

**Министерство образования и науки Забайкальского края  
ГАПОУ  
«Забайкальский горный колледж имени М.И. Агошкова»**



## **Электротехника и электроника**

Методические указания и задания  
по выполнению контрольной работы  
для студентов заочной формы обучения  
всех специальностей

**Министерство образования и науки Забайкальского края  
ГАПОУ  
«Забайкальский горный колледж имени М.И. Агошкова»**

## **Электротехника и электроника**

Методические указания и задания  
по выполнению контрольной работы  
для студентов заочной формы обучения  
всех специальностей

Рекомендованы методическим советом  
Забайкальского горного колледжа  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.  
Протокол № \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ О.В.Деминова

Чита 2021

ББК 31.2

УДК 621.3

П 30

Рецензент: Рогачева А.А., преподаватель ЗабГК

Ответственный за выпуск: Першакова И.В., зав. отделом по НИиМР

Петрова Т.Б. **Электротехника и электроника**: методические указания и задания по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения всех специальностей / Т.Б.Петрова. – Чита: ЗабГК, 2021 – 28 с.

Данные методические указания включают варианты контрольной работы для студентов заочной формы обучения в соответствии с рабочей программой по предмету «Электротехника и электроника».

© Петрова Т.Б., 2021

© Забайкальский горный колледж, 2021

## **Введение**

Настоящие методические указания разработаны на основе рабочей программы по дисциплине «Электротехника и электроника» для специальностей технического профиля и являются основным руководством к выполнению домашней контрольной работы. Задания контрольной работы и методические указания включают в себя задачи, предусматривающие расчет цепей постоянного тока, расчет магнитных цепей, однофазных и трехфазных электрических цепей переменного тока, расчет трансформаторов и электрических машин переменного тока. Для решения задач контрольной работы студенту необходимо иметь знания в области условных обозначений элементов электрических схем и электроизмерительных приборов в соответствии с ЕСКД. Программа учебной дисциплины «Электротехника и электроника» предусматривает изучение основных физических процессов в цепях постоянного и переменного тока промышленной частоты, а также методов расчета этих цепей. Предусматривается также ознакомление с принципами измерений основных электрических величин и приобретение навыков анализа простейших электрических схем. Также программой предусмотрено изучение принципов производства и способов создания электронных приборов и систем. Основным методом изучения дисциплины является самостоятельная работа с учебником и учебными пособиями. Главное в освоении дисциплины – её систематичность. Все разделы программы взаимосвязаны. Домашняя контрольная работа выполняется после изучения материала программы, соответствующего каждому заданию.

### ***Методические рекомендации по выполнению и оформлению контрольной работы***

Учебным планом предусмотрено выполнение одной домашней контрольной работы. К сессии допускаются студенты, выполнившие домашнюю контрольную работу.

Вариант контрольной работы определяется по последней цифре шифра (номера зачетной книжки) студента.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради (18 листов), рекомендуется писать в тетради в клетку, через строчку, обязательны поля справа и нумерация страниц. На обложке тетради должна быть стандартная наклейка, получаемая на заочном отделении колледжа. В конце контрольной работы указывается список используемой литературы.

Условия задач полностью переписываются. Формулы и расчеты пишутся чернилами синего цвета, а чертежи и схемы выполняют карандашом, на графиках указывается масштаб. Решение задач ведут в системе единиц СИ. Вычисления следует выполнять с помощью микрокалькулятора.

Работа выполняется четким, разборчивым почерком, сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются.

После получения работы с оценкой и замечаниями преподавателя надо исправить отмеченные ошибки, выполнить все указания. Если контрольная работа была оценена на неудовлетворительную оценку, то студент выполняет её снова по старому или по новому варианту, в зависимости от указания преподавателя, и отправляет на повторную проверку.

### ***Критерии оценки контрольной работы***

К проверке допускаются контрольные работы, предоставленные преподавателю в установленные сроки.

Оценка **«отлично»** - работа сдана в указанные сроки, соответствует вариант, задачи решены полностью, правильно и без замечаний, соблюдены требования к оформлению контрольной работы.

Оценка **«хорошо»** - работа сдана в указанные сроки, соответствует вариант, имеются незначительные ошибки в решении задач, в выполнении схем и в оформлении контрольной работы.

Оценка **«удовлетворительно»** - вариант соответствует, работа сдана не вовремя, задачи решены на 50% или в задачах есть неправильные ответы, схемы выполнены с серьезными замечаниями.

Оценка **«неудовлетворительно»** - вариант не соответствует, работа сдана не вовремя, в каждой задаче имеются замечания, ответы в задачах неверные.

### ***Краткое содержание программы по дисциплине***

#### ***«Электротехника и электроника»***

### **Раздел 1. Электротехника**

#### **Тема 1.1. Электрическое поле**

Основные свойства и характеристики электрического поля. Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Электроёмкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия электрического поля заряженного конденсатора.

#### **Тема 1.2. Электрические цепи постоянного тока**

Элементы электрической цепи, их параметры и характеристики. Пассивные и активные элементы электрической цепи. Элементы схемы электрической цепи: ветвь, узел, контур. Схемы замещения электрических цепей. Электродвижущая сила (ЭДС). Электрическое сопротивление. Зависимость электрического сопротивления от температуры. Электрическая проводимость. Резистор. Соединение резисторов. Режимы работы электрической цепи: холостой ход, номинальный, рабочий, короткого замыкания. Энергия и мощность электрической цепи. Баланс мощностей. КПД. Основы расчета электрической цепи постоянного тока. Законы Ома и Кирхгофа. Расчет электрических цепей произвольной конфигурации методами: контурных токов, узловых потенциалов, двух узлов (узлового напряжения). Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Нелинейные пассивные элементы и их вольтамперные характеристики (ВАХ). Графический метод расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока.

#### **Тема 1.3. Электромагнетизм**

Основные свойства и характеристики магнитного поля. Закон Ампера. Индуктивность: собственная и взаимная. Магнитная проницаемость: абсолютная и относительная. Магнитные свойства вещества. Намагничивание

ферромагнетика. Гистерезис. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле. Магнитные цепи: разветвленные и неразветвленные. Расчет неразветвленной магнитной цепи. Электромагнитные силы. Энергия магнитного поля. Электромагниты и их применение.

#### **Тема 1.4. Электрические цепи переменного тока**

Понятие о генераторах переменного тока. Получение синусоидальной ЭДС. Общая характеристика цепей переменного тока. Амплитуда, период, частота, фаза, начальная фаза синусоидального тока. Мгновенное, амплитудное, действующее и среднее значения ЭДС, напряжения, тока.

Изображение синусоидальных величин с помощью временных и векторных диаграмм. Электрическая цепь: с активным сопротивлением; с катушкой индуктивности (идеальной) с емкостью.

Векторная диаграмма. Разность фаз напряжения и тока. Неразветвленные электрические RC и RL-цепи переменного тока. Треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей. Коэффициент мощности. Баланс мощностей. Неразветвленная электрическая RLC-цепь переменного тока, резонанс напряжений и условия его возникновения, Разветвленная электрическая RLC-цепь переменного тока, резонанс токов и условия его возникновения. Расчет электрической цепи, содержащей источник синусоидальной ЭДС.

#### **Тема 1.5. Трехфазные электрические цепи**

Соединение обмоток трехфазных источников электрической энергии звездой и треугольником. Трехпроводные и четырехпроводные трехфазные электрические цепи. Фазные и линейные напряжения, фазные и линейные токи, соотношения между ними. Симметричные и несимметричные трехфазные электрические цепи. Нейтральный (нулевой) провод и его назначение. Векторная диаграмма напряжений и токов. Передача энергии по трехфазной линии. Мощность трехфазной электрической цепи при различных соединениях нагрузки. Расчет симметричной трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки звездой и треугольником.

### **Тема 1.6. Электрические измерения**

Основные понятия измерения. Погрешности измерений. Классификация электроизмерительных приборов. Измерение тока и напряжения. Магнитоэлектрический измерительный механизм, электромагнитный измерительный механизм. Приборы и схемы для измерения электрического напряжения. Расширение пределов измерения амперметров и вольтметров. Измерение мощности. Электродинамический измерительный механизм. Измерение мощности в цепях постоянного и переменного токов. Индукционный измерительный механизм. Измерение электрической энергии. Измерение электрического сопротивления, измерительные механизмы. Косвенные методы измерения сопротивления, методы и приборы сравнения для измерения сопротивления.

### **Тема 1.7. Трансформаторы**

Назначение, принцип действия и устройство однофазного трансформатора. Режимы работы трансформатора. Номинальные параметры трансформатора: мощность, напряжение и токи обмоток. Потери энергии и КПД трансформатора. Типы трансформаторов и их применение: трехфазные, многообмоточные, измерительные, автотрансформаторы.

### **Тема 1.8. Электрические машины переменного тока**

Назначение машин переменного тока и их классификация. Получение вращающегося магнитного поля в трехфазных электродвигателях и генераторах. Устройство электрической машины переменного тока: статор и его обмотка, ротор и его обмотка. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Частота вращения магнитного поля статора и частота вращения ротора. Вращающий момент асинхронного двигателя. Скольжение. Пуск в ход асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором. Рабочий процесс асинхронного двигателя и его механическая характеристика. Регулирование частоты вращения ротора. Однофазный и двухфазный асинхронный электродвигатели. Потери энергии и КПД асинхронного двигателя. Синхронные машины и область их применения.

## **Тема 1.9. Электрические машины постоянного тока**

Назначение машин постоянного тока и их классификация. Устройство и принцип действия машин постоянного тока: магнитная цепь, коллектор, обмотка якоря. Рабочий процесс машины постоянного тока: ЭДС обмотки якоря, реакция якоря, коммутация. Генераторы постоянного тока, двигатели постоянного тока, общие ведения. Электрические машины с независимым возбуждением, с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Пуск в ход, регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Потери энергии и КПД машин постоянного тока.

## **Раздел 2. Электроника**

### **Тема 2.1. Физические основы электроники. Электронные приборы**

Электропроводимость полупроводников. Собственная и примесная проводимость. Электронно-дырочный переход и его свойства. Прямое и обратное включение «р-п» перехода. Полупроводниковые диоды; классификация, свойства, маркировка, область применения. Полупроводниковые транзисторы: классификация, принцип действия, назначение, область применения, маркировка. Биполярные транзисторы. Физические процессы в биполярном транзисторе. Схемы включения биполярных транзисторов: общая база, общий эмиттер, общий коллектор. Вольтамперные характеристики, параметры схем. Статические параметры, динамический режим работы, температурные и частотные свойства биполярных транзисторов. Полевые транзисторы: принцип работы, характеристики, схемы включения. Тиристоры: классификация, характеристики, область применения, маркировка. Фотоэлектронные приборы: вакуумные, газонаполненные, полупроводниковые.

### **Тема 2.2. Электронные выпрямители и стабилизаторы**

Основные сведения, структурная схема электронного выпрямителя. Однофазные и трехфазные выпрямители. Сглаживающие фильтры. Основные сведения, структурная схема электронного стабилизатора. Стабилизаторы напряжения. Стабилизаторы тока.

### **Тема 2.3. Электронные усилители**

Схемы усилителей электрических сигналов. Основные технические характеристики электронных усилителей. Принцип работы усилителя низкой частоты на биполярном транзисторе. Обратная связь в усилителях.

Многокаскадные усилители, температурная стабилизация режима работы. Усилители постоянного тока. Импульсные и избирательные усилители. Операционные усилители.

### **Тема 2.4. Электронные генераторы и измерительные приборы**

Колебательный контур. Структурная схема электронного генератора. Генераторы синусоидальных колебаний; генераторы LC-типа, генераторы RC-типа. Переходные процессы в RC-цепях. Импульсные генераторы: мультивибратор, триггер. Генератор линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН-генератор). Электронные стрелочные и цифровые вольтметры. Электронный осциллограф.

### **Тема 2.5. Электронные устройства автоматики и вычислительной техники**

Структура системы автоматического контроля, управления и регулирования. Измерительные преобразователи. Измерение неэлектрических величин электрическими методами. Параметрические преобразователи: резистивные, индуктивные, емкостные. Генераторные преобразователи.

Исполнительные элементы: электромагниты; электродвигатели постоянного и переменного токов, шаговые электродвигатели. Электромагнитное реле. Ферромагнитные бесконтактные реле и их использование в вычислительной технике.

### **Тема 2.6. Микропроцессоры и микро-ЭВМ**

Понятие о микропроцессорах и микро-ЭВМ. Устройство и работа микро-ЭВМ. Структурная схема, взаимодействие блоков. Арифметическое и логическое обеспечение микропроцессоров и микро-ЭВМ. Архитектура микропроцессора. Микропроцессоры с жесткой и гибкой логикой. Интерфейс микропроцессоров и микро-ЭВМ. Интегральные схемы микроэлектроники. Ос-

новные параметры больших интегральных схем микропроцессорных комплектов. Периферийные устройства микро-ЭВМ.

### *Задания для контрольной работы*

Последняя цифра номера зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

#### **Задача 1.**

Для цепи переменного тока со смешанным соединением резисторов определить:

- 1) сопротивление цепи относительно зажимов АВ;
- 2) ток в каждом резисторе;
- 3) напряжение на каждом резисторе;
- 4) мощность, потребляемую всей цепью;
- 5) расход электрической энергии цепью за 8 ч. работы.

Номер рисунка и величина одного из заданных токов или напряжений приведены в табл.1. Индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует указанное напряжение. Например, через резистор  $R_3$  проходит ток  $I_3$  и на нем действует напряжение  $U_3$ .

Таблица 1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер рисунка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задаваемая величина	$I_1=12A$	$I_2=15A$	$U_2=30B$	$U_5=24B$	$I_5=10A$	$U_1=10.8B$	$I_6=4.8A$	$I_4=12A$	$I_3=5A$	$U_2=24B$

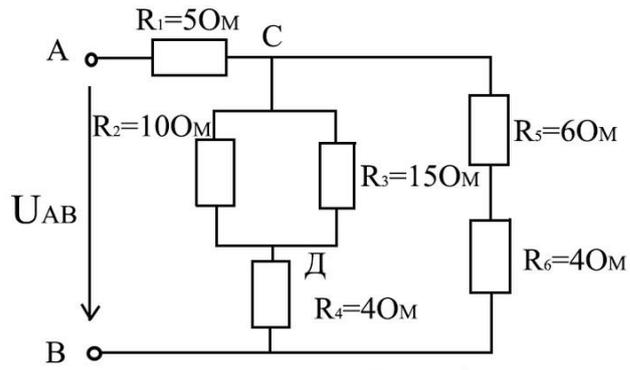


Рис. 1

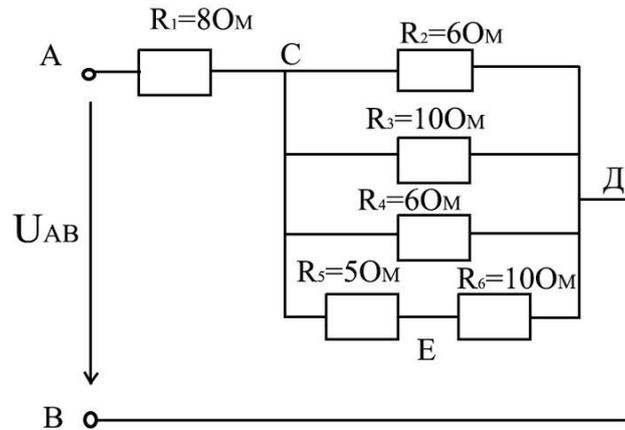


Рис. 2

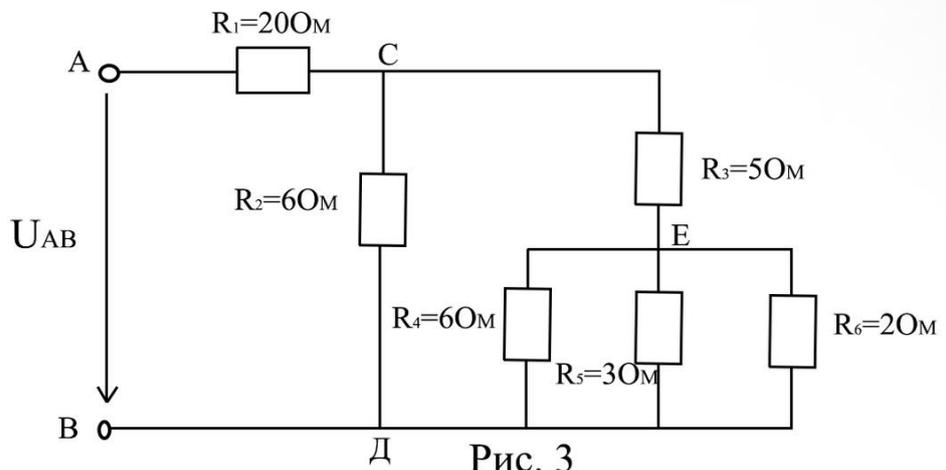


Рис. 3

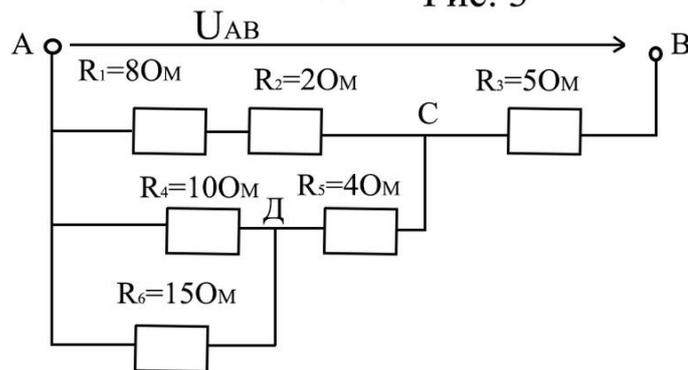


Рис. 4

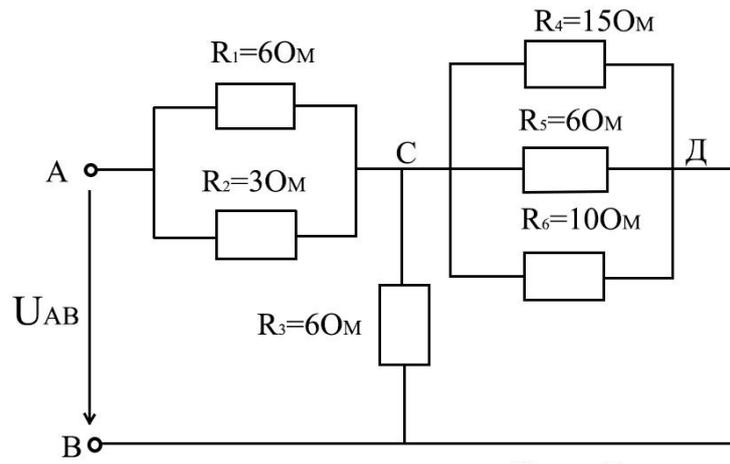


Рис. 5

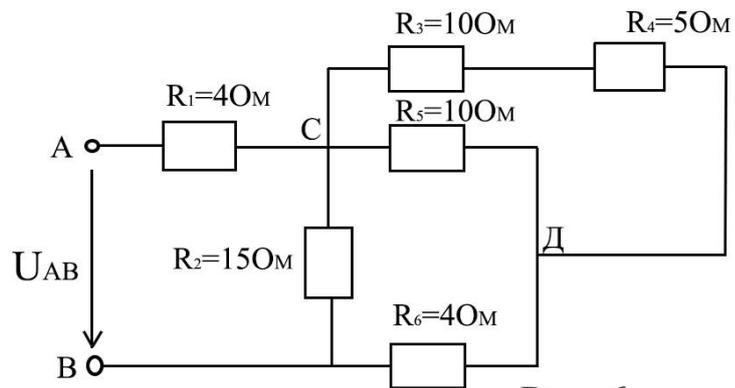


Рис. 6

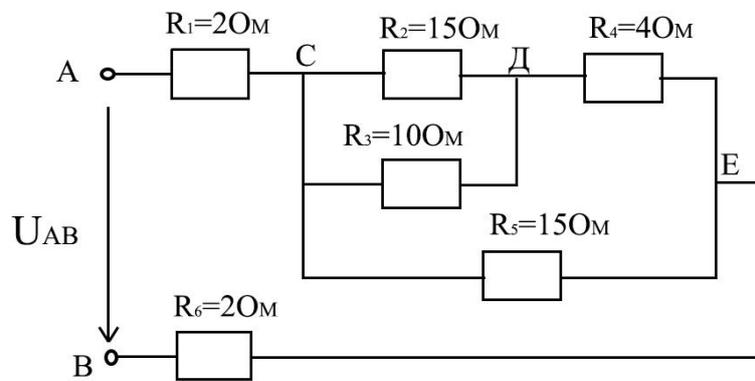


Рис. 7

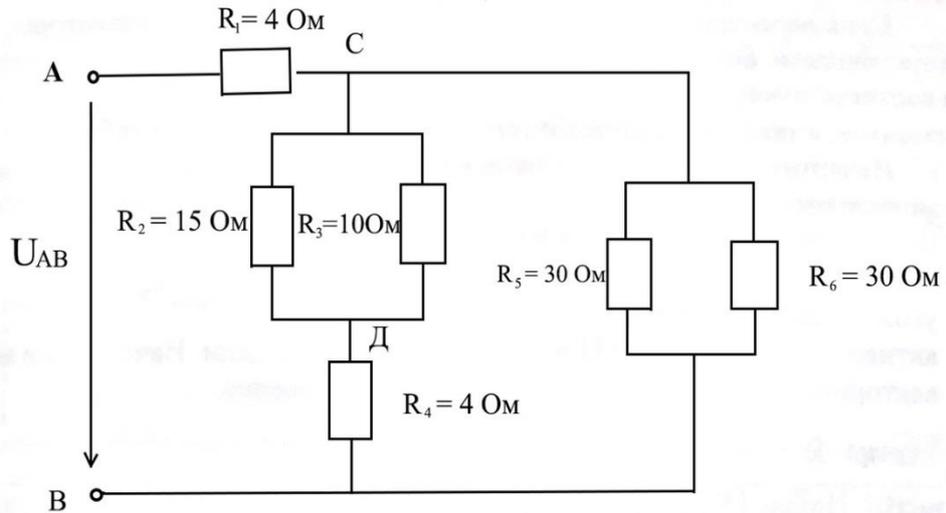


Рис. 8

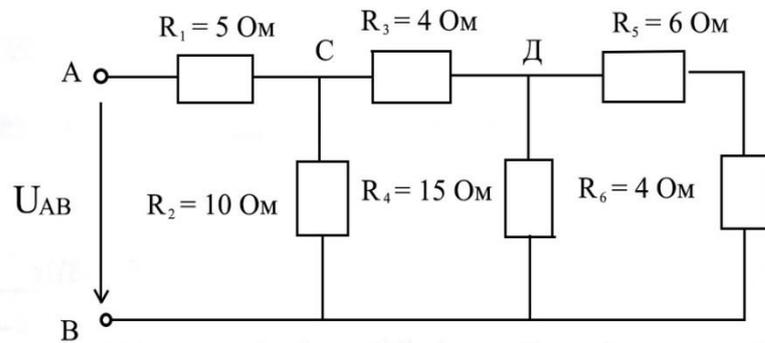


Рис. 9

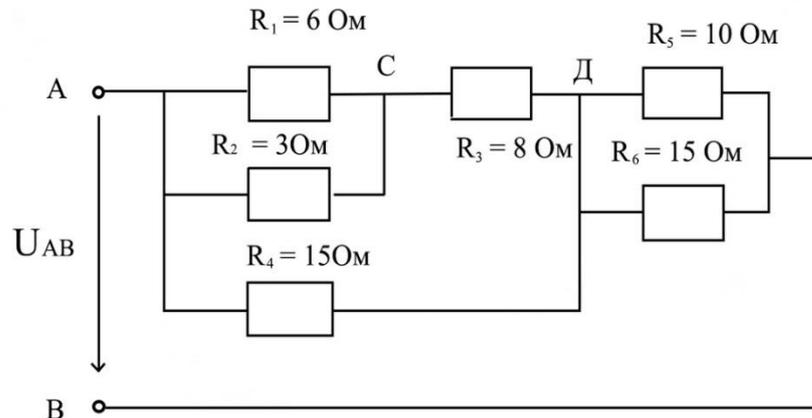


Рис. 10

### Задача 2.

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы индуктивности, ёмкости), включенные последовательно. Схема цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка и значения сопротивлений всех элементов, а также один дополнительный параметр заданы в табл.2.

Начертить сопротивление цепи и определить следующие величины:

- 1) полное сопротивление цепи  $Z$ ;
- 2) напряжение  $U$ , приложенное к цепи ;
- 3) ток  $I$ ;
- 4) угол сдвига фаз  $\varphi$  (по величине и знаку);
- 5) активную  $P$ , реактивную  $Q$  и полную  $S$  мощности цепи. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить её построение.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить её построение.

Таблица 2

Номер варианта	Номер рисунка	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{L1}$ , Ом	$X_{L2}$ , Ом	$X_{O1}$ , Ом	$X_{O2}$ , Ом	Дополнительный параметр
1	11	12	-	4	-	12	8	$I=4A$
2	12	6	2	6	-	-	-	$P_{R1}=150Bm$
3	13	3	1	5	-	6	2	$S=180BA$
4	14	4	-	6	-	3	-	$Q_{L1}=150вар$
5	15	4	2	12	-	4	-	$P=24Bm$
6	16	16	-	-	-	4	8	$Q=300вар$
7	17	4	8	10	6	-	-	$Q=64вар$
8	18	3	-	10	12	26	-	$P_1=48Bm$
9	19	40	-	30	20	12	8	$S=800BA$
10	20	4	4,0	-	2,0	8	-	$I=2A$

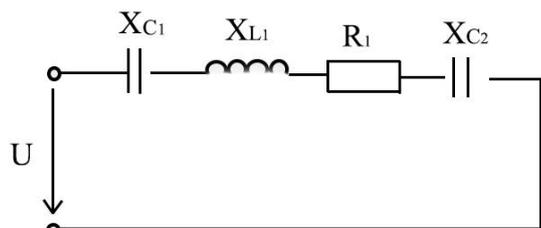


Рис. 11

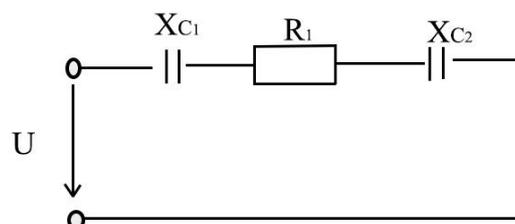


Рис. 16

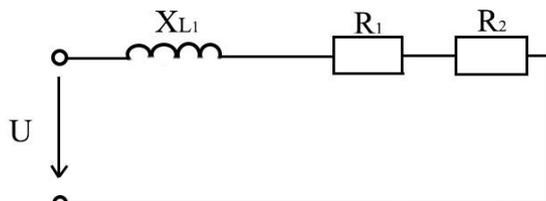


Рис. 12

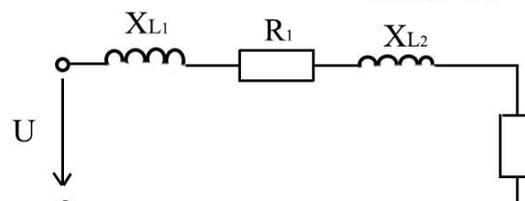


Рис. 17

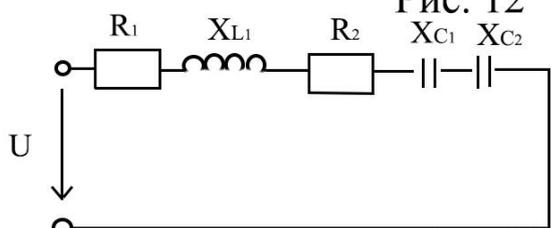


Рис. 13

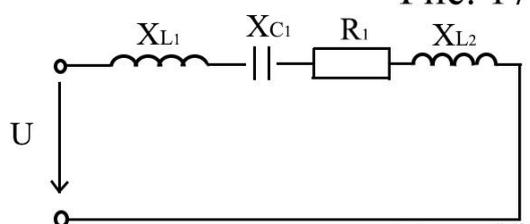


Рис. 18

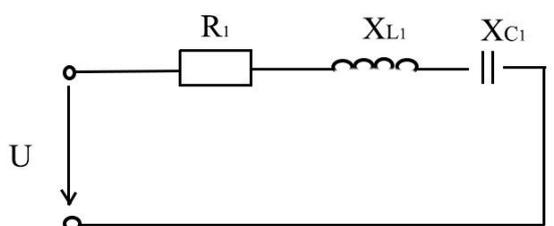


Рис. 14

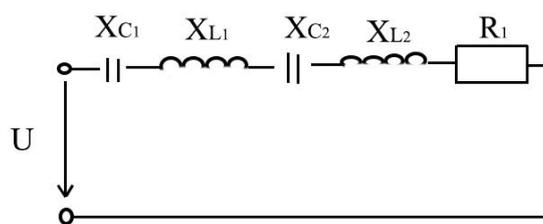


Рис. 19

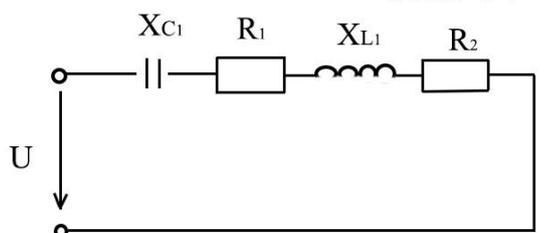


Рис. 15

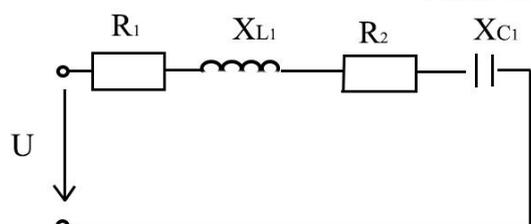


Рис. 20

### Задача 3

#### Вариант (1-5)

Для питания пониженных напряжений цепей управления электроприводов деревообрабатывающих станков установлен однофазный двухобмоточный трансформатор номинальной мощностью  $S_n$ . Номинальное напряжение  $U_{1н}$  и  $U_{2н}$ , номинальные токи в обмотках  $I_{1н}$  и  $I_{2н}$ . Коэффициент трансформации равен  $K$ . Число витков обмоток  $W_1$  и  $W_2$ . Магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi_m$ . Частота тока в сети  $f=50$  Гц. Трансформатор работает с но-

минальной нагрузкой. Используя данные трансформатора в табл.3 определить все неизвестные величины, отмечены прочерками в таблице вариантов. Нарисуйте схему включения такого трансформатора в сеть. Ко вторичной обмотке присоединить нагрузку в виде обычного резистора. Для включения и отключения нагрузки предусмотреть рубильник, а для защиты сети от токов короткого замыкания включить в цепь обеих обмоток предохранители.

Таблица 3

№ вар	$S_H, \text{ВА}$	$U_{1H}, \text{В}$	$U_{2H}, \text{В}$	$I_{1H}, \text{А}$	$I_{2H}, \text{А}$	$W_1$	$W_2$	К	$\Phi_{\text{Мб}}, \text{Вб}$
1	1600	-	12	-	-	770	-	31,6	-
2	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
3	600	220	-	-	-	4970	-	6,12	-
4	-	500	-	-	13,9	-	-	13,9	0,003
5	800	-	-	3,64	-	-	22	9,18	-

### Задача 3

#### Вариант (6-10)

К трехфазному трансформатору с номинальной мощностью  $S_H$  и номинальными напряжениями первичной  $U_{1H}$  и вторичной  $U_{2H}$  обмоток присоединена активная нагрузка  $P_2$  при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2$ .

Определить: 1.Номинальные токи  $I_{1H}$  и  $I_{2H}$ ; 2.Коэффициент нагрузки трансформатора  $K_H$ ; 3.Токи  $I_{1H}$  и  $I_{2H}$  при фактической нагрузке; 4.Суммарные потери мощности  $\Sigma P$  при номинальной нагрузке; 5.Коэффициент полезного действия при фактической нагрузке.

Таблица 4

№ вар	$S_H, \text{ВА}$	$U_{1H}, \text{кВ}$	$U_{2H}, \text{кВ}$	$P_2, \text{кВт}$	$\cos \varphi_2$
6	160	6	0,4	140	1
7	250	10	0,4	200	0,8
8	400	10	0,4	300	0,9
9	100	6	0,23	80	0,85
10	630	10	0,4	530	0,88

### Задача 4

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А приводит в движении исполнительные механизмы деревообрабатывающего цеха. Двигатель работает в номинальном режиме. Линейное напря-

жение  $U_L$  ток, потребляемый двигателем из сети  $U_{1H}$ . Активная мощность, которая расходуется при работе двигателя  $P_{1H}$ , мощность на валу  $P_{2H}$ , суммарные потери мощности в двигателе  $\sum P$ , к.п.д. двигателя  $\eta_H$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_H$ . Вращающие моменты, которые развивает двигатель: пусковой момент  $M_n$ , номинальный  $M_H$ , максимальный.

Выбрать сечение провода и условия прокладки, а также предохранитель, защищающий двигатель от токов короткого замыкания.

Таблица 5

№ вар	$P_1$ , кВт	$U_H$ , В	$I_H$ , А	$P_{H2}$ , кВт	$\sum P$ , кВт	к.п.д. $\eta_H$	$\cos \varphi_H$	$M_n$ , Нм	$n_{H2}$ , мин	$M_{max}$ , Нм	$M_{п}$ , Нм	$\frac{M_{max}}{M_H}$	$\frac{M_{п}}{M_H}$	$n_1$ , мин <sup>-1</sup>	$S_H$ , %
1	59	380	-	-	-	0,93	0,9	357,3	-	-	428,8	2,2	-	1500	-
2	-	220	-	-	0,76	0,84	0,84	-	1425	59	59	-	-	1500	-
3	12,5	-	21,1	-	1,5	-	0,9	-	2900	79,6	57,9	-	-	3000	-
4	4,76	220	-	4	-	-	0,84	26,8	-	-	-	2,2	2,0	-	5
5	-	380	-	11	-	0,88	0,9	-	-	-	-	2,2	1,6	3000	3,3
6	-	-	7,44	-	1,3	0,81	0,8	54,7	-	-	109,4	2,2	-	1000	-
7	-	660	-	5,5	-	0,81	0,8	-	960	120,3	-	-	2	-	4
8	33	-	32,1	-	3	-	0,9	-	-	584,6	-	2	1,2	1000	1
9	-	380	99,7	55	4	-	-	-	1470	786	-	-	1,2	-	2
10	-	660	32	30	-	0,91	-	-	980	-	350,8	2	-	-	2

Используя приведенные данные в табл.5 определить величины, отмеченные прочерком.

### Задача 5

#### Варианты (1-5)

Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением потребляет ток при напряжении  $U_H$ . Сопротивление обмотки якоря  $R_a$ , обмотки возбуждения  $R_b$ . Магнитный ток полюса равен  $\Phi$ . На якоре уложены  $N$  проводников, образующих  $a$  пар параллельных ветвей. Число пар полюсов двигателя равно  $p$ . Используя данные, приведенные в табл.6, определить следующие величины:

1. Токи в обмотках якоря  $I_a$  и  $I_b$  возбуждения;
2. Противо-э.д.с. в обмотке якоря  $E$ ;
3. Частоту вращения  $n$ ;
4. Электромагнитный вращающий момент  $M_{эм}$ ;
5. Электромагнитную мощность  $P_{эм}$ .

Начертите схему присоединения такого двигателя к сети и поясните назначение каждого элемента схемы.

Таблица 6

№ вар	$U_H, В$	$I, А$	$R_a, Ом$	$R_B, Ом$	$\Phi, Вб$	$N$	$p$	$a$
1	220	24.1	0.643	298	0.006	812	3	3
2	220	14.6	1.48	372	0.0048	1218	4	2
3	220	48.8	0.24	228	0.078	496	2	2
4	220	60	0.15	75	0.008	856	4	4
5	220	53.15	0.182	191	0.0095	496	2	2

### Задача 5

#### Варианты (6-10)

Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением потребляет из сети мощность  $P_1$  и развивает на валу номинальную мощность  $P_{H2}$  при напряжении  $U_H$  и тока  $I_H$ . Ток в обмотке якоря  $I_a$ , в обмотке возбуждений  $I_B$ . Номинальный вращающий момент двигателя  $M_H$  при частоте вращения якоря  $n_H$ . В якоре находится протво-э.д.с. Сопротивление обмотки якоря  $R_a$ , обмотки возбуждения  $R_B$ . Суммарные потери мощности двигателей  $\sum P$ . К.п.д. двигателя равен  $\eta_{дв}$ . Используя данные двигателя, приведенные в табл.7, определить величины отмеченные прочерком.

Начертить схему присоединения двигателя к сети и описать назначение всех ее элементов.

Таблица 7

№ вар	$P_1, кВт$	$P_{H2}, кВт$	$U_H, В$	$I_H, А$	$I_a, А$	$I_B, А$	$M_H, Нм$	$n_H, мин^{-1}$	$E, В$	$R_a, Ом$	$R_B, Ом$	$\sum P$	$\eta_{дв}$
6	-	20	-	100	-	10	-	1600	210	-	-	2	-
7	22	-	-	50	-	-	-	955	-	0,05	80	4	-
8	39,8	35	-	20,5	-	-	-	1450	432	-	110	-	-
9	3,9	-	-	-	35,4	1	-	1600	-	0,282	-	0,7	-
10	-	-	-	-	86,5	4	231	-	-	0,093	110	-	0,88

### Примеры решения задач

#### Пример 1 (Задача №1)

Для схемы приведенной на рис.21а, определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{AB}$  и токи в каждом резисторе, а также расход электрической энергии цепью за 8 ч. работы.

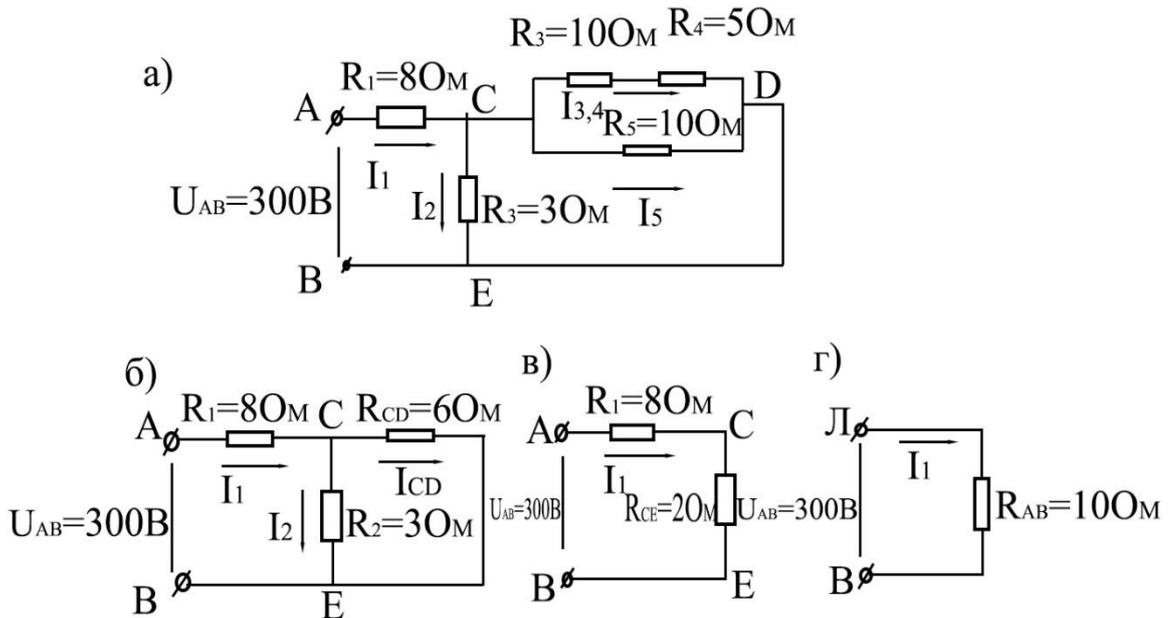


Рис. 21

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

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

$$R_{CD} = \frac{(R_3 + R_4) \times R_5}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{(10 + 5) \times 10}{10 + 5 + 10} = 6 \text{ Ом}$$

2. Определяем общее сопротивление цепи относительно зажимов CE.

Так как резисторы  $R_{CD}$  и  $R_2$  включены параллельно, то:

$$R_{CE} = \frac{R_{CD} \times R_2}{R_{CD} + R_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \text{ Ом (рис. 21б)}$$

3. Находим эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{AB} = R_1 + R_{CE} = 8 + 2 = 10 \text{ Ом (рис. 21, в)}$$

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

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{300}{10} = 30 \text{ А}$$

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  $I_2$  нужно найти напряжение на резисторе  $R_2$  т.е.  $U_{CE}$ . Так как  $U_{CE}$  меньше  $U_{AB}$  на величину потери напряжения в резисторе  $R_1$ , то  $U_{CE} = U_{AB} - I_1 R_1 = 300 - 30 \times 8 = 60$  В. Тогда:

$$I_2 = \frac{U_{CE} = 60}{R_2 = 3} = 20 \text{ А}$$

Так как  $U_{CE} = U_{CD}$ , то можно определить токи  $I_{3,4}$  и  $I_5$ :

$$I_{3,4} = \frac{U_{CD} = 60}{R_3 + R_4 = 10 + 5} = 4 \text{ А} \quad I_5 = \frac{U_{CD} = 60}{R_5 = 10} = 6 \text{ А}$$

С помощью первого закона Кирггофа, записанного для узла С, проверим правильность определения токов:

$$I_1 = I_2 + I_{3,4} + I_5 = 30 = 20 + 4 + 6 \text{ А}$$

5. Расход энергии цепью за 8 ч. работы:

$$W = P T = U_{AB} \times I_1 \times T = 300 \times 30 \times 8 = 72000 \text{ Вт ч} = 72 \text{ кВт ч}$$

### Пример 2 (Задача №2)

В неразветвленной цепи переменного тока  $R_1 = 20 \text{ м}$ ,  $R_2 = 4 \text{ м}$ ,  $X_{L1} = 4 \text{ Ом}$ ,  $X_{L2} = 6 \text{ Ом}$ ,  $X_{C1} = 2 \text{ Ом}$ . Подведенное напряжение  $U = 40 \text{ В}$ . Определить: полное сопротивление  $Z$ , ток  $I$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi$ , полную мощность  $S$ , активную мощность  $P$ , реактивную мощность  $Q$ .

Построить в масштабе векторную диаграмму.

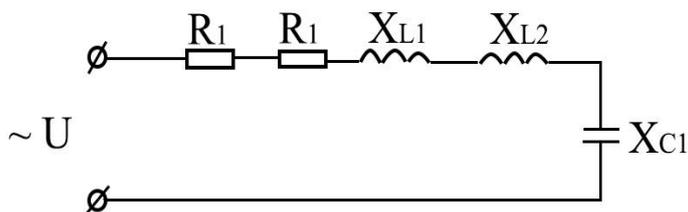


Рис.22

### **Решение.**

1. Полное сопротивление цепи определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2},$$

где  $R = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6 \text{ Ом}$  - суммарное активное сопротивление цепи.

$X = X_{L1} + X_{L2} - X_{C1} = 4 + 6 - 2 = 8$  Ом – сумма индуктивных и ёмкостных соединений.

Тогда:

$$Z = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. По закону Ома для цепи переменного тока находим ток в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{40}{10} = 4 \text{ А}$$

3. Коэффициент мощности  $\cos \varphi$ :

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$$

4. Определим полную мощность:

$$S = U \times I = 40 \times 4 = 160 \text{ ВА}$$

5. Активная мощность:

$$P = U \times I \cos \varphi = 40 \times 4 \times 0,6 = 96 \text{ Вт}$$

6. Реактивная мощность:

$$Q = U \times I \sin \varphi = 40 \times 4 \times 0,8 = 128 \text{ вар}$$

Для построения векторной диаграммы определим падение напряжения на сопротивлениях:

$$U_{R1} = I \times R_1 = 4 \times 2 = 8 \text{ В}$$

$$U_{R2} = I \times R_2 = 4 \times 4 = 16 \text{ В}$$

$$U_{XL1} = I \times X_{L1} = 4 \times 4 = 16 \text{ В}$$

$$U_{XL2} = I \times X_{L2} = 4 \times 6 = 24 \text{ В}$$

$$U_{XC1} = I \times X_{C1} = 4 \times 2 = 8 \text{ В}$$

Для рассматриваемого примера задаемся масштабом:

- по току:  $M_I = I \text{ А/см};$

- по напряжению:  $M_U = 4 \text{ В/см}.$

Тогда длина вектора тока:  $L = \frac{I}{M_I} = \frac{4}{1} = 4 \text{ см}$

Длина векторов напряжений:  $L_{UR1} = \frac{U_{R1}}{M_U} = \frac{8}{4} = 2 \text{ см}$

$L_{UR2} = \frac{U_{R2}}{M_U} = \frac{16}{4} = 4 \text{ см}$

$$L_{UXL1} = \frac{U_{XL1}}{M_U} = \frac{16}{4} = 4 \text{ см}$$

$$L_{UXL2} = \frac{U_{XL2}}{M_U} = \frac{24}{4} = 6 \text{ см}$$

$$L_{UXC1} = \frac{U_{XC1}}{M_U} = \frac{18}{4} = 4.5 \text{ см}$$

Поскольку ток является одинаковой величиной для всех сопротивлений, диаграмму строим относительно вектора тока.

1. Горизонтально в масштабе откладываем вектор тока.
2. Вдоль вектора тока откладываем векторы  $U_{R1}$  и  $U_{R2}$ .
3. Под углом  $90^\circ$  откладываем напряжения  $U_{XL1}$  и  $U_{XL2}$  в сторону опережения вектора тока (вверх), т.к. положительное вращение векторов принято против часовой стрелки.
4. Под углом  $90^\circ$  к вектору тока откладываем вниз вектор напряжения на ёмкостном сопротивлении.

5. Векторы  $U_{R1}$ ,  $U_{R2}$ ,  $U_{XL1}$ ,  $U_{XL2}$ ,  $U_{XC1}$  складываем по правилу сложения векторов, в результате чего получаем вектор приложенного напряжения:  $U = U_{R1} + U_{R2} + U_{XL1} + U_{XL2} + U_{XC1}$

Угол  $\varphi$  между векторами общего напряжения  $U$  и тока  $I$  называется углом сдвига фаз между током и напряжением.

По виду векторной диаграммы необходимо научиться определять характер нагрузки. В нашем случае напряжение опережает ток: нагрузка имеет активно-индуктивный характер.

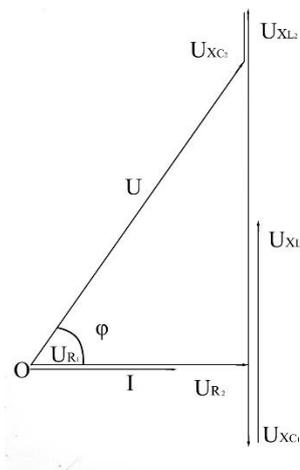


Рис. 23

### Пример 3 (задача №3)

Однофазный понижающий трансформатор номинальной мощностью  $S_{НОМ}=500$  ВА служит для питания ламп местного освещения металлорежущих станков. Номинальные напряжения обмоток  $U_{НОМ1}=380$ В;  $U_{НОМ2}=24$  В. К трансформатору присоединены десять ламп накаливания мощностью 40Вт каждая, их коэффициент мощности  $\cos \varphi_2=1,0$ . Магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi_m=0,005$  Вб. Частота тока в сети  $f=50$ Гц. Потерями в трансформаторе пренебречь.

Определить: 1)номинальные токи в обмотках; 2)коэффициент нагрузки трансформатора; 3)токи обмотки при действительной нагрузке; 4)числа витков обмотки; 5)коэффициент трансформации.

### Решение.

1. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{НОМ1}=S_{НОМ}/U_{НОМ1}=500/380=1,32 \text{ А};$$

$$I_{НОМ2}=S_{НОМ}/U_{НОМ2}=500/24=20,8 \text{ А}.$$

2. Коэффициент нагрузки трансформатора:

$$K_H=P_2/(S_{НОМ} \cos \varphi_2)=10 \times 40/(500 \times 1,0)=0,8.$$

3. Токи в обмотках при действительной нагрузке:

$$I_1=K_H \times I_{НОМ1}=0,8 \times 1,32=1,06 \text{ А};$$

$$I_2=K_H \times I_{НОМ2}=0,8 \times 20=16,6 \text{ А}$$

4. При холостом ходе  $E_1=U_{НОМ1}$ ;  $E_2=U_{НОМ2}$ . Число витков обмоток находим из формулы:  $E=4,44 f \omega \Phi_m$ .

$$\text{Тогда } \omega_1=E_1/(4,44 f \omega \Phi_m)=380/(4,44 \times 50 \times 0,005)=340 \text{ витков};$$

$$\omega_2=E_2/(4,44 f \omega \Phi_m)=24/(4,44 \times 50 \times 0,005)=22 \text{ витка}.$$

5. Коэффициент трансформации:  $K=E_1/E_2=\omega_1/\omega_2=340/22=15,5$ .

### Пример 4 (задача №3)

Трёхфазный трансформатор имеет следующие номинальные характеристики:

$$S_{НОМ}=1000 \text{кВ} \times \text{А}; U_{НОМ1}=10 \text{кВ}, U_{НОМ2}=40 \text{В}.$$

Потери в стали  $P_{ст}=2,45$  кВт, потери в обмотках  $P_{о.НОМ}=12,2$  кВт. Первичные обмотки соединены в треугольник, вторичные-в звезду. Сечение маг-

нитепровода  $Q=450 \text{ см}^2$ , амплитуда магнитной индукции в нем  $B_m=1,5 \text{ Тл}$ . Частота тока в сети  $f= 50\text{Гц}$ . ОТ трансформатора потребляется активная мощность  $P_2=810 \text{ кВт}$  при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2=0,9$ .

Определить: 1) номинальные токи в обмотках и токи при фактической нагрузке; 2) число витков обмоток; 3) к.п.д. трансформатора при номинальной и фактических нагрузках.

### Решение.

1. Номинальные токи в обмотках:

$$I_{НОМ1} = \frac{S_H \times 1000}{\sqrt{3} \times U_{H1}} = \frac{1000 \times 1000}{1,73 \times 10000} = 58 \text{ А}$$

$$I_{НОМ2} = \frac{S_{НОМ} \times 1000}{\sqrt{3} \times U_{НОМ2}} = \frac{1000 \times 1000}{1,73 \times 400} = 1445 \text{ А}$$

2. Коэффициент нагрузки трансформатора:

$$R_H = P_2 / (S_{НОМ} \cos \varphi_2) = 810 / (1000 \times 0,9) = 0,9.$$

3. Токи в обмотках при фактической нагрузке:

$$I_1 = R_H \times I_{НОМ1} = 0,9 \times 58 = 52 \text{ А}; \quad I_2 = R_H \times I_{НОМ2} = 0,9 \times 1445 = 1300 \text{ А}$$

4. Фазные э.д.с. наводимые в обмотках. Первичные обмотки соединены в треугольник, а вторичные- в звезду, поэтому, пренебрегая падением напряжения в первичной обмотке, считаем:  $E_{1\phi} = U_{НОМ1} = 10000 \text{ В}$ ;  $E_{2\phi} = U_{НОМ2} / \sqrt{3} = 400 / \sqrt{3} = 230 \text{ В}$ .

5. Число витков обеих обмоток находим из формулы:

$$E_{1\phi} = 4,44 f \omega_1 \Phi_m = 4,44 f \omega_1 B_m \times Q, \text{ откуда}$$

$$\omega_1 = E_{1\phi} / (4,44 f B_m \times Q) = 10000 / (4,44 \times 50 \times 1,5 \times 0,045) = 667 \text{ витков.}$$

$$\text{Здесь } Q = 450 \text{ см}^2 = 0,045 \text{ м}^2$$

$$\omega_2 = \omega_1 E_{2\phi} / E_{1\phi} = 667 \times 230 / 10000 = 15,3 \text{ витков.}$$

6. К.п.д. трансформатора при номинальной нагрузке:

$$\eta_{НОМ} = \frac{S_{НОМ} \cos \varphi_2 \times 100}{S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_{СТ} + P_{О.НОМ}} = \frac{1000 \times 0,9 \times 100}{1000 \times 0,9 + 2,45 + 12,2} = 98,4\%$$

7. К.п.д. трансформатора при фактической нагрузке:

$$\eta = \frac{R_H S_{НОМ} \cos \varphi_2 \times 100}{R_H S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_{СТ} + R_H^2 P_{О.НОМ}} = \frac{0,9 \times 1000 \times 0,9 \times 100}{0,9 \times 1000 \times 0,9 + 2,45 + 0,9^2 \times 12,2} = 98,5\%$$

### Пример 5 (задача №4)

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа 4AP160S6УЗ имеет номинальные данные: мощность  $P_{\text{НОМ}}=11$  кВт, напряжение  $U_{\text{НОМ}}=380$  В; частота вращения ротора  $n_2=975$  об/мин; к.п.д.  $\eta_{\text{НОМ}}=0,855$ ; коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{НОМ}}=0,83$ ; кратность пускового тока  $I_n/I_{\text{НОМ}}=7$ ; кратность пускового момента  $M_n/M_{\text{НОМ}}=2,0$ ; способность к перегрузке  $M_{\text{max}}/M_{\text{НОМ}}=2,2$ . Частота тока в сети  $f=50$  Гц. Определить : 1) потребляемую мощность; 2) номинальный, пусковой и максимальный моменты; 3) номинальный и пусковой токи; 4) номинальное скольжение; 5) частоту тока в роторе; 6) суммарные потери в двигателе. Расшифровать его условное обозначение.

Можно ли осуществить пуск двигателя при номинальной нагрузке, если напряжение в сети при пуске снизилось на 20%?

**Решение.**

1. Мощность, потребляемая из сети:

$$P_1 = P_{\text{НОМ}} / \eta_{\text{НОМ}} = 11 / 0,855 = 12,86 \text{ кВт}$$

2. Номинальный момент, развиваемый двигателем:

$$M = 9,55 P_{\text{НОМ}} / n_2 = 9,55 \times 11 \times 1000 / 975 = 107,7 \text{ Нм}$$

3. Максимальный и пусковой моменты:

$$M_{\text{max}} = 2,2 M_{\text{НОМ}} = 2,2 \times 107,7 = 237 \text{ Нм}$$

$$M_n = 2 M_{\text{НОМ}} = 2 \times 107,7 = 215,4 \text{ Нм}$$

4. Номинальный и пусковой токи:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \times 1000}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}} \times \eta_{\text{НОМ}} \cos \varphi_{\text{НОМ}}} = \frac{11 \times 1000}{1,73 \times 380 \times 0,855 \times 0,83} = 23,6 \text{ А}$$

$$I_n = 7,0 I_{\text{НОМ}} = 7,0 \times 23,6 = 165 \text{ А}$$

5. Номинальное скольжение:

$$s_{\text{НОМ}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1000 - 975}{1000} = 0,025 = 2,5\%$$

6. Частота тока в роторе:

$$f_2 = f_1 \times s = 50 \times 0,025 = 1,25 \text{ Гц}$$

Допускаемые токовые нагрузки (А) на алюминиевые провода и кабели

Таблица 8

Сечение, мм <sup>2</sup>	Провода		Кабели четырехжильные до 1000 В	
	открыто	в трубе	открыто	в земле
2,5	24	19	-	-
4	32	28	27	38
6	39	32	35	46
10	55	47	45	65
16	80	60	60	90
25	105	80	75	115
35	130	95	95	135
50	165	130	110	165
70	210	165	140	200
95	255	200	165	240
120	295	220	200	270
150	340	255	230	305
185	390	-	260	345

7. Выбираем сечение провода по рабочему току:  $I_p = I_n = 23,6$  А. В соответствии с табл.8 для прокладки в трубе выбираем провод марки АПВ сечением  $3 \times 4$  мм<sup>2</sup> с допустимым током  $I_{доп} = 28$  А. Проверяем выбранное сечение по условию нагревания:  $I_{доп} > I_p$ ;  $28\text{А} > 23,6\text{А}$ .

Условие выполняется.

Для защиты двигателя от коротких замыканий выбираем предохранитель типа ПН2-100 с номинальным током предохранителя  $I_{нп} = 100\text{А}$ . Определяем ток плавкой вставки предохранителя по условию:  $I_{вст} = \frac{I_n}{2,5}$ ,

где  $I_n = 165$  А – пусковой ток двигателя.

Тогда  $I_{вст} = \frac{165}{2,5} = 66$  А.

Таким образом по табл.9 для данного предохранителя выбираем стандарт плавкую вставку  $I_{вст} = 80\text{А}$ .

Таблица 9

## Технические характеристики предохранителей

Тип предохранителя	Номинальный ток	
	Предохранители	Плавкой вставки
Переменного тока напряжением до 500 В		
ПН2-100	100	30,40,60,80,100
ПН2-250	250	80,100,120,150,200,250
Неразборные с наполнителем		
НПН-15	15	6,10,15
НПН-60	60	15,20,25,35,45,60

## Список литературы

1. Берикашвили В.Ш. Электротехника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Н.В. Максимов. - 2-е изд., стер. - М : Академия, 2019. - 336 с.
2. Глазков А.В. Электрические машины. Лабораторные работы : учебное пособие / А.В. Глазков. - 3-е изд. - М : РИОР : ИНФРА-М, 2019.
3. Фуфаева Л.И. Электротехника : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.И. Фуфаева. - М : Академия, 2017. - 384 с.
4. Шеховцев В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению : учеб. пособие / В.П. Шеховцев. - 3-е изд. - М : ИНФРА-М, 2019.
5. Ярочкина Г.В. Электротехника : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Г.В. Ярочкина. - 2-е изд., стер. - М : Академия, 2018. – 240 с.

### *Дополнительные источники:*

1. Сборник задач по электротехнике и электронике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.В. Бладыко [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Высшая школа, 2013.— 478 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20262>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. - М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 544 с..
3. Панфилов В.А. Электрические измерения. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 288 с.

## Содержание

Введение.....	3
Методические рекомендации по оформлению и выполнению контрольной работы.....	3
Краткое содержание программы по дисциплине «Электротехника и электроника».....	5
Задания для контрольной работы.....	10
Примеры решения задач.....	19
Список литературы.....	27

# **Петрова Татьяна Борисовна**

## **Электротехника и электроника**

Методические указания и задания  
по выполнению контрольной работы  
для студентов заочной формы обучения  
всех специальностей

Подписано в печать  
Бумага офисная

Формат 60/90/16  
Тираж 30

---

Отпечатано в КМУ Забайкальского горного колледжа имени М.И. Агошкова  
672039, Чита, ул. Баргузинская, 41

---