



Министерство образования Республики Беларусь

УО «Брестский государственный политехнический  
колледж»

**Утверждаю**

Зам. директора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Н.В.Ратникова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012г.

# **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА С ОСНОВАМИ ЭЛЕКТРОНИКИ**

## **Контрольные задания**

с программой и методическими указаниями  
для учащихся-заочников

**по специальности 2-36 01 31 «Металлорежущие станки и инструменты»**



Министерство образования Республики Беларусь

УО «Брестский государственный политехнический  
колледж»

# **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА С ОСНОВАМИ ЭЛЕКТРОНИКИ**

## **Контрольные задания**

с программой и методическими указаниями  
для учащихся-заочников

**по специальности 2-36 01 31 «Металлорежущие станки и инструменты»**

**БРЕСТ 2012**

Разработала: Литовчик Е.Б., преподаватель Брестского государственного политехнического колледжа.

Контрольные задания разработаны на основе типовой учебной программы «Электротехника с основами электроники» утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 15.08.2007 года.

Контрольные задания обсуждены на заседании цикловой комиссии машиностроительного отделения и рекомендованы к использованию.

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_»\_\_\_\_\_ 2012 г.

Председатель \_\_\_\_\_ /Василевская Е.А./

## СОДЕРЖАНИЕ:

1. Предисловие .....	5
2. Пояснительная записка.....	6
3. Перечень рекомендуемой литературы.....	7
4. Тематический план.....	8
5. Самостоятельная работа.....	10
6. Экзаменационные вопросы .....	11
7. Методические указания к выполнению контрольной работы.....	15
8. Задачи к контрольной работе.....	24

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная энергетика – это ключевая отрасль народного хозяйства страны. Она играет определяющую роль в развитии научно-технического прогресса, интенсификации общественного производства.

Из всех используемых видов энергии в настоящее время наиболее широко применяется электромагнитная энергия. Этот вид энергии в повседневной практике принято называть электрической энергией.

Энергия – одно из свойств материи. Для любого вида энергии можно назвать материальный объект, который является ее носителем. Механическую энергию несут, например, вода, падающая на лопасти гидротурбины, ветер, заведенная пружина; тепловую – нагретый газ, пар, горячая вода.

Носителем электрической энергии является особая форма материи – электромагнитное поле. Его главная особенность состоит в том, что оно оказывает силовое действие на электрически заряженные частицы, причем сила зависит от скорости частиц и величины их заряда.

Это свойство электромагнитного поля является основой связанных между собой электрических и магнитных явлений, известных из курса физики – взаимодействия электрически заряженных или намагниченных тел, электрического тока, электромагнитной индукции и др.

Использованием этих явлений для получения, передачи и преобразования электрической энергии занимается электротехника. Применение электромагнитного поля и его энергии для передачи информации без проводов – задача радиотехники.

Электрическую энергию широко используют во всех отраслях промышленного и сельскохозяйственного производства, на транспорте, в науке, быту; преобразуют ее в другие виды энергии (механическую, тепловую, световую, химическую) в целях приведения в действие машин и механизмов, получения тепла и света, изменения химического состава веществ, производства и обработки материалов и т.д.

Электрическую энергию получают из других видов энергии непосредственно или путем промежуточных преобразований. Для этого используют природные энергетические ресурсы – органическое и ядерное топливо, а также возобновляемые источники энергии; течение рек, ветер, геотермальные источники.

Учитывая быстрое уменьшение запасов органического топлива, а также неблагоприятное воздействие тепловых электростанций на окружающую природу, ведутся поиски технически и экономически удовлетворительных решений для получения электроэнергии на базе использования термоядерной энергии и перечисленных ранее возобновляемых источников энергии.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа предмета «Общая электротехника с основами электроники» предусматривает изучение процессов, происходящих в электрических цепях постоянного и переменного тока; устройств, принципа действия электроизмерительных приборов, электромагнитных аппаратов, электрических машин и их практического применения; устройств и принципа действия электронных, фотоэлектронных и полупроводниковых приборов.

При изучении предмета следует соблюдать единство терминологии и обозначения в соответствии с действующими стандартами, Международной системой единицы (СИ).

Для закрепления и углубления теоретических знаний, учащихся программой предусматривается проведение лабораторных, практических занятий.

Лабораторные работы выполняются непосредственно после изучения соответствующей темы. Каждый учащийся должен самостоятельно собрать схему, снять показания приборов и сделать соответствующие выводы.

В результате изучения предмета «Общая электротехника с основами электроники» учащиеся *должны знать*:

- основные электрические и магнитные явления, лежащие в основе построения электрических машин и аппаратов;

- основные законы электротехники (Ома, Джоуля-Ленца, Кирхгофа, Ленца);

- единицы электрических величин;

- закономерности построения и сборки электрических схем;

- правила безопасности труда при эксплуатации электрических установок;

- классификацию электроизмерительных приборов, условные обозначения на их шкалах;

- основные элементы конструкции и характеристики электроизмерительных приборов, трансформаторов, асинхронных двигателей, схемы электроснабжения потребителей электрической энергией;

- устройство и принцип действия основных типов полупроводниковых и фотоэлектронных приборов, их практическое применение; краткие сведения о логических элементах и интегральных микросхемах.

*должны уметь*:

- собирать простейшие схемы при последовательном и параллельном соединении элементов;

- подбирать по назначению электроизмерительные приборы;

- включать в цепь амперметры, вольтметры, производить элементарные расчеты электрических цепей постоянного, однофазного переменного и трехфазного токов;

- производить реверс электрических машин;

- чертить схемы выпрямителя с фильтром, усилителя;

- пользоваться осциллографом.

# ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники. – М., 1983.
2. Обозначения условные графические в схемах. ГОСТ 2.728-74, 2.747-68, 2.730-732.785-74.
3. Попов В.С., Николаев С.А. Общая электротехника с основами электроники. – М., 1976.
4. Усс Л.В., Красько А.С., Климович Г.С. Общая электротехника с основами электроники. – Мн., 1990.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника. – М.: Высшая школа, 1987.
2. Рабинович Э.А. Сборник задач и упражнений по общей электротехнике. - М.: Энергия, 1971.
3. Харченко В.М. Основы электроники. – М.: Энергоиздат, 1982
4. Касаткин А. С, Немцов М. В. Курс электротехники. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2005.
5. С а т а р о в А. А. Электротехника и электроника. Линейные электрические цепи постоянного тока: Учебное пособие. – М.: РГОТУПС, 2006.
6. Электротехника и электроника, в 3-х книгах./под ред. В. Г. Герасимова. – М.: Высшая школа. Кн. 1, 1996. Кн. 2, 1997. Кн.3, 1998.
7. Электротехника: Учеб. пособие для вузов /Б. А. Волынский, Е. Н. Зейн, В. Е. Шатерников. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

*Примечание:* В случае отсутствия указанной литературы для изучения курса могут быть использованы учебники и задачники с названием “ Электротехника с основами электроники” для неэлектротехнических специальностей.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество часов
1.	<p><b>ВВЕДЕНИЕ</b>                      Электрическая энергия, её свойства, особенности и применение. Основные этапы развития отечественной энергетики. НТП и проблемы экологии. Потеря энергии в ЛЭП. Роль электрификации в развитии передовых технологий, автоматизации технологических процессов. Содержание курса «Электротехника с основами электроники».</p>	2
2.	<p><b>Тема 1. Электрическое поле.</b> Электрический заряд. Электрическое поле. Характеристики электрического поля: напряженность, потенциал, напряжение, энергия. Проводники, диэлектрики, полупроводники, их характеристика. Конденсаторы, соединение конденсаторов.</p>	2
3.	<p><b>Тема 2. Электрические цепи постоянного тока.</b> Основные элементы электрической цепи. Источники энергии. Электродвижущая сила. Закон Ома для участка цепи и полной цепи. Электрическое сопротивление. Закон Джоуля-Ленца. Законы Кирхгофа.</p>	2
4.	<p><b>Тема 3. Электромагнетизм.</b> Магнитное поле проводника с током. Характеристики магнитного поля. Взаимодействие проводников с током. ЭДС, наводимая в контуре. Принцип Ленца. ЭДС самоиндукции. Индуктивность. Принцип преобразования механической энергии в электрическую.</p>	2
5.	<p><b>Тема 4. Электрические машины постоянного тока.</b> Классификация машин постоянного тока по назначению и способу возбуждения. Обратимость машин постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением. Электродвигатель постоянного тока. Пуск, регулирование частоты вращения.</p>	2
6.	<p><b>Тема 5. Электрические цепи переменного тока.</b> Электрический ток. Параметры электрического тока. Цепь переменного тока, содержащая активное, индуктивное и емкостное сопротивление. Закон Ома для участка цепи переменного тока. Мощность. Векторные диаграммы. Треугольники мощности и сопротивления.</p>	2
7.	<p><b>Тема 6. Трёхфазные электрические цепи.</b> Трёхфазная система соединения обмоток генератора и потребителей «звездой» или «треугольником». Симметричные и несимметричные нагрузки. Векторная диаграмма токов и напряжений. Активная, реактивная, полная мощность.</p>	2

8.	<b>Тема 7. Трансформаторы.</b> Однофазный трансформатор. Трехфазный трансформатор. Назначение, устройство, принцип действия. Режимы работы.	2
9.	<b>Тема 8. Электрические машины переменного тока.</b> Вращающееся магнитное поле. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Скольжение. Пуск. Регулировка частоты вращения.	2
10.	<b>Тема 9. Полупроводниковые приборы.</b> Диод, транзистор. Выпрямители. Однофазные и трехфазные выпрямители. Структурная схема. Принцип действия.	2
11.	<b>Тема 10. Усилители.</b> Классификация усилителей. Технические показатели. Усилительный каскад. Обратная связь. Усилитель постоянного тока.	2
12.	<b>Тема 11. Электронные генераторы.</b> Классификация электронных генераторов. Колебательный контур. Релаксационные генераторы. Мультипликатор.	2
Итого:		24

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	
1	<i>Лабораторная работа № 1</i> «Проверка законов Ома и Кирхгофа»	
2	<i>Лабораторная работа № 2</i> «Исследование цепей переменного тока»	
3	<i>Лабораторная работа № 3</i> «Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой» и «треугольником»»	
4	<i>Лабораторная работа № 4</i> «Исследование работы однофазного трансформатора»	
5	<i>Лабораторная работа № 5</i> «Исследование трехфазного асинхронного двигателя»	
Итого:		10

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа учащихся-заочников является основной формой изучения дисциплины. Эта работа направляется настоящей рабочей программой.

По материалам лабораторных занятий учащиеся оформляет отчет, который включает в себя обработку полученных экспериментальных данных, необходимые аналитические расчеты и графические построения. После оформления отчета проводится зачет по лабораторным работам.

Учебным планом предусматривается выполнение учащимися одной контрольной работы.

Контрольную работу следует выполнять строго в соответствии с установленным вариантом. Номер варианта определяется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки учащегося. Например, если две последние цифры шифра зачетной книжки 17, 60, 8200, 1520, то номера вариантов задач, которые он должен решить, соответственно будут 17, 60, 00, 20. Номера задач, которые учащийся решает в контрольной работе даны в таблице 1. Пусть, например номер шифра зачетной книжки учащегося 1507. Две последние цифры 07 определяют номер варианта. В таблице 1 учащийся находит номера задач, которые он должен решить: 1, 2, 3, 4. Задачи, выполненные не по своему варианту, не засчитываются и возвращаются учащемуся. Если номер шифра зачетки выражается однозначной цифрой (от 1 до 9), то перед ней нужно приписать нуль, превращая её в двухзначное число, после чего выбор условия и варианта производится обычным способом. Например, учащийся с номером шифра зачетной книжки 7, приписав слева нуль, получает число 07 и выбирает вариант 07.

Контрольные работы выполняются на листах формата А4. Необходимо оставлять поля шириной 25-30 мм для замечаний рецензента. Листы обязательно должны быть пронумерованы для возможности ссылки на них преподавателя. При выполнении работ необходимо переписывать условие задачи полностью. Формулы и расчеты пишут чернилами, а чертежи и схемы делают карандашом; на графиках указывают масштаб.

Перед тем как приступить к выполнению заданий контрольной работы какой-либо темы, следует изучить методические указания, помещённые после исходных данных.

Решения задач должны быть полными, с необходимыми пояснениями, схемами и эскизами.

Контрольная работа, выполненная неаккуратно, не в полном объёме и не по своему варианту, на рецензию не принимается и возвращается для доработки. Если контрольная работа получила неудовлетворительную оценку, то учащийся исправляет ошибки в зависимости от указания рецензента и отправляет на повторную проверку.

Учащиеся выполняют контрольную работу, содержащую четыре задачи по темам курса: электрические цепи постоянного тока, однофазные электрические цепи переменного тока, трехфазные электрические цепи.

Курсовой проект по данной дисциплине не предусмотрен.

К экзамену по дисциплине допускаются учащиеся, имеющие зачетную контрольную работу и зачет по лабораторным работам. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Формулировка вопросов экзаменационных билетов приведена ниже.

Таблица 1.

Номера		Номера		Номера	
вариантов	задач	вариантов	задач	вариантов	задач
01	1; 2; 3; 4	38	1; 2; 3; 4	75	1; 2; 3; 6
02	1; 2; 3; 4	39	1; 2; 3; 4	76	1; 2; 3; 6
03	1; 2; 3; 4	40	1; 2; 3; 4	77	1; 2; 3; 6
04	1; 2; 3; 4	41	1; 2; 3; 4	78	1; 2; 3; 6
05	1; 2; 3; 4	42	1; 2; 3; 4	79	1; 2; 3; 6
06	1; 2; 3; 4	43	1; 2; 3; 4	80	1; 2; 3; 6
07	1; 2; 3; 4	44	1; 2; 3; 4	81	1; 2; 3; 7
08	1; 2; 3; 4	45	1; 2; 3; 4	82	1; 2; 3; 7
09	1; 2; 3; 4	46	1; 2; 3; 4	83	1; 2; 3; 7
10	1; 2; 3; 4	47	1; 2; 3; 4	84	1; 2; 3; 7
11	1; 2; 3; 4	48	1; 2; 3; 4	85	1; 2; 3; 7
12	1; 2; 3; 4	49	1; 2; 3; 4	86	1; 2; 3; 7
13	1; 2; 3; 4	50	1; 2; 3; 4	87	1; 2; 3; 7
14	1; 2; 3; 4	51	1; 2; 3; 5	88	1; 2; 3; 7
15	1; 2; 3; 4	52	1; 2; 3; 5	89	1; 2; 3; 7
16	1; 2; 3; 4	53	1; 2; 3; 5	90	1; 2; 3; 7
17	1; 2; 3; 4	54	1; 2; 3; 5	91	1; 2; 3; 8
18	1; 2; 3; 4	55	1; 2; 3; 5	92	1; 2; 3; 8
19	1; 2; 3; 4	56	1; 2; 3; 5	93	1; 2; 3; 8
20	1; 2; 3; 4	57	1; 2; 3; 5	94	1; 2; 3; 8
21	1; 2; 3; 4	58	1; 2; 3; 5	95	1; 2; 3; 8
22	1; 2; 3; 4	59	1; 2; 3; 5	96	1; 2; 3; 8
23	1; 2; 3; 4	60	1; 2; 3; 5	97	1; 2; 3; 8
24	1; 2; 3; 4	61	1; 2; 3; 6	98	1; 2; 3; 8
25	1; 2; 3; 4	62	1; 2; 3; 6	99	1; 2; 3; 8
26	1; 2; 3; 4	63	1; 2; 3; 6	00	1; 2; 3; 8
27	1; 2; 3; 4	64	1; 2; 3; 6		
28	1; 2; 3; 4	65	1; 2; 3; 6		
29	1; 2; 3; 4	66	1; 2; 3; 6		
30	1; 2; 3; 4	67	1; 2; 3; 6		
31	1; 2; 3; 4	68	1; 2; 3; 6		
32	1; 2; 3; 4	69	1; 2; 3; 6		
33	1; 2; 3; 4	70	1; 2; 3; 6		
34	1; 2; 3; 4	71	1; 2; 3; 6		
35	1; 2; 3; 4	72	1; 2; 3; 6		
36	1; 2; 3; 4	73	1; 2; 3; 6		
37	1; 2; 3; 4	74	1; 2; 3; 6		

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Электрическая энергия и её свойства. Применение. Электрическое поле – носитель электроэнергии; две стороны электромагнитного поля.
2. Общие сведения об электрических цепях. Определение. Классификация. Основные элементы, характеристики и режимы работы. Влияние электрических полей на окружающую среду.
3. Основные расчеты электрических цепей постоянного тока: по закону Ома и законам Кирхгофа.
4. Элементы и параметры электрических цепей переменного тока. Цепи с активным сопротивлением. Цепь с индуктивностью. Цепь с ёмкостью. Уравнение и графики тока, напряжения. Векторные диаграммы.
5. Определение тока по заданному напряжению. Мощность активная и реактивная и её определение в каждой цепи.
6. Цепь с последовательным и параллельным соединением активных и реактивных элементов. Уравнение и графики, векторные диаграммы, расчетные формулы.
7. Активные и реактивные сопротивления.
8. Активная, реактивная и полная мощность. Коэффициент мощности.
9. Резонанс тока и напряжения.
10. Трёхфазная система электрических цепей. Трёхфазная цепь.
11. Соединения обмоток трёхфазных генераторов и электроприемников звездой и треугольником. Фазовые и линейные напряжения и токи соотношения между ними.
12. Схемы соединения трёхфазных цепей. Симметричные и несимметричные цепи. Расчет симметричных трёхфазных цепей.
13. Роль нулевого провода. Мощность трёхфазных цепей.
14. Основные свойства и характеристики магнитного поля: силовое действие магнитного поля; магнитная индукция, напряженность. Влияние магнитных полей на окружающую среду.
15. Понятие о расчете магнитных цепей.
16. Законы полного тока. Законы Кирхгофа для магнитной цепи.
17. Электромагнитная индукция. Законы электромагнитной индукции.
18. Самоиндукция, индуктивность.
19. Электрическое измерение. Общие сведения об электрических измерениях и электроизмерительных приборах; средства измерений, погрешности измерений.
20. Измерения тока, напряжение, мощности и энергии.
21. Назначение, принцип действия и устройство однофазного трансформатора.
22. Режим работы трансформатора: холостой ход, рабочий, короткого замыкания.
23. Потери энергии, КПД трансформатора. Понятие о трёхфазных многообмоточных, сварочных, измерительных трансформаторах, автотрансформаторах.
24. Назначение машин переменного тока и их классификация.
25. Принцип действия и устройство трёхфазного асинхронного двигателя.
26. Скольжение, ЭДС, сопротивление и ток в обмотках статора и ротора. Вращающий электромагнитный момент асинхронного двигателя.
27. Асинхронные электрические двигатели: естественные и искусственные. Механические характеристики.

28. Пуск и регулирование частоты вращения. Тормозные режимы работы. Потери энергии и КПД асинхронного двигателя.
29. Однофазные и двухфазные асинхронные двигатели.
30. Понятие о синхронном двигателе. Двигатели с гибким волновым ротором. Синхронные шаговые двигатели.
31. Электрические машины постоянного тока. Принцип преобразования механической энергии в электрическую, электрической энергии в механическую.
32. Устройство и принцип действия электрической машины постоянного тока: магнитная цепь, коллектор, обмотка якоря.
33. Рабочий процесс машины постоянного тока ЭДС обмотки. Электромагнитный момент. Момент машины постоянного тока.
34. Обратимость машин постоянного тока. Понятие о реакции якоря и коммутации.
35. Электродвигатель постоянного тока с независимым и параллельным возбуждением.
36. Пуск двигателя. Вращающий и тормозной момент.
37. Механические характеристики: естественные и искусственные. Регулировка частоты вращения. Потери энергии и КПД двигателей.
38. Общие сведения об автоматике, автоматических схемах, автоматизации производственных процессов. Элементы автоматики и их классификация по назначению, по принципам действия.
39. Параметрические преобразователи. Исполнительные элементы: приводные электромагнитные, магнитные муфты.
40. Электромеханические промежуточные элементы автоматики. Ферромагнитные промежуточные элементы систем автоматики.
41. Понятие об электроприводе. Выбор электродвигателей по механическим характеристикам. Механические характеристики рабочих машин. Соответствие их механическим характеристикам электродвигателей.
42. Классификация электродвигателей по способу сопряжения с рабочими машинами, по способу защиты от воздействия окружающей среды.
43. Нагревание и охлаждение двигателей.
44. Режимы работы электродвигателей. Условия выбора двигателя по мощности. Схемы управления электродвигателем: релейно-контакторные и бесконтакторные. Защиты электропривода от перегрузок и короткого замыкания.
45. Современные схемы электроснабжения промышленных предприятий от энергетической системы. Назначение и устройство трансформаторных подстанций и распределительных пунктов.
46. Электрические сети промышленных предприятий; воздушные, кабельные. Внутренние электрические сети и распределительные пункты. Наиболее распространенные марки проводов и кабелей. Защитное заземление. Влияние высоковольтных ЛЭП на окружающую среду.
47. Электрофизические свойства полупроводников: собственная и примесная проводимость. p-n переход и его свойства. ВАХ. Устройство диода. Выпрямительные диоды. Зависимость характеристик диода от изменений температуры.
48. Универсальные высокочастотные диоды. Кремниевые стабилитроны. Характеристики, параметры, обозначения и маркировка. Использование диодов.

49. Биполярные транзисторы. Их устройство, три способа включения. Характеристики и параметры транзистора. Включение по схеме с ОЭ. Влияние различных факторов на работу транзистора.

50. Разновидности биполярных транзисторов. Общие сведения о полевых транзисторах. Условные обозначения и маркировка.

51. Тиристоры: устройство, анализ процессов в четырехслойной полупроводниковой структуре: динисторы, тринисторы, их ВАХ, условные обозначения, маркировка тиристоров.

52. Общие сведения в гибридных, тонкоклеточных, полупроводниковых микросхемах. Базовый элемент серии. Условные обозначения и маркировка микросхем.

53. Логические элементы на интегральных микросхемах транзисторной логики. Синтез логических схем на интегральных микросхемах.

54. Понятие «микропроцессор». Основные сведения и классификация: три поколения микропроцессоров.

55. Основные сведения в выпрямителях. Однофазные и трехфазные схемы выпрямления, принцип их работы.

56. Соотношение между переменными и выпрямленными токами и напряжениями для различных схем выпрямления.

57. Сглаживающие фильтры. Стабилизаторы напряжения и тока. Их назначение и принцип работы.

58. Принцип усиления напряжения и тока, мощности. Назначение и классификация усилителей.

59. Основные технические показатели и характеристики усилителей.

60. Усилительный каскад.

61. Динамические характеристики усилительного элемента. Определение рабочей точки на нагрузочной линии. Построение графиков, напряжений и токов в цепи нагрузки.

62. Общие сведения об электронных генераторах.

63. Генераторы прямоугольного напряжения.

64. Электронный осциллограф. Структурная схема и принцип действия. Применение осциллографа.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ 1

Решение задачи требует знаний закона Ома для всей цепи и ее участков, законов Кирхгофа, методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов, а также умения вычислять мощность и работу электрического тока. Содержания задач и схемы цепей приведены в условии, а данные к ним — в таблице 2. Перед решением задач рассмотрите типовой пример 1.

**Пример 1.** Для схемы приведенной на рисунке, определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{AB}$  и токи в каждом резисторе, а также расход электроэнергии цепью за 8 ч работы.

Решение: Задача относится к теме «Электрические цепи постоянного тока». Проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой ток в каждом резисторе; индекс тока должен совпадать номеру резистора, по которому он проходит.

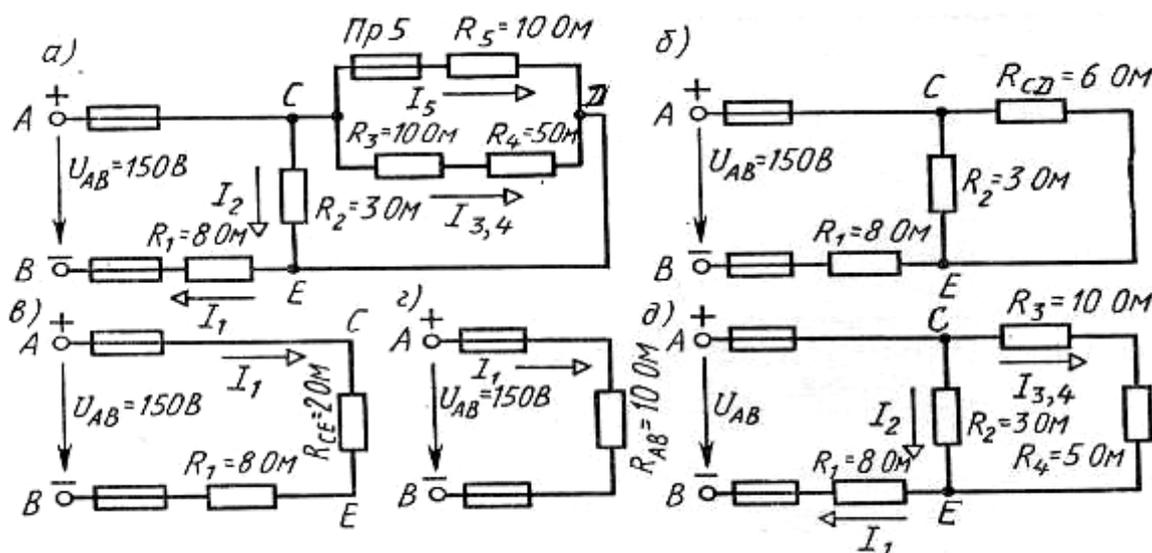


Рисунок 1.

1. Определяем общее сопротивление разветвления  $R_{CD}$ , учитывая, что резисторы  $R_3$  и  $R_4$  соединены последовательно между собой, а с резистором  $R_5$  - параллельно:

$$R_{CD} = \frac{(R_3 + R_4) \cdot R_5}{(R_3 + R_4 + R_5)} = \frac{(10 + 5) \cdot 10}{(10 + 5 + 10)} = \frac{150}{25} = 6 \text{ Ом} \quad (\text{рис. 1, б}).$$

2. Определяем общее сопротивление цепи относительно вводов  $CE$ . Резисторы  $R_{CD}$  и  $R_2$  включены параллельно, поэтому

$$R_{CE} = \frac{R_{CD} \cdot R_2}{R_{CD} + R_2} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2 \text{ Ом} \quad (\text{рис. 1, в}).$$

6. Находим эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{AB} = R_1 + R_{CE} = 8 + 2 = 10 \text{ Ом} \quad (\text{рис. 1, г}).$$

7. Определяем токи в резисторах цепи. Так как напряжение  $U_{AB}$  приложено ко всей цепи, а  $R_{AB} = 10 \text{ Ом}$ , то согласно закону Ома

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{150}{10} = 15A$$

**Внимание!** Нельзя последнюю формулу писать в виде  $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}$ , так как  $U_{AB}$  приложено ко всей цепи, а не к участку  $R_1$ .

Для определения тока  $I_2$  находим напряжение на резисторе  $R_2$ , т.е.  $U_{CE}$ . Очевидно,  $U_{CE}$  меньше  $U_{AB}$  на потерю напряжения в резисторе  $R_1$ , т.е.

$U_{CE} = U_{AB} - I_1 \cdot R_1 = 150 - 15 \cdot 8 = 30B$ . Тогда  $I_2 = \frac{U_{CE}}{R_2} = \frac{30}{3} = 10A$ . Так как  $U_{CE} = U_{CD}$ , то можно определить токи  $I_{3,4}$  и  $I_5$ :

$$I_{3,4} = \frac{U_{CD}}{(R_3 + R_4)} = \frac{30}{(10 + 5)} = \frac{30}{15} = 2A ;$$

$$I_5 = \frac{U_{CD}}{R_5} = \frac{30}{10} = 3A$$

На основании первого закона Кирхгофа, записанного для узла  $C$ , проверим правильность определения токов:

$$I_1 = I_2 + I_{3,4} + I_5, \text{ или } 15 = 10 + 2 + 3 = 15A.$$

8. Расход энергии цепью за восемь часов работы:

$$W = P \cdot t = U_{AB} \cdot I_1 \cdot t = 150 \cdot 15 \cdot 8 = 18000Bm \cdot ч = 18kBm \cdot ч$$

Пусть в схеме примера 1 известны сопротивления всех резисторов, а вместо напряжения  $U_{AB}$  задан один из токов, например  $I_2 = 2A$ . Найти остальные токи в напряжении  $U_{AB}$ . Зная  $I_2$ , определяем  $U_{CE} = I_2 \cdot R_2 = 2 \cdot 3 = 6B$ . Так как  $U_{CE} = U_{CD}$ , то

$$I_{3,4} = \frac{U_{CD}}{(R_3 + R_4)} = \frac{6}{(10 + 5)} = \frac{6}{15} = 0,4A ;$$

$$I_5 = \frac{U_{CD}}{R_5} = \frac{6}{10} = 0,6A$$

На основании первого закона Кирхгофа  $I_1 = I_2 + I_{3,4} + I_5 = 2 + 0,4 + 0,6 = 3A$ . Тогда  $U_{AB} = U_{CE} + I_1 \cdot R_1 = 6 + 3 \cdot 8 = 6 + 24 = 30B$ .

При расплавлении предохранителя  $Ip_5$  резистор  $R_5$  включается, и схема принимает вид, показанный на рис. 1, д. Вычисляем эквивалентное сопротивление схемы:

$$R'_{AB} = \frac{R_1 + (R_3 + R_4) \cdot R_2}{(R_3 + R_4 + R_2)} = \frac{8 + (10 + 5) \cdot 3}{(10 + 5 + 3)} = 10,5Om$$

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R'_{AB}} = \frac{150}{10,5} = 14,28A$$

Так как напряжение остается неизменным, находим ток  $I_2$ .  
Напряжение  $U_{CE} = U_{AB} - I_1 \cdot R_1 = 150 - 14,28 \cdot 8 = 35,75B$ .

Тогда токи

$$I_2 = \frac{U_{CE}}{R_2} = \frac{35,75}{3} = 11,9A ;$$

$$I_{3,4} = \frac{U_{CE}}{R_{3,4}} = \frac{35,75}{(10+5)} = 2,38A$$

Сумма этих токов равна току  $I_1$ :  $11,9 + 2,38 = 14,28A$ .

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ 2 – 3

Эти задачи относятся к неразветвленным и разветвленным цепям переменного тока. Перед их решением изучите материал темы «Однофазные электрические цепи переменного тока», ознакомьтесь с методикой построения векторных диаграмм, изложенной ранее и разберите решение примеров 2, 3 в данных методических указаниях.

**Пример 2.** Неразветвленная цепь переменного тока содержит катушку с активным сопротивлением  $R_k = 3\Omega$  и индуктивным  $x_L = 12\Omega$ , активное сопротивление  $R = 5\Omega$  и конденсатор с сопротивлением  $x_C = 6\Omega$  (рис. 2, а). К цепи приложено напряжение  $U = 100V$  (действующее значение). Определить: 1) полное сопротивление цепи; 2) ток; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощности; 5) напряжение на каждом сопротивлении. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

Решение: 1. Определяем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{(R_k + R)^2 + (x_L - x_C)^2} = \sqrt{(3+5)^2 + (12-6)^2} = \sqrt{64+36} = \sqrt{100} = 10\Omega$$

2. Определяем ток цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{100}{10} = 10A$$

3. Находим коэффициент мощности цепи. Во избежание потери знака угла (косинус - функция четная) определяем  $\sin\varphi$ :

$$\sin\varphi = \frac{(x_L - x_C)}{Z} = \frac{(12-6)}{10} = 0,6; \quad \varphi = 36^\circ 50'$$

По таблицам Брадиса определяем коэффициент мощности  $\cos\varphi = \cos 36^\circ 50' = 0,8$ .

4. Определяем активную, реактивную и полную мощности цепи:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 100 \cdot 10 \cdot 0,8 = 800W \text{ или } P = I^2 \cdot (R_k + R) = 10^2 \cdot (3+5) = 800W;$$

$$Q = I^2 \cdot (x_L - x_C) = 10^2 \cdot (12-6) = 600\text{вар} \text{ или } Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 1000 \cdot 10 \cdot 0,6 = 600\text{вар};$$

$$S = U \cdot I = 100 \cdot 10 = 1000V \cdot A \quad \text{или} \quad S = I^2 \cdot Z = 10^2 \cdot 10 = 1000V \cdot A \quad \text{или}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{800^2 + 600^2} = 1000V \cdot A$$

9. Определяем падения напряжения на сопротивлениях цепи:

$$U_{R_k} = I \cdot 3 = 30V; \quad U_L = I \cdot x_L = 10 \cdot 12 = 120V; \quad U_R = I \cdot R = 10 \cdot 5 = 50V;$$

$$U_C = I \cdot x_C = 10 \cdot 6 = 60V$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба по току и напряжению. Задаем масштаб по току: в  $1\text{см} - 2,0A$  и масштаб по напряжению: в  $1\text{см} - 20V$ . Построение векторной диаграммы (рис. 2, б) начинаем с вектора тока, который

$$\frac{10A}{2 \frac{A}{\text{см}}} = 5\text{см}$$

откладываем по горизонтали в масштабе

Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных

$$\frac{30B}{20\frac{B}{см}} = 1,5см \quad \frac{50B}{20\frac{B}{см}} = 2,5см$$

сопротивлениях  $U_{R_k}$  и  $U_R$ :

Из конца вектора  $U_R$  откладываем в сторону опережения вектора тока на  $90^\circ$

$$\frac{120B}{20\frac{B}{см}} = 6см$$

вектор падения напряжения  $U_L$  на индуктивном сопротивлении длиной

конца вектора  $U_L$  откладываем в сторону отставания от вектора тока на  $90^\circ$  вектор

$$\frac{60B}{20\frac{B}{см}} = 3см$$

падения напряжения на конденсаторе  $U_C$  длиной

векторов токов  $U_{R_k}, U_R, U_L, U_C$  равна полному напряжению, приложенному к цепи.

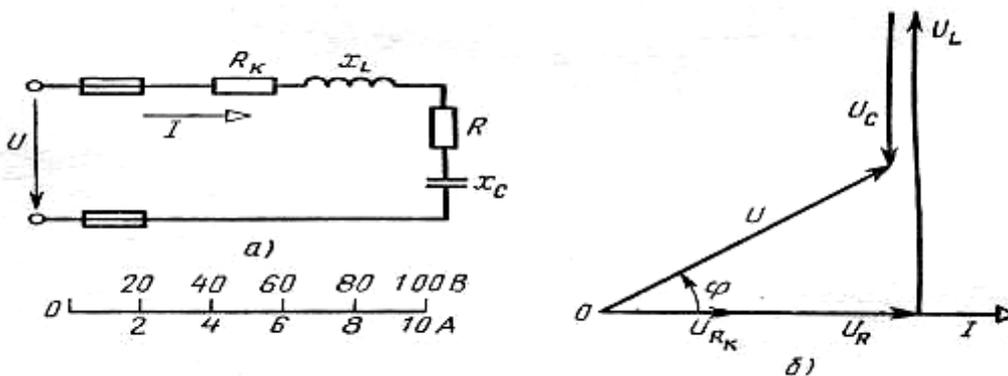


Рисунок 2.

**Пример 3.** Цепь переменного тока состоит из двух ветвей, соединенных параллельно. Первая ветвь содержит катушку с активным  $R_1 = 12 Ом$  и индуктивным  $x_L = 16 Ом$  сопротивлениями; во вторую ветвь включен с емкостным сопротивлением  $x_C = 8 Ом$  и последовательно с ним активное сопротивление  $R_2 = 6 Ом$ . Активная мощность, потребляемая первой ветвью,  $P_1 = 48 Вт$  (рис. 3, а). Определить: 1) токи в ветвях и в неразветвленной части цепи; 2) активные и реактивные мощности цепи; 3) напряжение, приложенное к цепи; 4) угол сдвига фаз между током в неразветвленной части цепи и напряжением. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

Решение: 1. Активная мощность  $P_1$  теряется в активном сопротивлении  $R_1$ . Поэтому  $P_1 = I_1^2 \cdot R_1$ . Отсюда

$$I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{48}{12}} = \sqrt{4} = 2A$$

2. Определяем напряжение, приложенное к цепи:

$$U_{AB} = I_1 \cdot Z_1 = I_1 \cdot \sqrt{R_1^2 + x_L^2} = 2 \cdot \sqrt{12^2 + 16^2} = 40B$$

3. Определяем ток:

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{Z_2} = \frac{U_{AB}}{\sqrt{R_2^2 + x_C^2}} = \frac{40}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 4A$$

4. Находим активную и реактивную мощности, потребляемые цепью:

$$P = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 = 2^2 \cdot 12 + 4^2 \cdot 6 = 154 \text{ Вт};$$

$$Q = I_1^2 \cdot x_L - I_2^2 \cdot x_C = 2^2 \cdot 16 - 4^2 \cdot 8 = -64 \text{ вар}.$$

Знак «-» показывает, что преобладает реактивная мощность емкостного характера.

Полная мощность, потребляемая цепью,  $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{154^2 + 64^2} = 166,8 \text{ В} \cdot \text{А}$ .

5. Определяем ток в неразветвленной части цепи:

$$I = \frac{S}{U_{AB}} = \frac{166,8}{40} = 4,17 \text{ А}$$

10. Угол сдвига фаз во всей цепи находим через  $\sin \varphi$  во избежание потери знака угла:

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S} = -\frac{64}{166,8} = -0,384; \quad \varphi = 22^\circ 35'$$

Знак «-» подчеркивает, что ток цепи опережает напряжение  $U_{AB}$ .

Для построения векторной диаграммы определяем углы сдвига фаз в ветвях:

$$\sin \varphi_1 = \frac{x_L}{Z_1} = \frac{16}{\sqrt{12^2 + 16^2}} = 0,8; \quad \varphi_1 = 53^\circ 10';$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{x_C}{Z_2} = -\frac{8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = -0,8; \quad \varphi_2 = -53^\circ 10'.$$

Задаемся масштабом по току: в  $1 \text{ см} - 1 \text{ А}$  и напряжению: в  $1 \text{ см} - 5 \text{ В}$ . Построение начинаем с вектора напряжения (рис. 3, б). Под углом  $\varphi_1$  к нему в сторону отставания откладываем в масштабе вектор тока  $I_1$ ; под углом  $\varphi_2$  в сторону опережения – вектор тока  $I_2$ . Геометрическая сумма этих токов равна току в неразветвленной части цепи.

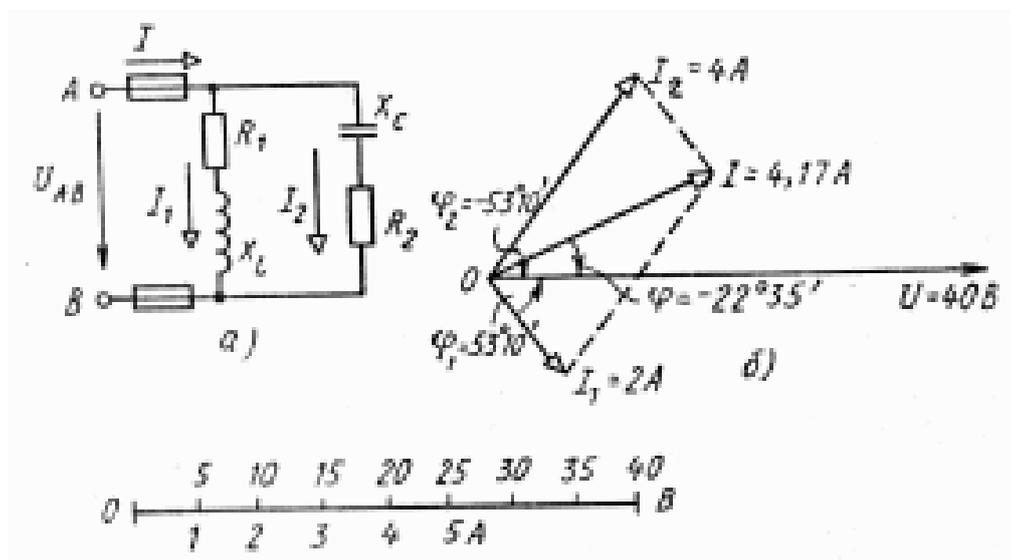


Рисунок 3.

Решение задач этой группы требует знания учебного материала темы «Трёхфазные электрические цепи», представления об особенностях соединения источников и потребителей в звезду и треугольник, соотношениях между линейными и фазными напряжениями и токами при таких соединениях, умение строить векторные диаграммы при симметричной и несимметричной нагрузках, а также в аварийных режимах. Для пояснения методики решения задач трёхфазные цепи приведены примеры 4-5 с подробным решением.

**Пример 4.** В четырехпроводную сеть включена несимметричная нагрузка, соединенная в звезду (рис. 4, а). Линейное напряжение сети  $U_{ном} = 380В$ . Определить токи в фазах и начертить векторную диаграмму цепи в нормальном режиме и при отключении автомата в линейном проводе А. Из векторных диаграмм графически найти ток в нулевом проводе в обоих случаях.

Решение: Определяем:

1. Фазное напряжение:

$$U_{\phi} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220В$$

2. Токи в фазах:

$$I_A = \frac{U_{\phi}}{Z_A} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_A^2 + x_A^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 22А ;$$

$$I_B = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R_B^2 + x_B^2}} = \frac{220}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 44А ;$$

$$I_C = \frac{U_{\phi}}{Z_C} = \frac{220}{11} = 22А$$

3. Углы сдвига фаз в каждой фазе:

$$\sin \varphi_A = \frac{x_A}{Z_A} = -\frac{6}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = -0,6 ; \quad \varphi_A = -36^{\circ}50' ;$$

$$\sin \varphi_B = \frac{x_B}{Z_B} = \frac{4}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 0,8 ; \quad \varphi_B = 53^{\circ}10' ;$$

$\varphi_C = 0$ , так как в фазе С есть только активное сопротивление.

4. Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току:  $1см - 10А$  и напряжению:  $1см - 40В$ . Построение диаграммы начинаем с вектора фазных напряжений  $U_A, U_B, U_C$  (рис. 4, б), располагая их под углом  $120^{\circ}$ , друг относительно друга. Чередование фаз обычное: за фазой А - фаза В, за фазой В - фаза С. В фазе А угол сдвига  $\varphi_A$  отрицательный, т.е. ток  $I_A$  опережает фазное напряжение  $U_A$  на угол  $\varphi_A = -36^{\circ}50'$ . Длина вектора тока  $I_A$  в принятом масштабе составит  $\frac{22}{10} = 2,2см$ , а длина

вектора фазного напряжения  $U - \frac{220}{40} = 5,5см$ . В фазе В угол сдвига  $\varphi_B > 0$ , т.е. ток отстает

от фазного напряжения  $U_B$  на угол  $\varphi_B = 53^{\circ}10'$ ; длина вектора тока  $I_B = \frac{44А}{10 \frac{А}{см}} = 4,4см$ . В

фазе  $C$  ток и напряжение  $U_C$  совпадает по фазе, так как  $\varphi_C = 0$ . Длина вектора тока

$$I_C = \frac{22A}{10 \frac{A}{cm}} = 2,2cm.$$

Ток в нулевом проводе  $I_0$  равен геометрической сумме трех фазных токов. Измеряя длину вектора тока,  $I_0$  получаем в нормальном режиме  $4,5cm$ , поэтому  $I_0 = 45A$ . Векторы линейных напряжений на диаграмме не показаны, чтобы не усложнять чертеж.

5. При отключении линейного автомата в фазе  $A$  на векторной диаграмме остаются фазные напряжения  $U_B$  и  $U_C$  и продолжают протекать в этих фазах токи  $I_B$  и  $I_C$ . Ток  $I_A = 0$ . Поэтому ток в нулевом проводе  $I'_0$  равен геометрической сумме токов фаз  $B$  и  $C$  (рис. 4, б). Измеряя длину вектора тока  $I'_0$  получаем  $I'_0 = 5,5cm$  или  $I'_0 = 55A$ .

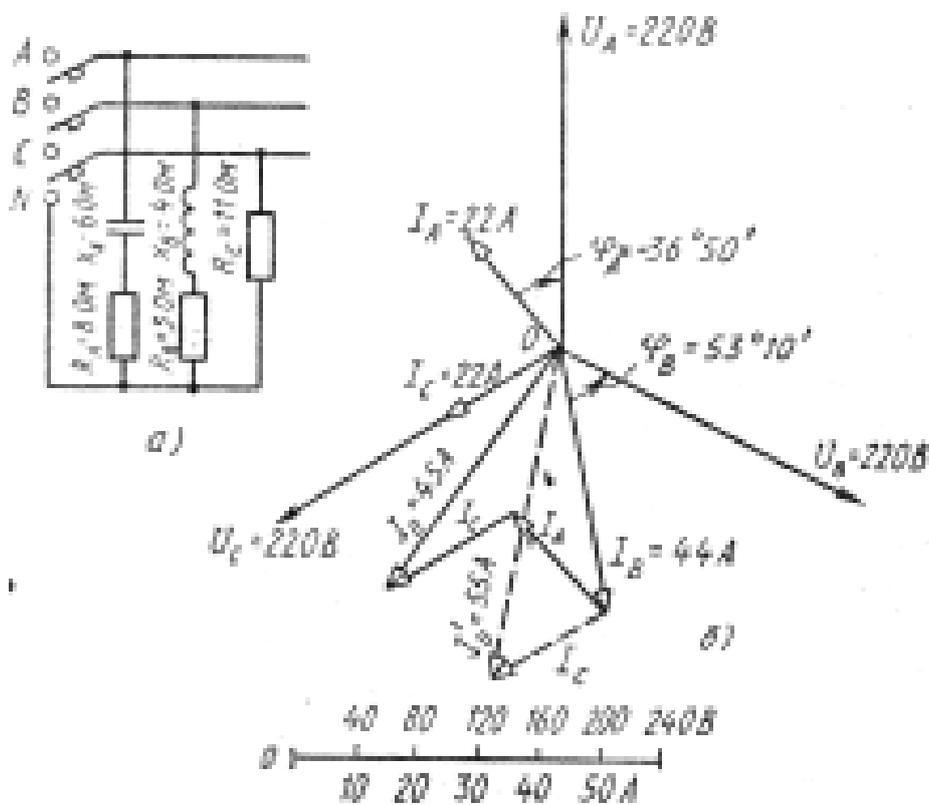


Рисунок 4.

**Пример 5.** В трехфазную сеть включили треугольником несимметричную нагрузку (рис. 5, а): в фазу  $AB$  - активное сопротивление  $R_{AB} = 10 \text{ Ом}$ ; в фазу  $BC$  - индуктивное сопротивление  $x_{BC} = 6 \text{ Ом}$  и активное  $R_{BC} = 8 \text{ Ом}$ ; в фазу  $CA$  - активное сопротивление  $R_{CA} = 5 \text{ Ом}$ . Линейное напряжение сети  $U_{ном} = 220 \text{ В}$ . Определить фазные токи и начертить векторную диаграмму цепи, из которой графически найти линейные токи в следующих случаях: 1) в нормальном режиме; 2) при аварийном включении линейного провода  $A$ ; 3) при аварийном отключении фазы  $AB$ .

Решение: 1. *Нормальный режим.* Определяем фазные токи:

$$I_{AB} = \frac{U_{ном}}{R_{AB}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А};$$

$$I_{BC} = \frac{U_{ном}}{Z_{BC}} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{R_{BC}^2 + x_{BC}^2}} = \frac{220}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 22 \text{ А};$$

$$I_{CA} = \frac{U_{ном}}{R_{CA}} = \frac{220}{5} = 44 \text{ А}.$$

Вычисляем углы сдвига фаз в каждой фазе:

$$\varphi_{AB} = 0; \quad \varphi_{CA} = 0;$$

$$\varphi_{BC} = \frac{x_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{6}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 0,6; \quad \varphi_{BC} = 36^\circ 50'.$$

Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току:  $1 \text{ см} - 10 \text{ А}$  и напряжению:  $1 \text{ см} - 40 \text{ В}$ . Затем в принятом масштабе откладываем вектор фазных (они же линейные) напряжений  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  под углом  $120^\circ$  друг относительно друга (рис. 5, б). Затем откладываем вектор фазных токов: ток в фазе  $AB$  совпадает с напряжением  $U_{AB}$ ; в фазе  $BC$  ток отстает от напряжения  $U_{BC}$  на угол  $\varphi_{BC} = 36^\circ 50'$ ; ток в фазе  $CA$  совпадает с напряжением  $U_{CA}$ . Затем строим вектор линейных токов на основании известных уравнений:

$$I_A = I_{AB} + (-I_{CA});$$

$$I_B = I_{BC} + (-I_{AB});$$

$$I_C = I_{CA} + (-I_{BC}).$$

Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь масштабом, находим их значение:

$$I_A = 55 \text{ А}; \quad I_B = 43 \text{ А}; \quad I_C = 48 \text{ А}.$$

2. *Аварийное отключение линейного провода  $A$ .* В этом случае трехфазная цепь превращается в однофазную с двумя параллельно включенными ветвями  $CAB$  и  $BC$  и рассчитывается как обычная однофазная схема с одним напряжением  $U_{BC}$ . Определяем токи  $I_{CAB}$  и  $I_{BC}$ .

Полное сопротивление ветви  $Z_{CAB} = R_{CA} + R_{AB} = 5 + 10 = 15 \text{ Ом}$ . Сила тока

$$I_{CAB} = \frac{U_{BC}}{Z_{CAB}} = \frac{220}{15} = 14,7 \text{ А}; \quad \varphi_{CAB} = 0.$$

Полное сопротивление ветви  $BC$   $Z_{BC} = \sqrt{R_{BC}^2 + x_{BC}^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ Ом}$ . Сила тока

$$I_{BC} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А}; \quad \varphi_{BC} = 36^\circ 50'.$$

На рис. 6, г построена векторная диаграмма цепи. Из диаграммы находим линейные токи:

$$I_B = I_C = 38 \text{ А}.$$

По направлению же эти токи обратны.

3. Аварийное отключение фазы АВ. При этом ток в отключенной фазе равен нулю, а токи в двух фазах остаются прежними. На рис. 6, в показана векторная диаграмма для этого случая. Ток  $I_{AB} = 0$ ; линейные токи определяются согласно уравнениям:

$$I_A = I_{AB} + (-I_{CA}) = -I_{CA};$$

$$I_B = I_{BC} + (-I_{AB}) = I_{BC};$$

$$I_C = I_{CA} + (-I_{BC}).$$

Таким образом, только линейный ток  $I_C$  сохраняет вою величину; токи  $I_A$  и  $I_B$  изменяются до фазных значений. Из диаграммы графически находим линейные токи:

$$I_A = 44A; \quad I_B = 22A; \quad I_C = 45A.$$

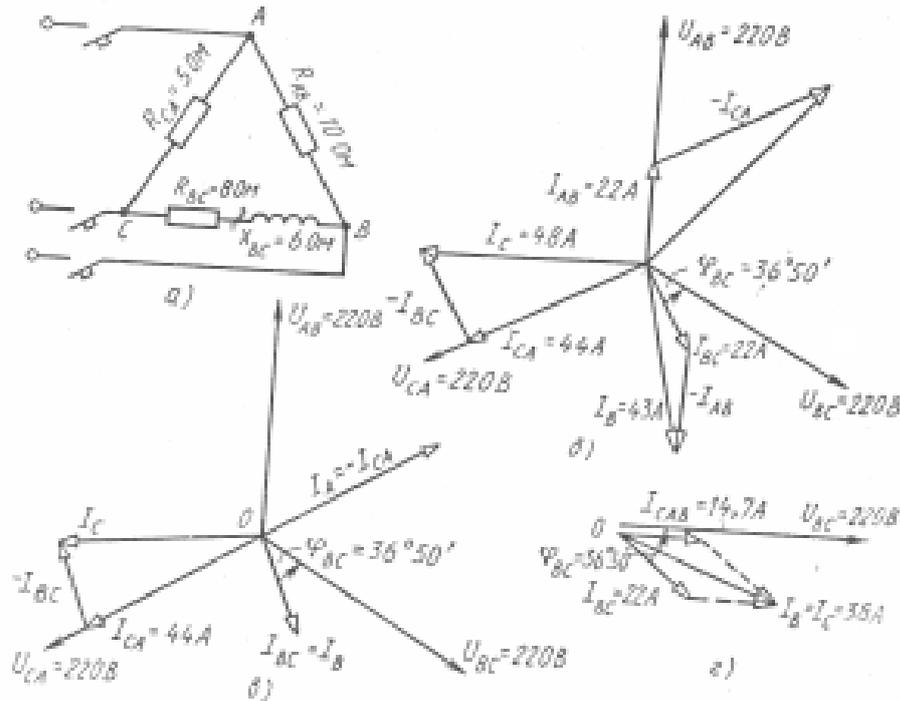
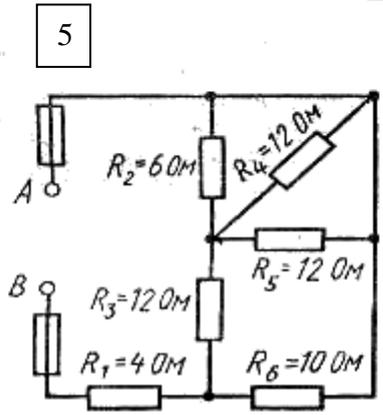
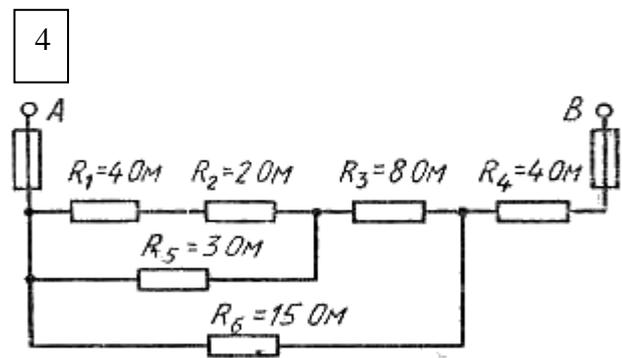
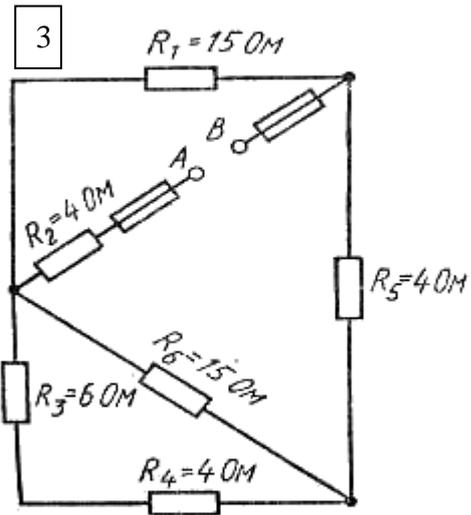
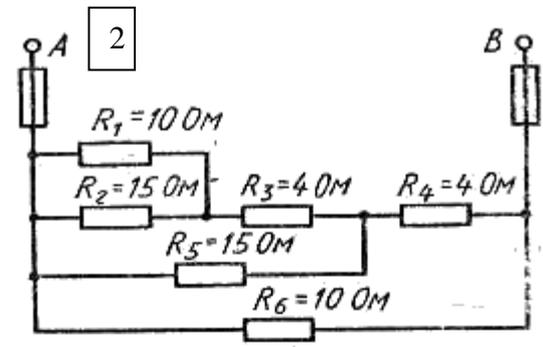
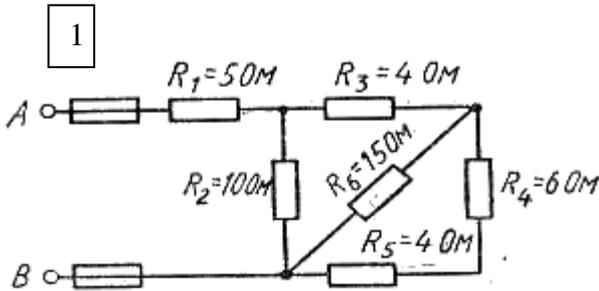


Рисунок 5.

## ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

**Задача 1 (варианты 01-100).** Цепь постоянного тока содержит шесть резисторов, соединенных смешанно. Схема цепи и значения резисторов указаны на соответствующем рисунке. Номер рисунка и величина одного из заданных токов или напряжений приведены в таблице 2. Индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует указанное напряжение. Например, через резистор  $R_5$  проходит ток  $I_5$  и на нем действует напряжение  $U_5$ . Определить:

- 1) эквивалентное сопротивление цепи относительно вводов АВ;
- 2) ток в каждом резисторе;



- 3) напряжение на каждом резисторе;
- 4) расход электрической энергии цепью за 10 ч.

С помощью логических рассуждений пояснить характер изменения одного из значений, заданных в таблице вариантов (увеличится, уменьшится, останется прежней), если заданный в таблице резистор либо замыкается накоротко, либо выключается из схемы. В случае возникновения трудностей логического пояснения следует рассчитать указанное значение в измененной схеме и дать ответ.

Таблица 2.

Номер вариантов	Номер рисунков	Задаваемая величина	Действие с резисторами		Изменение какой величины рассматривать
			Замыкается накоротко	Выключается их схемы	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>01</b>	1	$I_{4,5} = 6A$	-	$R_3$	$I_2$
<b>02</b>	1	$U_2 = 100B$	$R_6$	-	$U_1$
<b>03</b>	1	$I_2 = 10A$	-	$R_4$	$I_3$
<b>04</b>	1	$U_3 = 40B$	$R_5$	-	$I_{4,5}$
<b>05</b>	1	$U_1 = 100B$	-	$R_2$	$I_1$
<b>06</b>	1	$U_{AB} = 200B$	$R_3$	-	$U_6$
<b>07</b>	1	$I_1 = 20A$	-	$R_6$	$I_3$
<b>08</b>	1	$U_6 = 60B$	$R_2$	-	$I_1$
<b>09</b>	1	$U_4 = 36B$	-	$R_2$	$I_3$
<b>10</b>	1	$I_6 = 4A$	$R_1$	-	$U_2$
<b>11</b>	1	$I_2 = 5A$	-	$R_6$	$U_2$
<b>12</b>	1	$U_3 = 20B$	$R_4$	-	$I_5$
<b>13</b>	1	$I_{4,5} = 3A$	-	$R_4$	$I_6$
<b>14</b>	1	$U_{AB} = 100B$	$R_6$	-	$U_1$
<b>15</b>	1	$I_1 = 10A$	-	$R_3$	$I_1$
<b>16</b>	1	$I_6 = 2A$	$R_5$	-	$I_3$
<b>17</b>	1	$U_1 = 50B$	-	$R_6$	$I_{4,5}$
<b>18</b>	1	$U_{4,5} = 30B$	$R_2$	-	$I_3$
<b>19</b>	1	$I_3 = 5A$	-	$R_2$	$U_3$
<b>20</b>	1	$U_2 = 50B$	$R_1$	-	$U_6$
<b>21</b>	2	$U_{AB} = 30B$	-	$R_6$	$U_1$
<b>22</b>	2	$I_1 = 1,08A$	$R_4$	-	$I_5$
<b>23</b>	2	$U_1 = 10,8B$	-	$R_1$	$I_3$
<b>24</b>	2	$I_2 = 0,72A$	$R_5$	-	$I_4$
<b>25</b>	2	$I_3 = 1,8A$	-	$R_2$	$U_4$
<b>26</b>	2	$U_4 = 12B$	$R_3$	-	$I_4$
<b>27</b>	2	$I_6 = 3A$	-	$R_4$	$I_6$
<b>28</b>	2	$U_5 = 18B$	$R_1$	-	$U_3$
<b>29</b>	2	$I_5 = 1,2A$	-	$R_3$	$U_5$
<b>30</b>	2	$U_3 = 7,2B$	$R_2$	-	$I_5$
<b>31</b>	2	$I_1 = 3,24A$	-	$R_5$	$U_3$

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>32</b>	2	$U_5 = 54B$	$R_1$	-	$U_2$
<b>33</b>	2	$I_4 = 9A$	-	$R_1$	$I_4$
<b>34</b>	2	$U_2 = 32,4B$	$R_3$	-	$I_6$
<b>35</b>	2	$I_5 = 3,6A$	-	$R_2$	$I_4$
<b>36</b>	2	$U_{AB} = 90B$	$R_2$	-	$I_4$
<b>37</b>	2	$U_3 = 21,6B$	-	$R_3$	$I_5$
<b>38</b>	2	$I_2 = 2,16A$	$R_4$	-	$U_5$
<b>39</b>	2	$I_3 = 5,4A$	-	$R_5$	$U_4$
<b>40</b>	2	$U_4 = 36B$	$R_3$	-	$U_4$
<b>41</b>	3	$U_{AB} = 60B$	-	$R_2$	$I_1$
<b>42</b>	3	$I_2 = 6A$	$R_1$	-	$I_2$
<b>43</b>	3	$U_1 = 36B$	-	$R_1$	$U_2$
<b>44</b>	3	$I_{3,4} = 2,16A$	$R_2$	-	$I_1$
<b>45</b>	3	$U_5 = 14,4B$	-	$R_3$	$I_2$
<b>46</b>	3	$I_1 = 2,4A$	$R_3$	-	$U_4$
<b>47</b>	3	$U_2 = 24B$	-	$R_4$	$U_6$
<b>48</b>	3	$I_5 = 36A$	$R_4$	-	$I_3$
<b>49</b>	3	$U_6 = 21,5B$	-	$R_5$	$U_1$
<b>50</b>	3	$I_6 = 1,44A$	$R_5$	-	$U_6$
<b>51</b>	3	$I_{3,4} = 4,32A$	-	$R_6$	$U_3$
<b>52</b>	3	$U_6 = 43,2B$	$R_6$	-	$I_3$
<b>53</b>	3	$I_5 = 7,2A$	-	$R_1$	$I_2$
<b>54</b>	3	$U_{AB} = 120B$	$R_1$	-	$U_1$
<b>55</b>	3	$I_6 = 2,88A$	-	$R_3$	$U_6$
<b>56</b>	3	$U_2 = 48B$	$R_2$	-	$U_1$
<b>57</b>	3	$I_1 = 4,8A$	-	$R_4$	$I_5$
<b>58</b>	3	$U_1 = 72B$	$R_3$	-	$I_4$
<b>59</b>	3	$I_2 = 12A$	-	$R_5$	$I_1$
<b>60</b>	3	$U_5 = 28,8B$	$R_6$	-	$I_5$
<b>61</b>	4	$I_{1,2} = 3,6A$	-	$R_6$	$I_4$
<b>62</b>	4	$U_5 = 21,6B$	$R_1$	-	$U_3$
<b>63</b>	4	$I_3 = 10,8A$	-	$R_5$	$U_4$
<b>64</b>	4	$U_6 = 108B$	$R_4$	-	$I_1$
<b>65</b>	4	$I_5 = 7,2A$	-	$R_3$	$I_6$
<b>66</b>	4	$U_4 = 72B$	$R_2$	-	$U_1$
<b>67</b>	4	$I_6 = 7,2A$	-	$R_1$	$I_3$
<b>68</b>	4	$U_3 = 86,4B$	$R_3$	-	$R_{AB}$
<b>69</b>	4	$I_4 = 18A$	-	$R_2$	$U_4$
<b>70</b>	4	$U_{AB} = 180B$	$R_5$	-	$U_{1,2}$
<b>71</b>	4	$I_4 = 12A$	-	$R_6$	$U_4$

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<b>72</b>	4	$U_6 = 72B$	$R_6$	-	$I_6$
<b>73</b>	4	$U_{AB} = 120B$	-	$R_5$	$I_3$
<b>74</b>	4	$I_6 = 4,8A$	$R_1$	-	$I_4$
<b>75</b>	4	$U_3 = 57,6B$	-	$R_3$	$U_4$
<b>76</b>	4	$I_5 = 4,8A$	$R_2$	-	$I_4$
<b>77</b>	4	$I_3 = 7,2A$	-	$R_2$	$R_{AB}$
<b>78</b>	4	$U_5 = 14,4B$	$R_3$	-	$I_4$
<b>79</b>	4	$I_{1,2} = 2,4A$	-	$R_1$	$U_3$
<b>80</b>	4	$U_4 = 48B$	$R_4$	-	$I_6$
<b>81</b>	5	$I_1 = 8A$	-	$R_2$	$I_3$
<b>82</b>	5	$U_6 = 48B$	$R_1$	-	$I_6$
<b>83</b>	5	$I_3 = 3,2A$	-	$R_3$	$U_6$
<b>84</b>	5	$U_1 = 32B$	$R_2$	-	$I_3$
<b>85</b>	5	$U_{AB} = 80B$	-	$R_4$	$U_3$
<b>86</b>	5	$I_6 = 4,8A$	$R_3$	-	$I_2$
<b>87</b>	5	$U_3 = 38,4B$	-	$R_5$	$I_3$
<b>88</b>	5	$I_2 = 1,6A$	$R_4$	-	$U_2$
<b>89</b>	5	$I_3 = 3,2A$	-	$R_6$	$I_1$
<b>90</b>	5	$U_4 = 9,6B$	$R_5$	-	$U_1$
<b>91</b>	5	$I_1 = 16A$	-	$R_2$	$R_{AB}$
<b>92</b>	5	$U_6 = 96B$	$R_1$	-	$I_3$
<b>93</b>	5	$I_3 = 6,4A$	-	$R_3$	$I_6$
<b>94</b>	5	$U_{AB} = 160B$	$R_4$	-	$I_1$
<b>95</b>	5	$I_6 = 9,6A$	-	$R_4$	$I_1$
<b>96</b>	5	$U_1 = 64B$	$R_2$	-	$U_3$
<b>97</b>	5	$I_2 = 3,2A$	-	$R_5$	$U_6$
<b>98</b>	5	$U_3 = 76,8B$	$R_3$	-	$U_5$
<b>99</b>	5	$I_4 = 1,6A$	-	$R_6$	$U_1$
<b>00</b>	5	$U_2 = 19,2B$	$R_6$	-	$R_{AB}$

**Задача 2. (варианты 01-00).** Неразветвленная цепь переменного тока, показанная на соответствующем рисунке, содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице 3. Кроме того, известна одна из дополнительных величин ( $U$ ,  $I$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ ). Определить следующие величины, если оно не заданы в таблице вариантов: 1) полное сопротивление цепи  $Z$ ; 2) напряжение  $U$ , приложенное к цепи; 3) силу тока в цепи  $I$ ; 4) угол сдвига фаз  $\varphi$  (величину и знак); 5) активную  $P$ , реактивную  $Q$  и полную  $S$  мощности, потребляемые цепью. Начертить в масштабе векторную диаграмму в цепи и пояснить её построение. С помощью логических рассуждений пояснить, как изменится ток в цепи и угол сдвига фаз, если частоту тока увеличить вдвое. Напряжение, приложенное к цепи, считать неизменным.

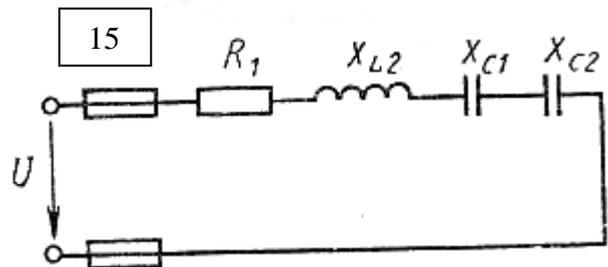
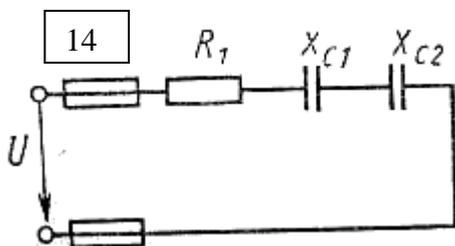
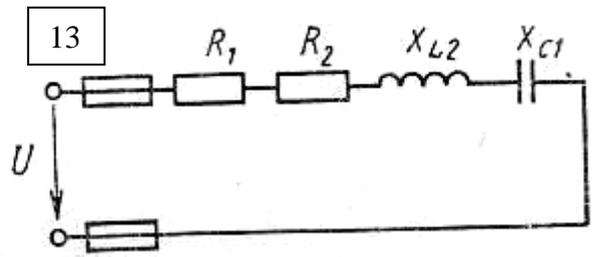
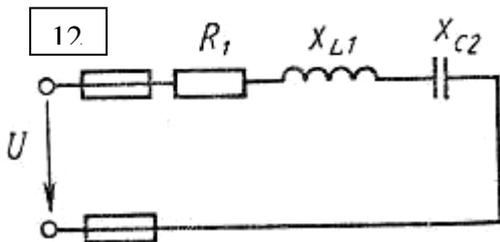
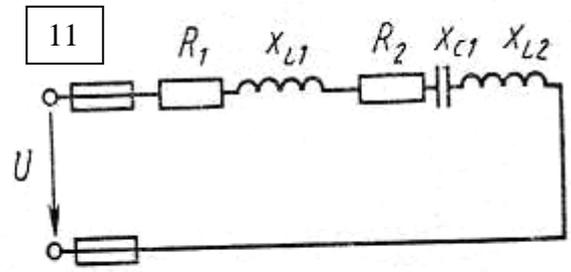
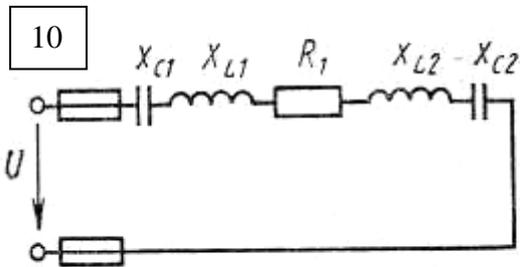
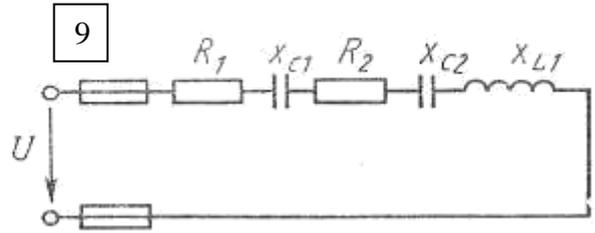
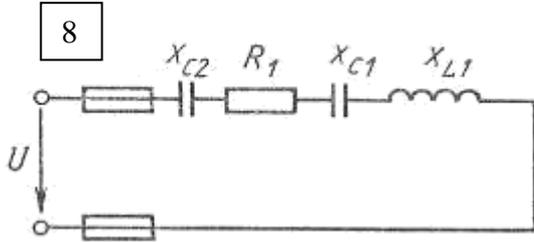
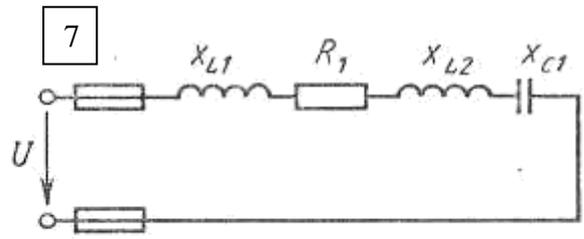
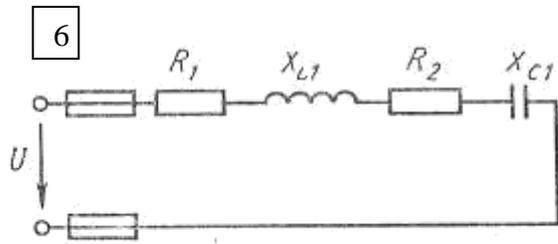


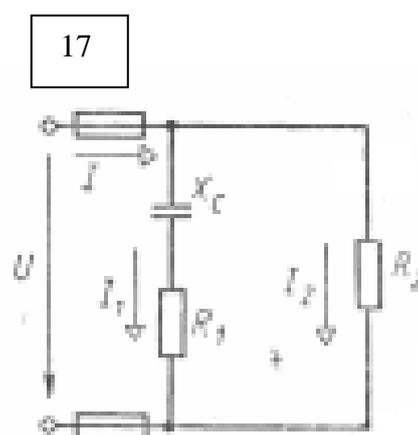
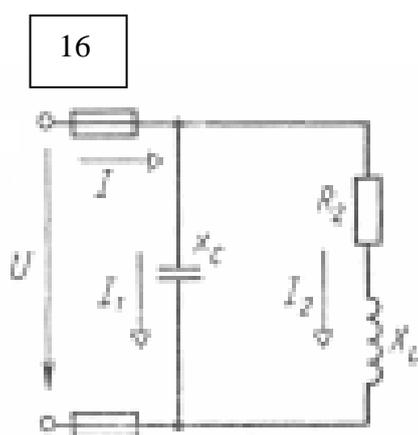
Таблица 3.

Номера вариантов	Номера рисунков	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$x_{L1}, Ом$	$x_{L2}, Ом$	$x_{C1}, Ом$	$x_{C2}, Ом$	Дополнительная величина
01	6	8	4	18	-	2	-	$I = 10A$
02	6	10	20	50	-	10	-	$P = 120Вт$
03	6	3	1	5	-	2	-	$P_2 = 100Вт$
04	6	12	20	30	-	6	-	$U_1 = 72В$
05	6	4	8	18	-	2	-	$U = 40В$
06	6	2	1	4	-	8	-	$Q_1 = -96вар$
07	6	20	10	10	-	50	-	$Q = -640вар$
08	6	1	3	2	-	5	-	$Q_{C1} = -125вар$
09	6	1	2	8	-	4	-	$S = 80В \cdot A$
10	6	8	4	6	-	22	-	$P_1 = 32Вт$
11	7	6	-	2	10	4	-	$U = 40В$
12	7	4	-	6	2	5	-	$P = 16Вт$
13	7	16	-	15	5	8	-	$Q_{L1} = 135вар$
14	7	32	-	8	4	12	-	$Q_{L2} = 16вар$
15	7	8	-	2	2	10	-	$Q_{C1} = -20вар$
16	7	3	-	10	12	26	-	$P_1 = 48Вт$
17	7	40	-	38	8	16	-	$U_2 = 12В$
18	7	16	-	3	5	20	-	$Q_{C1} = -720вар$
19	7	6	-	10	2	4	-	$I = 5A$
20	7	4	-	3	6	12	-	$S = 500В \cdot A$
21	8	4	-	6	-	4	5	$P = 100Вт$
22	8	8	-	6	-	8	4	$U_{C2} = 40В$
23	8	80	-	100	-	25	15	$I = 1A$
24	8	60	-	20	-	40	60	$Q_{C2} = -240вар$
25	8	48	-	36	-	60	40	$P_1 = 432Вт$
26	8	4	-	9	-	3	3	$U = 20В$
27	8	40	-	50	-	12	8	$Q_{L1} = 200вар$
28	8	12	-	16	-	10	6	$U_{L1} = 160В$
29	8	24	-	28	-	35	25	$S = 1000В \cdot A$
30	8	8	-	12	-	4	2	$Q_{L1} = 48вар$
31	9	10	14	18	-	20	30	$U_{R2} = 28В$
32	9	6	2	10	-	1	3	$P = 200Вт$
33	9	40	20	20	-	80	20	$Q_{C1} = -320вар$
34	9	30	34	32	-	50	30	$U_{C1} = 500В$
35	9	1	3	10	-	4	3	$Q = 48вар$
36	9	3	1	5	-	6	2	$S = 180В \cdot A$
37	9	24	40	52	-	40	60	$Q_{L1} = 468вар$
38	9	2	6	4	-	2	8	$U = 40В$
39	9	14	10	50	-	10	8	$I = 5A$
40	9	50	30	100	-	20	20	$P_2 = 480Вт$
41	10	12	-	10	4	20	10	$Q = -64вар$

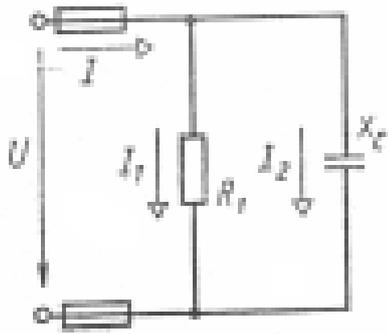
42	10	32	-	20	20	6	10	$I = 4A$
43	10	32	-	25	15	8	8	$U_{L1} = 125B$
44	10	40	-	30	20	12	8	$S = 800B \cdot A$
45	10	80	-	10	10	40	40	$Q_{L2} = 40\text{вар}$
46	10	4	-	2	8	4	3	$U_{C2} = 15B$
47	10	12	-	20	10	4	10	$U = 80B$
48	10	40	-	10	10	30	20	$Q_{C1} = -480\text{вар}$
49	10	24	-	8	10	20	30	$P = 96Bm$
50	10	3	-	5	5	4	2	$U_{R1} = 30B$
51	11	4	2	5	6	3	-	$I = 5A$
52	11	8	4	10	15	9	-	$I = 10A$
53	11	2	4	6	5	3	-	$U = 50B$
54	11	4	8	10	15	9	-	$Q = 1600\text{вар}$
55	11	4	2	5	6	3	-	$P = 150Bm$
56	11	4	8	15	10	9	-	$U = 200B$
57	11	2	4	6	5	3	-	$Q = 200\text{вар}$
58	11	8	4	10	15	9	-	$P = 1200Bm$
59	11	4	2	6	5	3	-	$S = 250B \cdot A$
60	11	8	4	15	10	9	-	$S = 2000B \cdot A$
61	12	8	-	12	-	-	6	$P = 72Bm$
62	12	4	-	15	-	-	12	$U = 30B$
63	12	3	-	8	-	-	4	$I = 3A$
64	12	4	-	5	-	-	8	$Q_{L1} = 80\text{вар}$
65	12	8	-	6	-	-	12	$Q = -48\text{вар}$
66	12	4	-	5	-	-	8	$P = 256Bm$
67	12	4	-	8	-	-	5	$S = 320B \cdot A$
68	12	4	-	5	-	-	8	$Q = -192\text{вар}$
69	12	3	-	8	-	-	4	$I = 8A$
70	12	8	-	12	-	-	6	$S = 90B \cdot A$
71	13	2	6	-	10	4	-	$U = 20B$
72	13	6	10	-	8	20	-	$Q = -192\text{вар}$
73	13	6	2	-	16	10	-	$P = 32Bm$
74	13	10	6	-	8	20	-	$P = 256Bm$
75	13	4	4	-	2	8	-	$I = 2A$
76	13	10	6	-	20	8	-	$I = 4A$
77	13	3	1	-	9	6	-	$U = 80B$
78	13	6	2	-	4	10	-	$Q = -24\text{вар}$
79	13	6	10	-	20	8	-	$S = 320B \cdot A$
80	13	3	5	-	12	6	-	$S = 40B \cdot A$
81	14	3	-	-	-	1	3	$I = 6A$
82	14	12	-	-	-	10	6	$U = 80B$
83	14	8	-	-	-	4	2	$S = 250B \cdot A$
84	14	3	-	-	-	3	1	$U = 30B$
85	14	16	-	-	-	8	4	$P = 64Bm$
86	14	6	-	-	-	2	6	$Q = -32\text{вар}$

87	14	12	-	-	-	8	8	$S = 500B \cdot A$
88	14	4	-	-	-	2	1	$Q = -48вар$
89	14	24	-	-	-	12	20	$I = 4A$
90	14	8	-	-	-	5	1	$P = 32Bm$
91	15	8	-	12	-	4	2	$U = 80B$
92	15	12	-	22	-	2	4	$S = 800B \cdot A$
93	15	6	-	16	-	6	2	$I = 6A$
94	15	3	-	12	-	5	3	$Q = 100вар$
95	15	4	-	10	-	3	4	$P = 64Bm$
96	15	8	-	6	-	10	2	$S = 250B \cdot A$
97	15	12	-	4	-	12	8	$U = 100B$
98	15	24	-	8	-	25	15	$P = 24Bm$
99	15	5	-	14	-	8	6	$U = 30B$
00	15	32	-	40	-	10	6	$I = 2A$

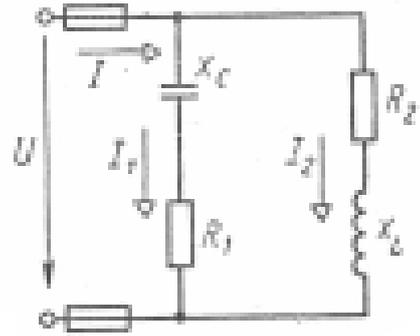
**Задача 3 (вариант 01-00).** Разветвленная цепь переменного тока состоит из двух параллельных ветвей, содержащих в зависимости от варианта активные сопротивления  $R_1$  и  $R_2$  и реактивные  $x_L$  и  $x_C$ . полные сопротивления цепей  $Z_1$  и  $Z_2$ . К цепи приложено напряжение  $U$ . Токи в цепях соответственно равны  $I_1$  и  $I_2$ ; ток в неразветвленной части цепи равен  $I$ . Ветви потребляют активные мощности  $P_1$  и  $P_2$ , и реактивные  $Q_1$  и  $Q_2$ . Общие активная и реактивная мощности цепи  $P$  и  $Q$ , а полная мощность цепи  $S$ . В табл. 5 указан также номер рисунка со схемой цепи. Определить значения, отмеченные прочерками в таблице вариантов, и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Перед построением диаграммы вычислите углы сдвига фаз,  $\varphi_1, \varphi_2$  и  $\varphi$ . Какие изменения произойдут в цепи при ее включении на постоянное напряжение?



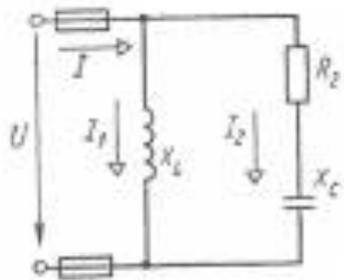
18



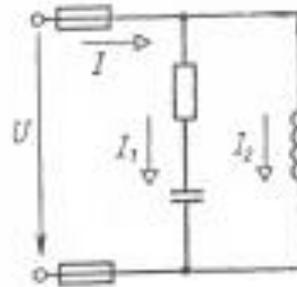
19



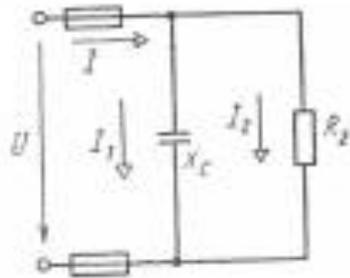
20



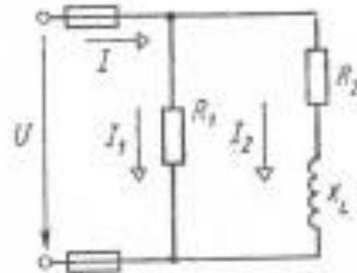
21



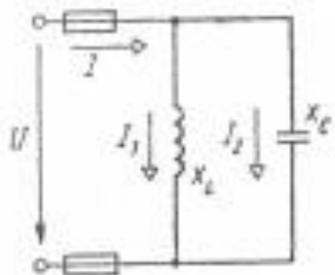
22



23



24



25

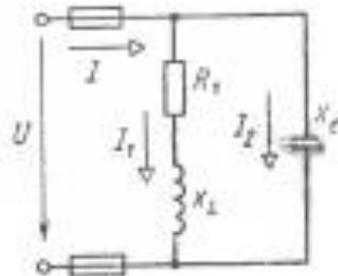


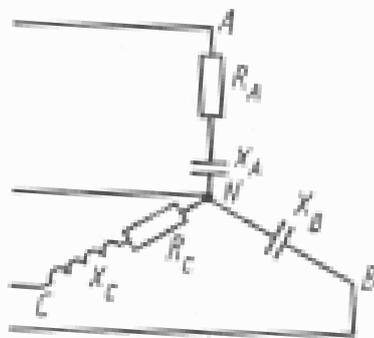
Таблица 4.

Номера вариантов	Номера рисунков	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$x_L, Ом$	$x_C, Ом$	$Z_1, Ом$	$Z_2, Ом$	$U, В$	$I_1, А$	$I_2, Ом$	$I, А$	$P_1, Вт$	$Q_1, вар$	$P_2, Вт$	$Q_2, вар$	$P, Вт$	$Q, вар$	$S, В \cdot А$
01	16	нет	3	4	20	-	-	60	-	-	-	нет	-	-	-	-	-	-
02	16	»	4	-	-	-	-	-	3	12	-	»	180	-	-	-	-	-
03	16	»	-	48	-	-	80	-	-	2	-	»	160	-	-	-	-	-
04	16	»	-	4	-	-	-	-	-	12	-	»	-	-	-	432	-	585
05	16	»	-	-	-	-	-	160	-	-	-	»	160	256	192	-	-	-
06	16	»	-	4	-	-	-	-	3	12	-	»	-	432	-	-	-	-
07	16	»	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	»	-	-	-	256	32	-
08	16	»	64	48	-	60	-	160	-	-	-	»	-	-	-	-	-	-
09	16	»	-	-	20	-	5	-	3	-	-	»	-	-	576	-	-	-
10	16	»	3	-	-	-	-	60	-	-	-	»	-	-	-	432	396	-
11	17	3	5	нет	4	-	-	25	-	-	-	»	-	-	нет	-	-	-
12	17	-	-	»	4	-	5	-	5	5	-	»	-	-	»	-	-	-
13	17	-	-	»	-	-	-	25	-	-	-	75	100	125	»	-	-	-
14	17	-	5	»	4	-	-	-	-	-	8,95	-	-	-	»	200	100	-
15	17	-	-	»	8	-	4	-	4	10	-	-	-	-	-	-	-	-
16	17	-	8	»	-	10	-	40	-	-	-	-	-	-	-	328	-	-
17	17	-	5	»	6	-	-	50	5	-	-	-	-	-	нет	-	-	-
18	17	8	4	»	-	10	-	-	-	10	-	-	-	-	»	-	-	-
19	17	-	-	»	8	10	4	40	-	-	-	-	-	-	»	-	-	-
20	17	3	-	»	4	-	-	-	5	-	-	-	-	-	»	-	-	250
21	18	20	нет	»	15	-	-	120	-	-	-	-	нет	нет	-	-	-	-
22	18	-	»	»	3	-	-	-	3	4	-	-	»	-	-	-	-	-
23	18	10	»	»	-	-	-	-	-	-	-	2250	»	-	3600	-	-	-
24	18	-	»	»	-	15	20	60	-	-	-	-	»	-	-	-	-	-
25	18	-	»	»	-	-	3	-	12	-	-	-	»	-	-	720	-	-
26	18	-	»	»	-	-	-	48	-	-	-	-	»	-	-	576	768	-
27	18	3	»	»	-	-	-	24	-	-	10	-	»	-	-	-	-	-
28	18	-	»	»	-	4	-	-	-	-	-	576	»	-	-	-	-	960
29	18	-	»	»	-	-	-	-	15	-	25	-	»	-	2400	-	-	-
30	18	6	-	-	8	-	-	48	-	-	-	-	нет	нет	-	-	-	-
31	19	12	20	15	16	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	19	-	16	-	6	10	20	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	19	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	1200	1600	1280	960	-	-	-
34	19	-	-	4	-	-	5	80	8	-	-	512	-	-	-	-	-	-
35	19	8	-	4	6	-	5	-	-	-	-	-	384	-	-	-	-	-
36	19	12	20	15	-	-	-	200	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	19	8	8	-	6	-	-	-	8	-	-	-	-	512	-	-	-	-
38	19	8	3	-	-	-	-	80	8	16	-	-	-	-	-	-	-	-
39	19	12	-	15	-	-	-	-	10	8	-	-	1600	-	-	-	-	-
40	19	-	-	-	6	10	-	-	8	16	-	-	-	768	-	-	-	-
41	20	нет	3	2,5	4	-	-	50	-	-	-	нет	-	-	-	-	-	-
42	20	»	-	10	-	-	5	60	-	-	-	»	-	576	-	-	-	-
43	20	»	-	6	-	-	-	-	16	8	-	»	-	-	-	-	896	-
44	20	»	3	-	-	2,5	5	-	20	-	-	»	-	-	-	-	-	-
45	20	»	6	5	-	-	-	100	-	10	-	»	-	-	-	-	-	-
46	20	»	-	-	-	-	-	-	-	10	-	»	1000	300	400	-	-	-
47	20	»	8	-	6	-	-	-	-	-	-	»	8000	-	2400	-	-	-
48	20	»	-	2,5	-	-	-	-	80	-	-	»	-	300	400	-	-	-

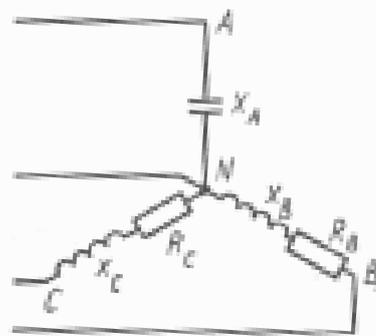
49	20	»	-	-	-	-	5	-	10	-	-	»	-	-	400	300	-	-
50	20	»	8	-	-	5	-	200	-	20	-	»	-	-	-	-	-	-
51	21	8	нет	5	6	-	-	50	-	-	-	-	-	нет	-	-	-	-
52	21	-	»	-	-	5	-	-	5	10	-	200	150	»	-	-	-	-
53	21	8	»	-	-	-	-	-	-	10	-	200	-	»	500	-	-	-
54	21	-	»	-	6	-	-	50	5	-	-	-	-	»	500	-	-	-
55	21	4	»	-	-	-	-	50	-	10	-	-	-	»	-	400	-	-
56	21	-	»	10	16	-	-	-	-	-	-	-	256	»	640	-	-	-
57	21	3	»	-	-	-	-	40	-	4	-	192	-	»	-	-	-	-
58	21	12	»	-	-	-	-	80	4	-	-	-	-	»	-	-	384	-
59	21	-	»	5	-	-	-	-	5	10	-	-	-	»	-	200	-	-
60	21	12	»	-	16	-	-	-	4	-	-	-	-	»	-	-	384	-
61	22	нет	5	нет	4	-	-	20	-	-	-	нет	-	-	нет	-	-	-
62	22	»	-	»	-	-	-	-	5	-	-	-	-	»	-	80	100	-
63	22	»	-	»	7,5	-	-	-	-	12	20	»	-	-	»	-	-	-
64	22	»	5	»	-	-	-	-	5	4	-	»	-	-	»	-	-	-
65	22	»	-	»	-	-	-	40	-	-	-	»	100	80	»	-	-	-
66	22	»	-	»	-	-	-	24	-	3	5	»	-	-	»	-	-	-
67	22	»	-	»	-	-	-	24	-	-	-	»	96	72	»	-	-	-
68	22	»	-	»	-	-	-	-	4	3	-	»	-	-	»	-	-	120
69	22	»	-	»	-	-	-	24	-	-	-	»	96	-	»	72	-	-
70	22	»	8	»	-	-	-	-	-	2	-	»	16	-	-	-	-	-
71	23	4	6	8	нет	-	-	40	-	-	-	-	нет	-	-	-	-	-
72	23		6	-	»	-	-	-	10	-	-	400	»	96	-	-	-	-
73	23	25	6	8	»	-	-	-	-	-	-	400	»	-	-	-	-	-
74	23	4	-	8	»	-	-	-	-	4	-	400	»	-	-	-	-	-
75	23	-	-	-	»	-	-	24	10	2,4	-	-	»	-	128	-	-	-
76	23	20	-	-	»	-	-	-	-	-	-	500	»	-	-	2100	1200	-
77	23	-	4	3	»	-	-	-	-	20	-	-	»	-	-	-	-	2420
78	23	-	-	-	»	-	-	100	5	-	-	-	»	1600	1200	-	-	-
79	23	20	-	3	»	-	-	-	5	-	-	-	»	-	-	-	1200	-
80	23	-	4	-	»	-	-	-	-	20	-	-	»	-	1200	-	-	2420
81	24	нет	нет	-	20	-	-	-	-	5	5*	нет	-	нет	-	нет	500	-
82	24	»	»	10	20	-	-	100	-	-	-	»	-	»	-	»	-	-
83	24	»	»	10	-	-	-	-	10	-	-	»	-	»	500	»	-	500
84	24	»	»	10	-	-	-	-	10	5	-	»	-	»	-	»	500	-
85	24	»	»	-	-	-	-	100	10	-	-	»	-	»	500	»	500	-
86	24	»	»	-	4	-	-	-	-	-	4	»	-	»	-	»	64	64
87	24	»	»	-	-	-	-	-	-	4	-	»	128	»	64	»	64	-
88	24	»	»	10	-	-	-	-	-	-	4	»	128	»	-	»	-	-
89	24	»	»	-	3	-	-	-	5	5	-	»	-	»	-	»	64	-
90	24	»	»	-	-	-	-	16	-	-	-	»	128	»	64	»	-	64
91	25	3	»	4	5	-	-	20	-	-	-	-	-	»	-	»	-	-
92	25	8	»	-	-	-	-	-	-	5	-	200	-	»	250	»	-	-
93	25	12	»	-	-	-	-	80	4	10	-	-	-	»	-	»	-	-
94	25	-	»	-	10	-	-	50	5	-	-	-	-	»	-	200	-	-
95	25	-	»	-	-	-	-	-	4	-	-	48	64	»	80	-	-	-
96	25	-	»	-	-	20	-	60	-	4	-	144	-	»	-	-	-	-
97	25	-	»	-	-	-	15	-	3	-	-	-	108	»	240	-	-	-
98	25	8	»	-	10	10	-	-	-	-	-	-	150	»	-	-	-	-
99	25	-	»	6	-	-	10	-	-	-	-	-	150	»	-	200	-	-
00	25	3	»	-	-	-	-	20	-	4	-	-	-	»	-	48	-	-

**Задача 4 (варианты 01-50).** Три группы сопротивлений соединили звездой с нулевым проводом и включили в трехфазную сеть переменного тока с линейным напряжением  $U_{\text{ли}}$ . Активные сопротивления в фазах  $A, B$  и  $C$  соответственно равны  $R_A, R_B$  и  $R_C$ ; реактивные  $x_A, x_B$  и  $x_C$ . Характер реактивных сопротивлений (индуктивное или емкостное) указан на схеме цепи. Углы сдвига фаз в каждой фазе равны  $\varphi_A, \varphi_B$  и  $\varphi_C$ . Линейные токи (они же фазные) в нормальном режиме равны  $I_A, I_B$  и  $I_C$ . Фазы нагрузки потребляют активные мощности  $P_A, P_B$  и  $P_C$ , и реактивные  $Q_A, Q_B$  и  $Q_C$ . В таблице вариантов указаны некоторые из этих величин и номер рисунка цепи. Для своего варианта начертить схему цепи; определить величины, отмеченные прочерками в таблице 6, и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи в нормальном режиме. Начертить векторную диаграмму цепи в аварийном режиме при отключении фазы  $A$ . Из векторных диаграмм определить графически токи в нулевом проводе в обоих режимах. При вычислениях принять:  $\sin 36^\circ 50' = \cos 53^\circ 10' = 0,6$ ;  $\sin 53^\circ 10' = \cos 36^\circ 50' = 0,8$ .

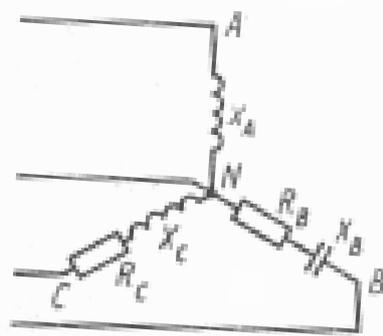
26



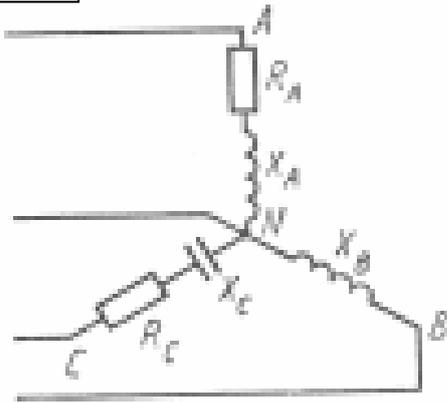
27



28



29



30

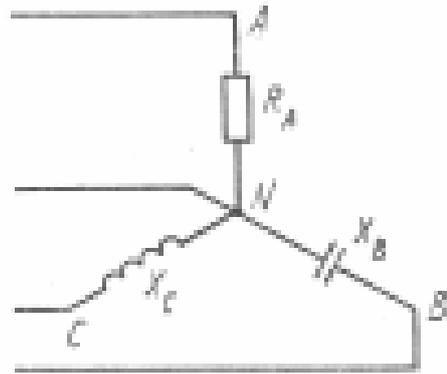


Таблица 5.

Номера вариантов	Номера рисунков	$U_{ном}, B$	$R_A, Ом$	$R_B, Ом$	$R_C, Ом$	$x_A, Ом$	$x_B, Ом$	$x_C, Ом$	$I_A, A$	$I_B, A$	$I_C, A$	$P_A, Вт$	$P_B, Вт$	$P_C, Вт$	$Q_A, вар$	$Q_B, вар$	$Q_C, вар$
01	26	380	-	нет	-	-	-	-	-	-	-	2904	нет	1936	3872	1100	1452
02	26	-	-	»	-	8	44	-	22	-	11	-	»	-	-	1100	1452
03	26	-	-	»	-	-	-	-	20	10	16	6400	»	3840	-	4000	-
04	26	208	4	»	30	3	-	40	-	10	-	-	»	-	-	-	-
05	26	380	6	»	-	8	-	-	-	5	-	-	»	1936	-	-	1452
06	26	-	-	»	30	3	-	40	24	-	2,4	-	»	-	-	1200	-
07	26	692	16	»	15	12	40	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08	26	-	-	»	-	-	40	20	-	10	-	6400	»	-	4800	-	5120
09	26	208	4	»	-	3	-	16	-	10	-	-	»	-	-	-	576
10	26	-	-	»	-	-	-	-	20	10	16	6400	»	3840	-	4000	-
11	27	660	нет	-	-	-	-	-	-	-	-	нет	8670	23120	36100	11550	17340
12	27	-	»	-	4	-	8	3	-	38	76	»	-	-	36100	-	-
13	27	104	»	4	6	15	3	8	-	-	-	»	-	-	-	-	-
14	27	-	»	-	-	-	-	-	4	-	-	»	576	216	240	432	288
15	27	-	»	-	4	4	-	3	95	38	-	»	8664	-	-	-	-
16	27	660	»	-	-	4	-	3	-	-	76	»	8670	-	-	11550	-
17	27	-	»	6	-	-	8	12	95	38	-	»	-	-	-	-	4332
18	27	-	»	4	6	-	-	8	4	-	-	»	576	216	-	-	-
19	27	-	»	4	-	15	3	-	-	-	6	»	-	-	240	-	288
20	27	104	»	3	-	-	-	6	4	12	6	»	-	-	-	-	-
21	28	660	»	-	4	4	-	3	-	-	-	»	8670	-	-	11550	-
22	28	104	»	4	6	15	3	8	-	-	-	»	-	-	-	-	-
23	28	-	»	-	4	4	4	3	95	38	-	»	-	-	-	-	-
24	28	-	»	6	4	-	8	-	-	-	76	-	-	-	36100	11550	-
25	28	-	»	6	-	-	8	3	95	38	-	»	-	-	-	-	17340
26	28	660	»	-	-	-	-	-	-	-	-	»	8670	23120	36100	11550	17340
27	28	104	»	-	8	-	4	-	4	12	6	»	-	-	-	-	-
28	28	-	»	-	-	-	-	-	4	-	-	»	576	216	240	432	288
29	28	-	»	4	-	15	3	-	-	-	6	»	-	-	240	-	288
30	28	-	»	4	6	-	-	8	4	-	-	»	576	216	-	-	-
31	29	208	4	нет	30	3	-	-	-	10	2,4	-	нет	-	-	-	-
32	29	-	-	»	-	-	44	12	22	-	11	-	»	-	3872	-	1452
33	29	380	-	»	-	8	-	12	-	5	-	-	»	-	-	-	1452
34	29	-	4	»	30	-	-	-	24	-	2,4	-	»	-	1728	1200	-
35	29	692	16	»	15	12	40	20	-	-	-	-	»	-	-	-	-
36	29	-	-	»	-	-	-	-	20	10	16	6400	»	3840	-	4000	-
37	29	380	-	»	-	-	-	-	-	-	-	2904	»	1936	3872	1100	1452
38	29	-	-	»	-	-	40	20	-	10	-	6400	»	-	4800	-	5120
39	29	-	4	»	30	3	-	40	-	-	2,4	-	»	-	-	1200	-

40	29	208	-	»	-	3	-	8	24	10	-	-	»	-	-	-	1152
41	30	-	-	нет	нет	нет	-	-	10	20	5	-	нет	нет	нет	7600	-
42	30	-	60	»	»	»	40	-	-	-	-	240	»	»	»	-	480
43	30	208	-	»	»	»	-	30	2	-	-	-	»	»	»	360	-
44	30	-	38	»	»	»	-	76	-	20	5	-	»	»	»	-	-
45	30	660	-	»	»	»	-	-	-	-	5	3800	»	»	»	7600	-
46	30	-	10	»	»	»	20	-	22	-	-	-	-	»	»	-	9680
47	30	-	-	»	»	»	-	-	10	5	-	1270	»	»	»	-	318
48	30	380	10	»	»	»	20	5	-	-	-	-	»	»	»	-	9680
49	30	-	-	»	»	»	-	5	-	-	-	4840	»	»	»	2420	-
50	30	380	-	»	»	»	-	-	21	11	44	-	»	»	»	-	-

**Задача 5 (варианты 51-60).** Три сопротивления  $R_{AB}$ ,  $R_{BC}$  и  $R_{CA}$  соединили в треугольник и включили в трехфазную сеть с линейным напряжением  $U_{\text{лн}}$ . В фазах нагрузки в номинальном режиме протекают токи  $I_{AB}$ ,  $I_{BC}$  и  $I_{CA}$ . При этом фазные мощности составили  $P_{AB}$ ,  $P_{BC}$  и  $P_{CA}$ . В таблице 6 указаны некоторые из этих величин, номер рисунка цепи, а также в каком аварийном режиме может находиться цепь. Для своего варианта начертить схему цепи; определить величины, отмеченные прочерками, и начертить в масштабе векторные диаграммы цепи в нормальном и аварийном режимах. Из векторных диаграмм определить графически линейные токи в нормальном и аварийном режимах.

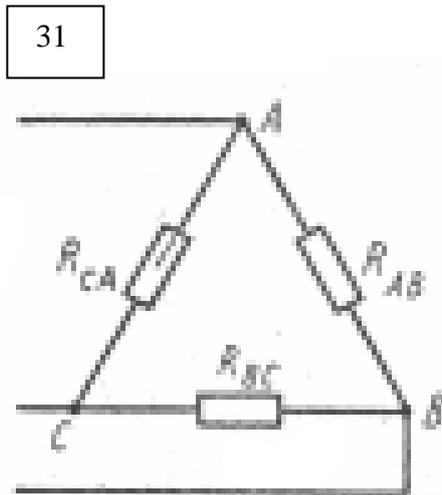


Таблица 6.

Номера вариантов	Номера рисунков	$U_{\text{ном}}, B$	$R_{AB}, Ом$	$R_{BC}, Ом$	$R_{CA}, Ом$	$I_{AB}, A$	$I_{BC}, A$	$I_{CA}, A$	$P_{AB}, Вт$	$P_{BC}, Вт$	$P_{CA}, Вт$	При аварии отключились
51	31	380	-	-	-	10	20	5	-	-	-	Линейный провод А
52	31	-	100	250	500	-	-	-	-	1000	-	Фаза BC
53	31	-	20	-	33	-	-	-	21780	-	13200	Фаза CA
54	31	500	-	-	20	-	-	-	5000	10000	-	Линейный провод В
55	31	-	-	-	-	5	-	-	2500	1000	500	Фаза AB
56	31	380	38	19	76	-	-	-	-	-	-	Фаза CA
57	31	660	-	66	-	33	-	-	-	-	13200	Линейный провод С
58	31	-	-	25	-	10	20	25	-	-	-	Фазы AB и BC
59	31	220	22	44	11	-	-	-	-	-	-	Фазы CA и AB
60	31	-	-	-	-	-	-	5	3800	7600	1900	Фаза BC

**Задача 6 (варианты 61-80).** Три сопротивления соединили в треугольник так, как показана на рисунках 32, 33, и включили в трехфазную цепь с номинальным напряжением  $U_{ном}$ . В фазах нагрузки в нормально режиме протекают токи  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ . При этом фазные мощности составили  $P_{AB}, P_{BC}, Q_{AB}, Q_{CA}$ .

В таблице 7 казаны некоторые из этих величин, номер рисунка цепи, а также характер аварийного режима цепи. Для своего варианта начертить схему цепи; определить величины, отмеченные прочерками и начертить в масштабе векторные диаграммы цепи в нормальном и аварийном режимах. Из векторных диаграмм определить линейные токи в нормальном и аварийном режимах.

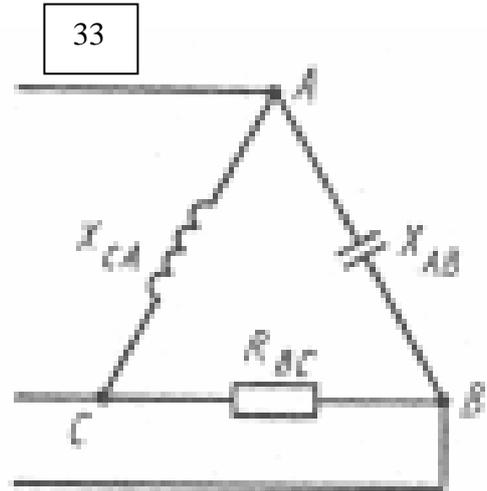
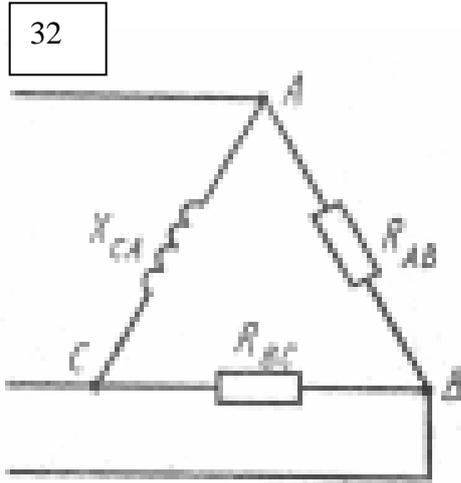


Таблица 7.

Номера вариантов	Номера рисунков	$U_{ном}, B$	$R_{AB}, Ом$	$R_{BC}, Ом$	$x_{AB}, Ом$	$x_{CA}, Ом$	$I_{AB}, A$	$I_{BC}, A$	$I_{CA}, A$	$P_{AB}, Вт$	$P_{BC}, Вт$	$Q_{AB}, Вт$	$Q_{CA}, Вт$	При аварии отключились
61	32	220	-	20	нет	-	10	-	5	-	-	нет	-	Линейный провод А
62	32	-	100	-		-	-	-	-	2500	1000	»	500	Фаза АВ
63	32	-	-	-	»	500	5	2	1	-	-	»	-	Фаза ВС
64	32	380	38	19	»	76	-	-	-	-	-	»	-	Фаза СА
65	32	500	-	-	»	50	-	-	-	10000	12500	»	-	Линейный провод В
66	32	-	22	-	»	44	-	-	-	2200	2420	»	-	Линейный провод С
67	32	380	-	-	»	-	-	-	-	1000	7600	»	1900	Фазы АВ и ВС
68	32	-	-	19	»	-	10	20	5	-	-	»		Фазы АВ и СА
69	32	220	-	-	»	-	10	11	-	-	-	»	1100	Фазы ВС и СА

70	32	-	25	20	»	-	20	-	-	-	-	»	5000	Линейный провод В
71	33	500	нет	125	250	100	5	-	5	нет	-	-	-	Линейный провод В
72	33	-	»	-	-	-	5	110	5	»	-	-	1100	Фаза АВ
73	33	-	»	22	44	44	-	-	5	»	-	1100	-	Фаза ВС
74	33	-	»	-	-	-	33	-	-	»	43560	21780	14520	Фаза СА
75	33	-	»	100	-	-	5	4	2	»	-	-	-	Линейный провод В
76	33	-	»	10	20	300	-	-	22	»	-	-	-	Фазы АВ и ВС
77	33	-	»	-	-	22	333	66	-	»	-	21780	-	Фазы АВ и СА
78	33	500	»	-	-	-	-	-	-	»	2000	2500	1000	Фазы ВС и СА
79	33	660	»	10	20	30	-	-	-	»	-	-	-	Линейный провод С
80	33	220	»	-	-	-	-	-	-	»	2200	1100	1100	Линейный провод А

**Задача 7 (варианты 81-90).** Три одинаковых активных сопротивления  $R$  соединили в звезду и включили в трехфазную с линейным напряжением  $U_{ном}$ . Затем сопротивления соединили в треугольник и включили в трехфазную сеть с напряжением, превышающим  $U_{ном}$  в 1,73 раза. Определить линейные токи и активные мощности, потребляемые всеми сопротивлениями, при их соединении в звезду и треугольник. Во сколько раз изменится потребляемая цепью активная мощность при таком пересоединении? Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи при соединении сопротивлений в треугольник. Данные для своего варианта взять в таблице 8.

Таблица 8.

Номера вариантов	$R, Ом$	$U_{ном}, В$	Номера вариантов	$R, Ом$	$U_{ном}, В$
81	30	127	86	20	127
82	4,4	220	87	95	380
83	3,8	380	88	2,2	220
84	1,27	127	89	10	127
85	110	220	90	19	380

**Задача 8 (варианты 91-00).** В трехфазную сеть включили три одинаковые катушки, соединенные в треугольник. Активное сопротивление катушки  $R$ , индуктивное  $x_L$ . Линейное напряжение сети  $U_{\text{ли}}$ . Определить: 1) линейные и фазные токи; 2) активную и реактивную мощности, потребляемые цепью; 3) угол сдвига фаз  $\varphi$ ; 4) начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. Как изменится векторная диаграмма, если в каждую фазу включить конденсатор такой емкости, чтобы наступил резонанс напряжений?

Данные для своего варианта взять из таблицы 9.

*Таблица 9.*

Номера вариантов	$R, Ом$	$x_L, Ом$	$U_{\text{ном}}, В$	Номера вариантов	$R, Ом$	$x_L, Ом$	$U_{\text{ном}}, В$
<b>91</b>	3	4	380	<b>96</b>	6	8	220
<b>92</b>	8	6	380	<b>97</b>	24	32	660
<b>93</b>	4	3	220	<b>98</b>	12	16	220
<b>94</b>	32	24	220	<b>99</b>	32	24	380
<b>95</b>	12	16	660	<b>00</b>	16	12	380



