = 12.718 \cdot 0.155 = 1.9713 \text{ А}, \quad I_{P2} = 12.718 \cdot (-0.11818) = -1.50301 \text{ А},$$

$$I_{P3} = 12.718 \cdot (-0.1692) = -2.15188 \text{ А},$$

$$\Sigma I_P = \pm I_{P1} \pm I_{P2} \pm I_{P3} \quad (2.11)$$

$$\Sigma I_P = 1.9713 - 1.50301 - 2.15188 = -1.6836 \text{ А}$$

$$I = \sqrt{I_A^2 + (\pm I_P^2)} \quad (2.12)$$

$$I_1 = \sqrt{0.31489^2 + 1.9713^2} = 1.99 \text{ А}, \quad I_2 = \sqrt{0.3776^2 + (-1.50301)^2} = 1.5497 \text{ А},$$

$$I_3 = \sqrt{0^2 + (-2,15188)^2} = 2,15188A, \quad I = \sqrt{0,69248^2 + (-1,6836)^2} = 1,82A$$

$$U_{L1} = I \cdot x_{L1} \quad (2.13)$$

$$U_{L1} = 1,82 \cdot 3,14 = 5,71B$$

6. Определить величину сдвига фаз между током и напряжением на входе

$$\varphi = \arctg \frac{\pm x}{R} \quad (2.14)$$

$$\varphi = \arctg \frac{3,14 - 6,461}{2,6619} = -51,3^\circ$$

7. Порядок построения векторной диаграммы для разветвлённой цепи

7.1 Определить длины векторов

Таблица 6 – Значение длин векторов для построения векторной диаграммы

Активная составляющая тока	Реактивная составляющая тока	Полный ток ветви	Напряжение
$l_{Ia1} = \frac{0,3149}{0,25} = 1,25см$	$l_{Ip1} = \frac{1,97}{0,25} = 7,8см$	$l_{I1} = \frac{2}{0,25} = 8см$	$l_{UAA} = \frac{12,7}{1} = 12,7см$
$l_{Ia2} = \frac{0,3776}{0,25} = 1,51см$	$l_{Ip2} = \frac{1,5}{0,25} = 6см$	$l_{I2} = \frac{1,55}{0,25} = 6,2см$	
	$l_{Ip3} = \frac{2,15}{0,25} = 8,6см$	$l_{I3} = \frac{2,15}{0,25} = 8,6см$	
$l_{Ia} = \frac{0,692}{0,25} = 2,768см$	$l_{Ip} = \frac{1,68}{0,25} = 6,7см$	$l_I = \frac{1,82}{0,25} = 7,28см$	$l_{UL1} = \frac{5,7}{1} = 5,7см$

7.2 Построение векторной диаграммы параллельных участков цепи:

- построить вектор узлового напряжения;
- отложить относительно вектора напряжения вектора составляющих токов в параллельных ветвях;
- определить вектор тока в каждой параллельной ветви графическим способом.

7.3 К векторной диаграмме параллельного участка добавляется векторная диаграмма неразветвленной части цепи:

- построить вектор напряжения последовательного участка относительно вектора общего тока;

- определить входное напряжение графическим сложением векторов узлового напряжения и напряжения на входе цепи.

Векторная диаграмма представлена на рисунке 2.4.

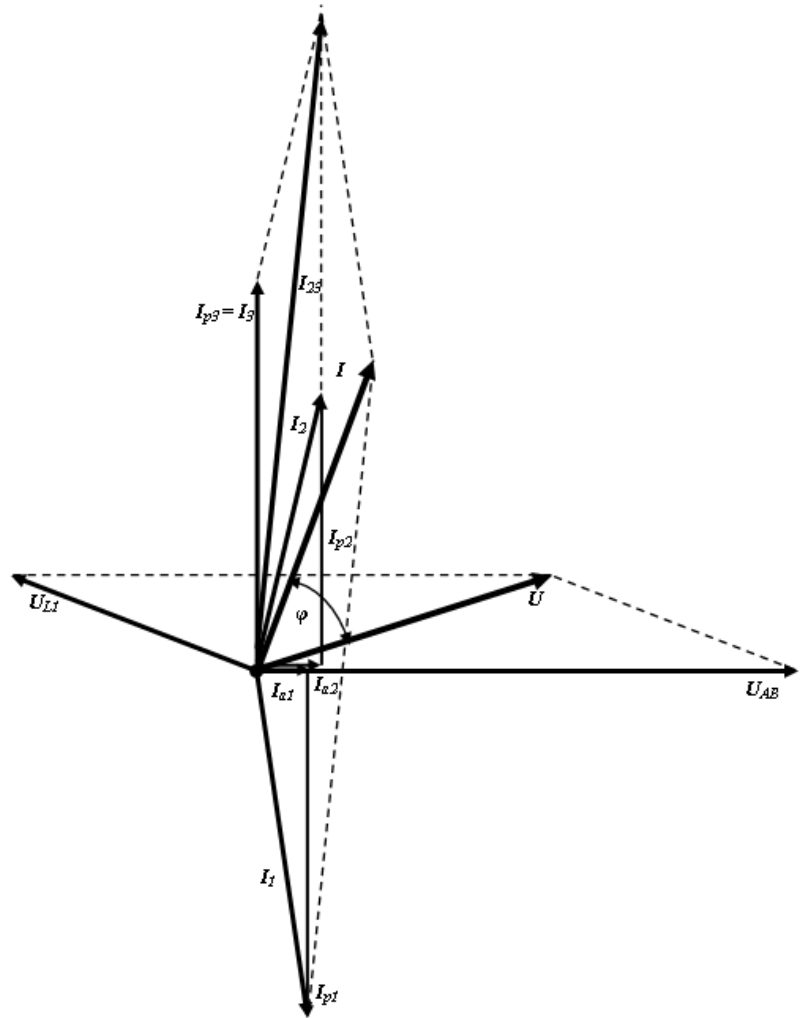


Рисунок 2.4– Векторная диаграмма токов и напряжений

Варианты заданий для выполнения контрольной работы 2

Таблица 7 – Числовые значения выполнения контрольной работы 2

Вариант	Сопротивление, Ом			Индуктивность, мГ			Емкость, мкФ			Входное напряжение, В
	R ₁	R ₂	R ₃	L ₁	L ₂	L ₃	C ₁	C ₂	C ₃	U _{ав}
1	2,3	3,4	4,8	23	10	24	300	300	456	124
2	6,5	3	4,8	12	11	22	400	222	734	242
3	5,9	5	3,6	13	10	22	200	134	856	145
4	3,7	2	4,9	22	14	10	438	453	830	126
5	4,8	6	6,8	24	26	16	457	678	496	117
6	5,8	4	5,6	12	24	13	234	487	328	180
7	2,4	8	3,1	14	22	12	345	563	630	200
8	4,2	2	6,3	25	14	12	543	689	785	136
9	4,4	4	2,9	11	24	22	678	400	398	240
10	7,8	6	1,7	10	28	13	452	255	284	255
11	4,5	3	5,8	20	12	21	340	377	946	188
12	3,4	8	4,4	16	20	16	564	475	749	124
13	6,8	5	3,5	14	26	27	386	186	295	250
14	4,6	3	8,7	13	22	24	749	400	385	140
15	2,4	5	4,5	18	24	15	145	600	896	148
16	7,5	8	2,1	26	10	26	500	700	396	260
17	8,0	2	6,4	24	12	10	600	300	375	200
18	5,6	5	3,3	15	20	15	700	530	968	100
19	3,5	3	6,4	24	15	27	400	560	547	170
20	3,8	8	4,5	16	22	29	375	420	324	180
21	7,6	5	2,4	10	26	11	486	670	563	135
22	5,2	4	6,1	20	18	20	264	260	859	260
23	4,2	7	4,3	10	23	22	486	660	396	221
24	2,6	3	3,9	15	39	11	826	346	865	100
25	8,4	9	5	16	22	25	456	284	438	120
26	5,4	4	6,1	13	27	27	628	356	648	160
27	3,5	6	4,3	15	22	12	638	739	894	145
28	2,4	2	7,3	21	14	13	930	296	400	123
29	6	7	5,9	25	22	14	482	506	300	214
30	5	9	4,5	23	26	15	475	368	486	216
31	4,6	4	2,4	22	17	16	284	600	800	133
32	3,6	3	7,4	26	10	17	594	530	432	188

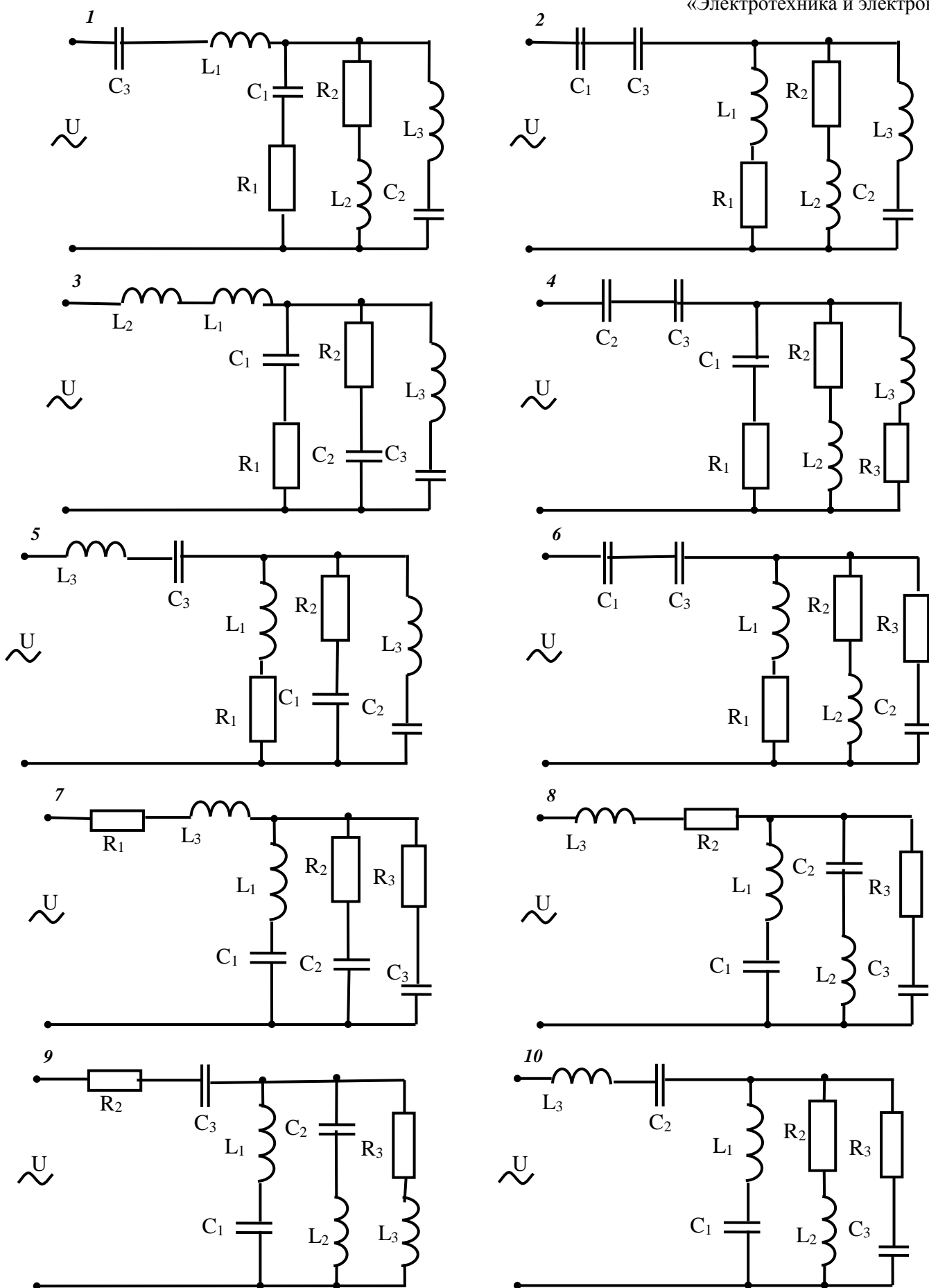


Рисунок 2.5 - Схемы для выполнения контрольной работы 2

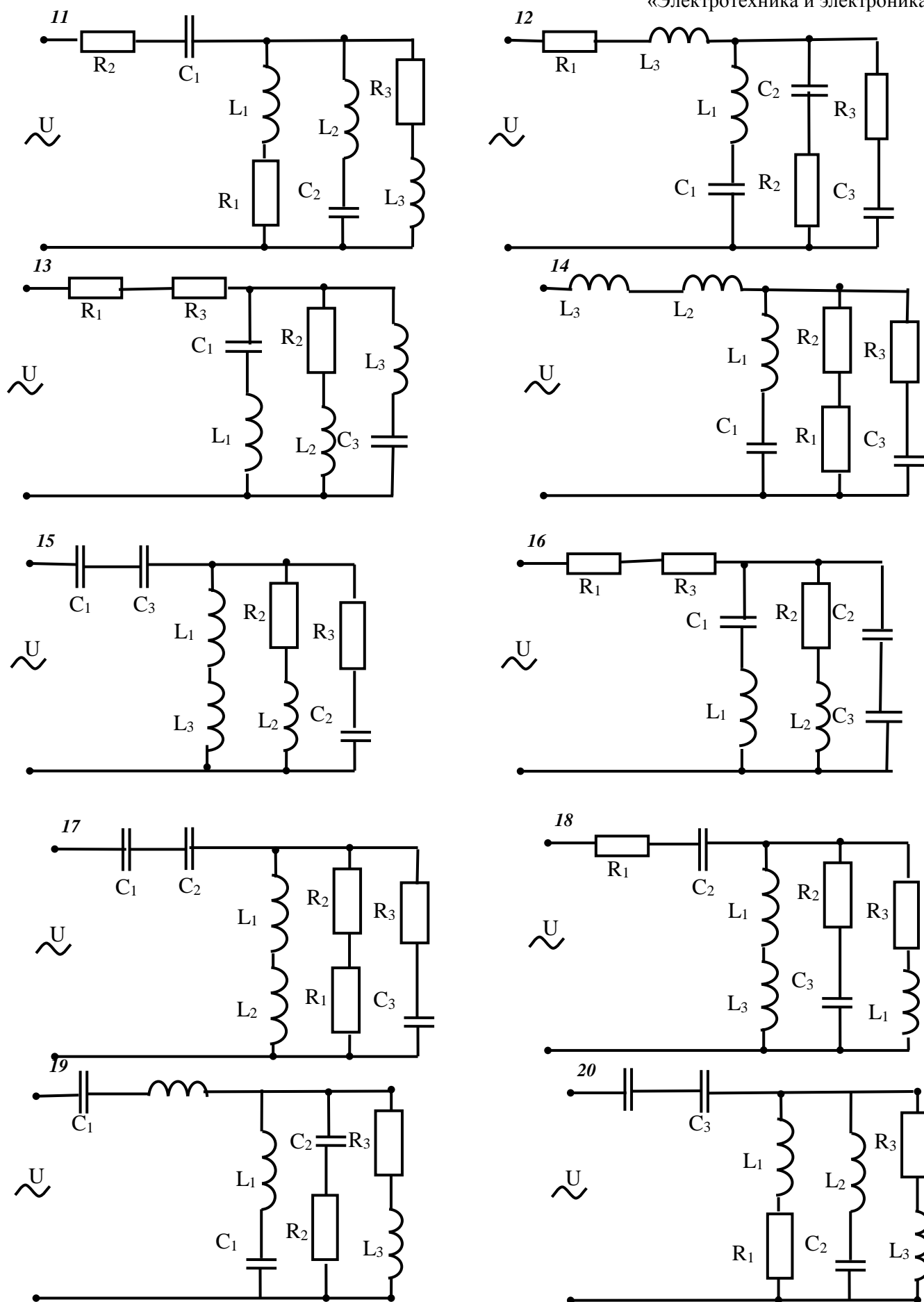


Рисунок 2.6 – Схемы для выполнения контрольной работы 2

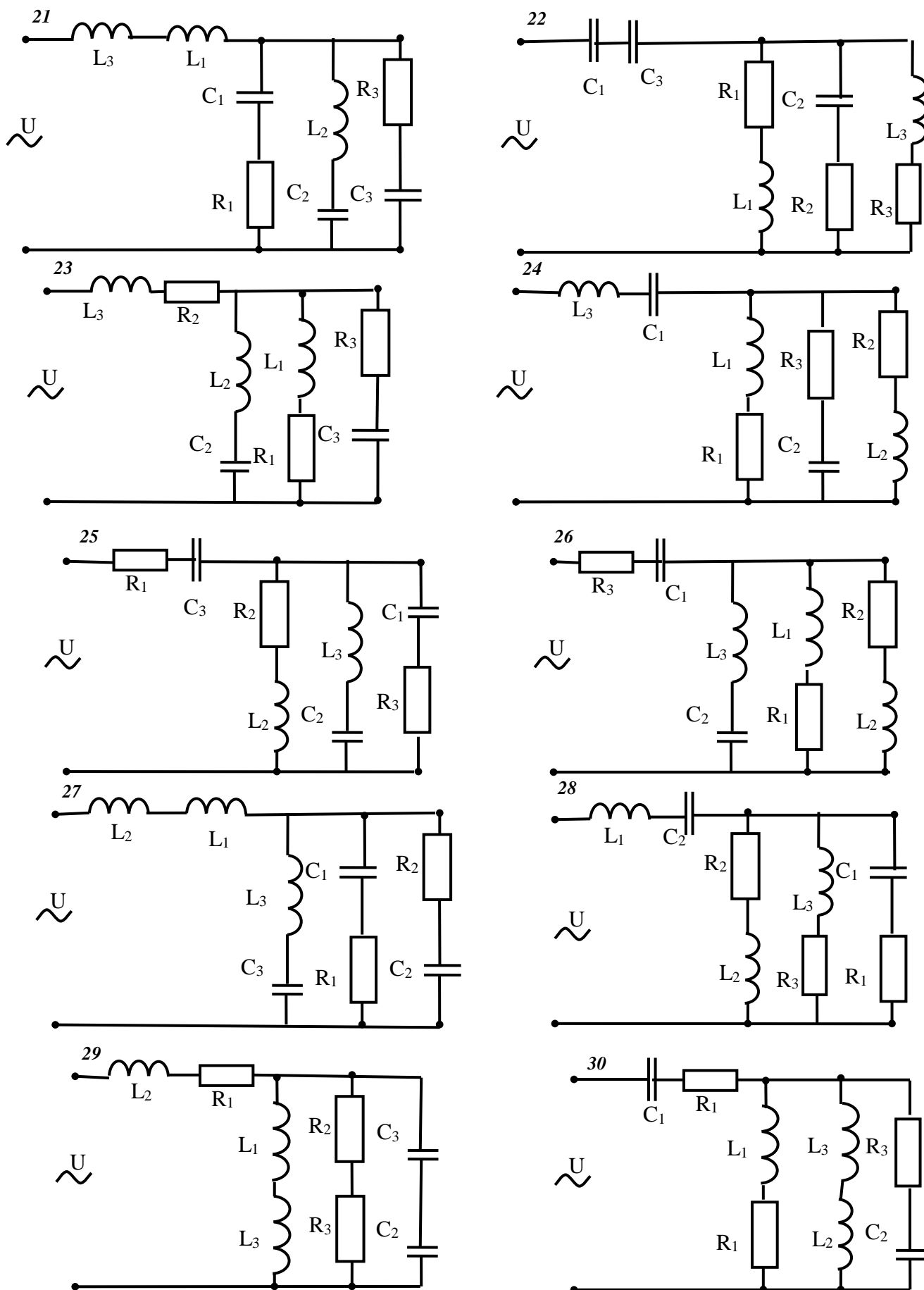


Рисунок 2.7 – Схемы для выполнения контрольной работы 2

Контрольная работа 3

Расчёт аварийных режимов работы в трёхфазных цепях

Необходимо:

- 1*. Составить схему для расчёта с учётом потребителей каждой фазы
- 2*. Рассчитать линейные, фазные токи и напряжения, ток в нулевом проводе при соединении нагрузки звездой для нормального режима работы;
- 3[☆]. Построить векторную диаграмму токов и топографическую напряжений для нормального режима работы.
4. Рассчитать мощность каждой фазы и всей цепи для нормального режима работы
- 5*. Составить схему для расчёта с учётом аварийного режима
- 6*. Рассчитать линейные, фазные токи и напряжения, ток в нулевом проводе при соединении нагрузки звездой для заданного аварийного режима работы.
- 7[☆]. Построить векторную диаграмму токов и топографическую напряжений для аварийного режима работы.
8. Рассчитать мощность каждой фазы и всей цепи для аварийного режима работы.

Пример выполнения контрольной работы 3

$$R_A = 50\text{ Ом}, x_A = -j60\text{ Ом}, R_B = 80\text{ Ом}, x_B = j40\text{ Ом}, R_C = 100\text{ Ом}, U_{\text{л}} = 380\text{ В}$$

Задано: Аварийный режим: - обрыв фазы В; короткое замыкание фазы С; обрыв нулевого провода

Определить: $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}, \dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C, \dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C, \dot{I}_{AB}, \dot{I}_{BC}, \dot{I}_{CA}; \text{ВД}$

Решение:

1. Рассчитать параметры нормального режима работы цепи.

1.1. Составить схему с учетом заданных сопротивлений для каждой фазы цепи (рисунок 3.1)

1.2. Рассчитать комплекс сопротивления каждой фазы

$$\underline{z}_A = 5 - j6 = 7,81e^{-j50,19}\text{ Ом},$$

$$\underline{z}_B = 8 + j40\text{ Ом} = 8,94e^{j26,56}\text{ Ом},$$

$$\underline{z}_C = 100\text{ Ом}$$

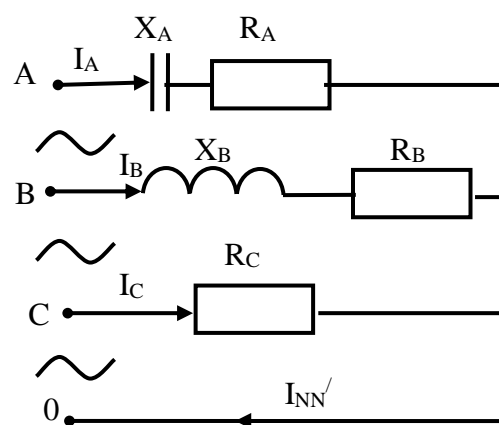


Рисунок 3.1 – Схема для расчета

1.3. Определить фазные напряжения цепи при условии, что начальная фаза напряжения фазы A равна нулю:

$$\begin{aligned}\dot{U}_A &= \frac{\dot{U}_L e^{j0}}{\sqrt{3}} & \dot{U}_B &= \frac{\dot{U}_L e^{-j120}}{\sqrt{3}} & \dot{U}_C &= \frac{\dot{U}_L e^{j120}}{\sqrt{3}} \\ \dot{U}_A &= \frac{380e^{j0}}{\sqrt{3}} = 220B \\ \dot{U}_B &= \frac{380e^{-j120}}{\sqrt{3}} = 220e^{-j120} = -110 - j190,5B \\ \dot{U}_C &= \frac{380e^{j120}}{\sqrt{3}} = 220e^{j120} = -110 + j190,5B\end{aligned}\quad (3.1)$$

1.4. Определить токи в фазах

$$\begin{aligned}\dot{I}_\phi &= \frac{\dot{U}_\phi}{Z_\phi} \\ \dot{I}_{AC} &= \frac{220}{10e^{j53}} = 22e^{-j53} = 13,2 + j17,3A, \\ \dot{I}_{AB} &= \frac{220e^{-j120}}{20e^{j36}} = 11e^{-j156} = -10,115 - j4,32A, \\ \dot{I}_{BC} &= \frac{220e^{j120}}{10} = 22e^{j120} = -11 + j19,05A\end{aligned}\quad (3.2)$$

1.5. Определить ток в нулевом проводе по I закону Кирхгофа

$$\begin{aligned}\dot{I}_N &= \dot{I}_{AC} + \dot{I}_{AB} + \dot{I}_{BC} \\ \dot{I}_N &= 13,2 + j17,3 - 10,115 - j4,32 - 11 + j19,05 = -7,915 + j32,03A\end{aligned}\quad (3.3)$$

1.6. Определить комплекс полной мощности каждой фазы и всей цепи

$$\begin{aligned}\tilde{S}_A &= \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^* & \tilde{S}_B &= \dot{U}_B \cdot \dot{I}_B^* & \tilde{S}_C &= \dot{U}_C \cdot \dot{I}_C^* \\ \tilde{S}_A &= 220 \cdot (13,2 - j17,3) = 2904 - j3823BA \\ \tilde{S}_B &= (-110 - j190,5) \cdot (-10,115 + j4,32) = 1932 + j1404BA \\ \tilde{S}_C &= (-110 + j190,5) \cdot (-11 - j19,05) = 4785,9BA \\ \tilde{S} &= \tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \tilde{S}_C\end{aligned}\quad (3.4)$$

$$\tilde{S} = 2904 - j3823 + 1932 + j1404 + 4785,9 = 9622 - j2419BA$$

Знак «-» указывает на активно-ёмкостной характер нагрузки.

1.7. Построить векторную диаграмму для нормального режима работы

$$\begin{aligned}m_I &= 5 \frac{A}{cm}, & l_{I_A} &= \frac{22}{5} = 4,4c, & l_{I_B} &= \frac{11}{5} = 2,2cm & l_{I_C} &= \frac{22}{5} = 4,4cm & l_{I_N} &= \frac{32,8}{5} = 6,56cm \\ m_U &= 50 \frac{B}{cm} & l_{U_L} &= \frac{380}{50} = 7,9cm & l_{U_\phi} &= \frac{220}{50} = 4,4cm\end{aligned}$$

Фазные токи откладываем относительно фазного напряжения \dot{U}_A с начальной фазой равной 0.

Векторная диаграмма представлена на рисунке 3.3.

2. Аварийные режимы работы

Схемы при аварийных режимах работы представлены на рисунке 3.2.

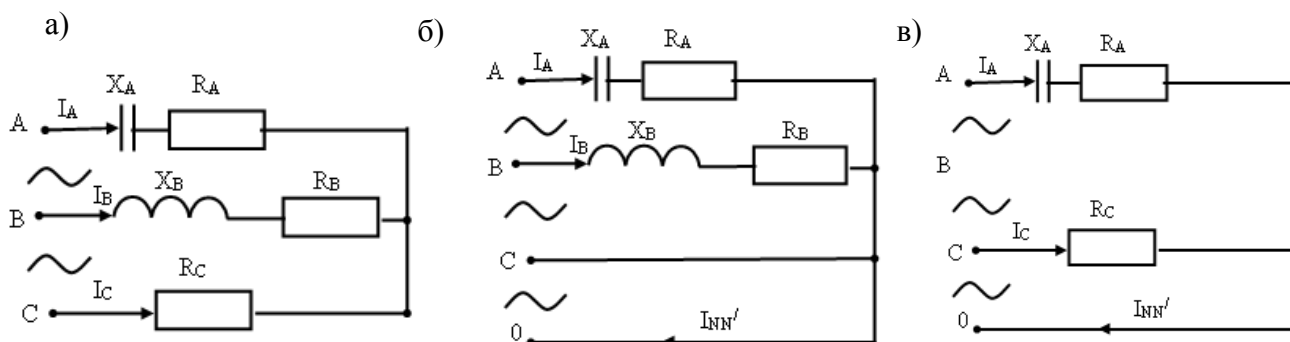


Рисунок 3.2 – Схемы при аварийной работе цепи

а) обрыв нулевого провода; б) обрыв фазы В; в) короткое замыкание в фазе С

Обрыв нулевого провода

2.1 Рассчитать параметры цепи при обрыве нулевого провода (рис. 3.2, а)

2.1.1 Проводимость каждой фазы

$$\underline{y}_\phi = \frac{1}{\underline{z}_\phi} \quad (3.6)$$

$$\underline{y}_A = \frac{1}{6 - j8} = 0,06 + j0,08 \text{ См},$$

$$\underline{y}_B = \frac{1}{16 + j12} = 0,04045 - j0,02938 \text{ См},$$

$$\underline{y}_C = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ См}$$

2.1.2 Перекос напряжения, возникающий при обрыве нулевого провода

$$\dot{U}'_{NN} = \frac{\dot{U}_A \underline{y}_A + \dot{U}_B \underline{y}_B + \dot{U}_C \underline{y}_C}{\underline{y}_A + \underline{y}_B + \underline{y}_C} \quad (3.7)$$

$$\dot{U}'_{NN'} = \frac{-7,915 + j32,03}{0,06 + j0,08 + 0,04045 - j0,02938 + 0,1} = 0,43529 + j160,04 = 160,04 e^{j89,8} \text{ В}$$

2.1.3 Фазное напряжение при обрыве нулевого провода

$$\dot{U}'_\phi = \dot{U}_\phi - \dot{U}'_{NN} \quad (3.8)$$

$$\dot{U}'_A = 220 - 0,43529 - j160,04 = 219,5647 - j160,04 = 271,7 e^{-j36,088} \text{ В}$$

$$\dot{U}_B = -110 - j190,5 - 0,43529 - j160,04 = -110,43529 - j350,54 = 367,524e^{j252,513}B$$

$$\dot{U}_C = -110 + j190,5 - 0,43529 - j160,04 = -110,43529 + j30,46 = 114,559e^{j164,58}B$$

2.1.3 Линейный ток при обрыве нулевого провода

$$\dot{I}_\Phi = \dot{U}_\Phi \underline{y}_\Phi \quad (3.9)$$

$$\dot{I}_{AC} = (219,5647 - j160,04)(0,06 + j0,08) = 25,977 + j7,9627 = 27,17e^{j17,04}A$$

$$\dot{I}_{AB} = (-110,43529 - j350,54)(0,04045 - j0,02938) = -14,7659 - j10,9348 = 18,3377e^{j216,52}A$$

$$\dot{I}_{BC} = (-110,43529 + j30,46)0,1 = -11,04 + j3,046 = 11,4524e^{j164,575}A$$

2.1.4 Мощность, потребляемая каждой фазой при обрыве нулевого провода, определяется по формуле 3.4

$$\tilde{S}_A = (219,5647 - j160,04) \cdot (25,977 - j7,9627) = 4429,59 - j5905,06B0$$

$$\tilde{S}_B = (-110,44 - j350,54) \cdot (-14,77 + j10,93) = -2139,33 - j932,82B2$$

$$\tilde{S}_C = (-110,44 + j30,46) \cdot (-11,04 - j3,046) = -1035,11 + j1022,05BA$$

Векторная диаграмма аварийного режима представлена на рисунке 3.4.

Обрыв фазного провода В

2.2 Рассчитать параметры цепи при обрыве фазного провода В (рис. 3.2, б)

2.2.1 При обрыве фазного провода изменяются параметры только аварийной фазы, двух других остаются без изменения.

$$\underline{z}_A = 6 - j8 = 10e^{-j53} \text{ Ом}$$

$$\dot{U}_A = 220B$$

$$\dot{I}_A = 22e^{j53} = 13,2 + j17,3A$$

$$\underline{z}_C = 10 \text{ Ом}$$

$$\dot{U}_C = 220e^{j120} = -110 + j190,5B$$

$$\dot{I}_C = 22e^{j120} = -11 + j19,05A$$

$$\underline{z}_B = \infty \text{ Ом}$$

$$\dot{U}_B = 0B$$

$$\dot{I}_B = 0A$$

2.2.2 Ток нулевого провода при обрыве фазы В, определяется по формуле 3.3

$$\dot{I}_{NN'} = 13,2 + j17,3 - 11 + j19,05 = 2,2 + j36,35 = 36,4165e^{j86,53}A$$

2.2.3 Мощность, потребляемая каждой фазой при обрыве фазного провода В, определяется по формуле 3.4

$$\tilde{S}_A = 220(13,2 + j17,3) = 2904 - j3823BA$$

$$\tilde{S}_C = (-110 + j190,5)(-11 + j19,05) = 4785,9BA$$

Векторная диаграмма аварийного режима представлена на рисунке 3.5.

Короткое замыкание фазы С

2.3 Рассчитать параметры цепи при коротком замыкании в фазе С (рис. 3.2, в)

2.3.1 При коротком замыкании изменяются параметры только аварийной фазы, двух других остаются без изменения.

$$\underline{z}_A = 6 - j8 = 10e^{-j53} \text{ Ом} \quad \dot{U}_A = 220 \text{ В}$$

$$\dot{I}_A = 22e^{j53} = 13,2 + j17,3 \text{ А}$$

$$\underline{z}_B = 16 + j12 = 20e^{j36} \text{ Ом} \quad \dot{U}_B = 220e^{j120} = -110 - j190,5 \text{ В}$$

$$\dot{I}_B = 11e^{-j156} = -10,115 - j4,32 \text{ А}$$

$$\underline{z}_C = 0 \text{ Ом} \quad \dot{U}_C = 0 \text{ В}$$

$$\dot{I}_{CK3} = (8 - 10) \dot{I}_C$$

$$\dot{I}_{CK3} = (8 \div 10)(-11 + j19,05) = -110 + j190,5 = 219,9778e^{j120} \text{ А}$$

2.3.2 Ток нулевого провода при коротком замыкании в фазе С, определяется по формуле 3.3

$$\dot{I}_N = 13,2 + j17,3 - 10,115 - j4,32 - 110 + j190,5 = -106,915 + j203,48 = 229,8585e^{j117,7188} \text{ А}$$

2.3.3 Мощность, потребляемая каждой фазой при коротком замыкании в фазе С, определяется по формуле 3.4

$$\tilde{S}_A = \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^*, \quad \tilde{S}_A = 220(13,2 - j17,3) = 2904 - j3823 \text{ ВА}$$

$$\tilde{S}_B = \dot{U}_B \cdot \dot{I}_B^*, \quad \tilde{S}_B = (-110 - j190,5)(-10,115 + j4,32) = 1932 + j1404 \text{ ВА}$$

Векторная диаграмма аварийного режима представлена на рисунке 3.6.

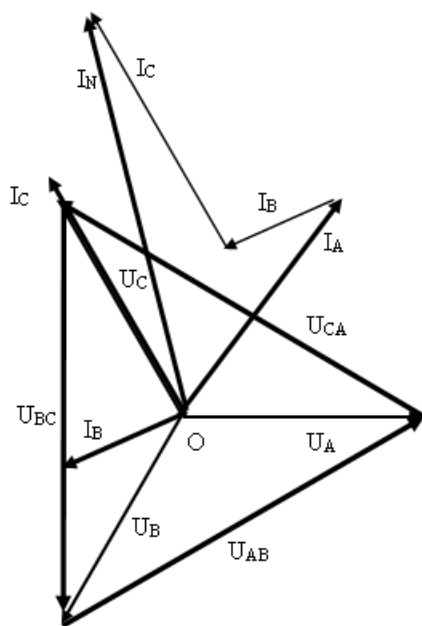


Рисунок 3.3 – Векторная диаграмма нормальный режим

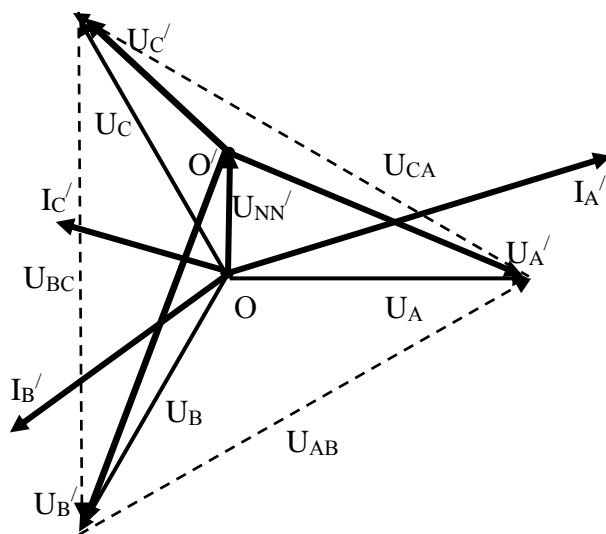


Рисунок 3.4 – Векторная диаграмма при обрыве нулевого провода

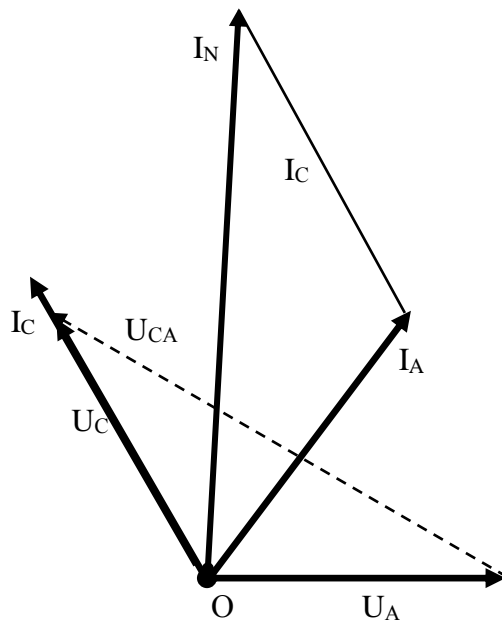


Рисунок 3.5 – Векторная диаграмма при обрыве фазы В

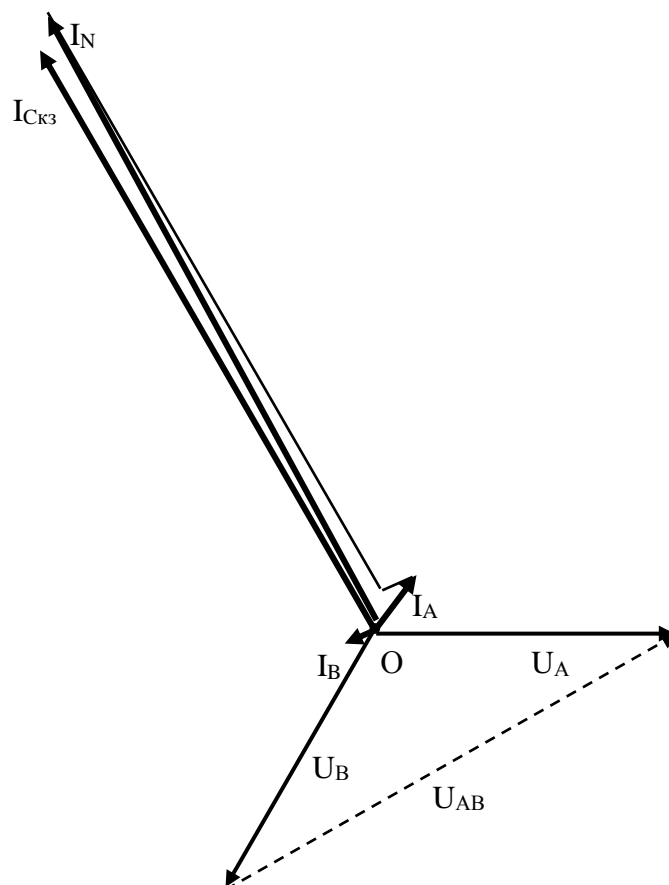


Рисунок 3.6 – Векторная диаграмма при коротком замыкании фазы С

Варианты заданий для выполнения контрольной работы 3

Таблица 8 – Числовые значения для выполнения контрольной работы 3

Вариант	U _л , В	Сопротивления фаз, Ом									Вид аварии
		Фаза А			Фаза В			Фаза С			
		R _A	X _{AL}	X _{AC}	R _B	X _{BL}	X _{BC}	R _C	X _{CL}	X _{CC}	
1	220		8	12	12		25	6	25		Обрыв фазы А
2	380	15		34	8	15		10	15	28	Обрыв нуля
3	220	6	25		6	14	30		25	14	КЗ фазы С
4	380	8	24	10		20	10	12		12	Обрыв фазы С
5	220		20	25	10		32	4	18		КЗ фазы А
6	380	10		12	16	32		10	18	25	Обрыв нуля
7	220	9	16		10	18	25		16	12	КЗ фазы В
8	380	7	24	10		16	12	7		30	Обрыв фазы В
9	220		20	28	7		30	12	20		КЗ фазы С
10	380	16		34	12	20		16	18	28	Обрыв фазы С
11	220	14	18		16	18	28		18	34	КЗ фазы А
12	380	12	8	15		18	34	12		40	КЗ фазы В
13	220		20	12	12		40	15	20		Обрыв нуля
14	380	6		34	15	20		6	25	12	Обрыв фазы А
15	220	8	24		6	25	12		24	34	КЗ фазы С
16	380	14	20	10		24	34	14		12	Обрыв нуля
17	220		18	25	14		12	10	18		КЗ фазы В
18	380	9		12	10	18		9	16	25	Обрыв нуля
19	220	7	24		9	16	25		20	15	Обрыв фазы В
20	380	12	20	10		24	12	6		12	КЗ фазы С
21	220		18	28	12		30	8	24		Обрыв фазы А
22	380	14		34	16	18		14	20	12	Обрыв фазы В
23	220	12	8		14	18	28		18	10	КЗ фазы С
24	380		20	15		24	34	9		25	Обрыв фазы С
25	220	6	25	12	15		12	7	24		КЗ фазы А
26	380	8		34	6	25		12	20	30	КЗ фазы В
27	220	14	20		8	24	12		18	10	Обрыв фазы А
28	380		18	10		20	10	14		28	Обрыв фазы В
29	220	9	16	25	10		25	5	24		КЗ фазы С
30	380	7		12	9	16		15	20	12	Обрыв фазы С
31	220	12	20		7	24	30		25	34	КЗ фазы А
32	380		18	10		20	10	8		12	Обрыв нуля
33	220	14	18	28	16		28	8	24		КЗ фазы В
34	380	5		34	14	18		14	20	10	Обрыв фазы А
35	220	14	30		12	8	40		18	25	Обрыв фазы В

