

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»

Кафедра электротехники и электрических машин

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Методические указания по изучению дисциплины и  
выполнению контрольных работ для студентов заочной  
формы обучения направления 21.03.01 Нефтегазовое дело

Краснодар  
2015

Составители: канд. техн. наук, доц. А.М. Квон;  
канд. техн. наук, доц. Л.Е. Копелевич

**Электротехника:** методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения направления 21.03.01 Нефтегазовое дело / Сост.: А.М. Квон, Л.Е. Копелевич; Кубан. гос. технол. ун-т. Каф. электротехники и электрических машин. – Краснодар, 2015. – 29 с.

Содержат вводную часть, цели и задачи дисциплины, структуру и программу, перечень лабораторных работ и контрольные задания, приведен список литературы, рекомендуемой для самостоятельного изучения.

Ил. 49. Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. каф. ЭТиЭМ КубГТУ А.В. Самородов;  
д-р техн. наук, доц. каф. НГД им. проф. Г.Т. Варгумяна  
КубГТУ О.В. Савенок



## Содержание

Введение.....	4
1 Нормативные ссылки.....	4
2 Инструкция по работе с методическими указаниями.....	5
3 Программа дисциплины.....	5
4 Контрольные работы.....	14
5 Задания на контрольные работы.....	18
6 Содержание и оформление контрольных работ.....	41
7 Темы лабораторных работ.....	42
8 Вопросы для подготовки к экзамену.....	43
9 Список рекомендуемой литературы.....	47
Дополнительная литература.....	48
Список обучающих пособий.....	48
Приложение А.....	48
Приложение Б.....	49

## **Введение**

Электротехника – наука о техническом использовании электричества и магнетизма в народном хозяйстве. Интенсивное использование электрической энергии связано со следующими ее особенностями: легко преобразовываться в другие виды энергии, возможностью централизованного и экономического получения, простой передачей к потребителям на большие расстояния.

Выработка и передача тепловой энергии невозможны без использования различных электротехнических устройств: электрических генераторов и двигателей, трансформаторов, линий электропередач, электронных регуляторов и датчиков, других электротехнических устройств.

Полученные при изучении курса знания студенты теплотехнических специальностей используют при курсовом и дипломном проектировании.

Приведенные в пособии задания охватывают весь основной материал курса и соответствуют образовательным стандартам Российской Федерации. При выполнении контрольных работ студенты получают навыки в использовании основных инженерных методов расчета электрических цепей постоянного и переменного токов, основных режимов и характеристик трансформаторов, электрических машин и электронных устройств.

Последовательность изучения отдельных разделов курса, выдачи контрольных работ устанавливает кафедра электротехники на установочной сессии.

## **1 Нормативные ссылки**

При разработке пособия использованы следующие нормативные документы:  
Общие требования к текстовым документам . – М.: 1995. – 123 с.

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы

СТП КубГТУ 2.4.2-96 СМК. Регулирование деятельности университета. Делопроизводство. Номенклатура дел кафедры (деканата)

СТП КубГТУ 4.4.1-2003 СМК. Учебно-методическая деятельность. ПМК дисциплины.

СТП КубГТУ 4.4.2-2003 СМК. Учебно-методическая деятельность. Рабочая программа учебной дисциплины.

СТП КубГТУ 4.4.3-95 СМК. Учебно-методическая деятельность. Дипломные проекты (работы)

СТП КубГТУ 4.4.4-2004 СМК. Учебно-методическая деятельность.  
Учебные и учебно-методические издания.  
Стандарты ЕСКД.

## **2 Инструкция по работе с методическими указаниями**

Контрольные работы по курсу сделаны 50-вариантными. Вариант контрольного задания выбирается по последним двум цифрам шифра зачётной книжки. Если две последних цифры превышают количество вариантов, то для определения номера варианта необходимо от двух последних цифр вычесть 50.

Если предпоследняя цифра – нуль, то студент должен выполнить вариант, определяемый последующей цифрой своего шифра.

### ***Пример***

2-е последние цифры шифра 62. Всего вариантов контрольных заданий – 50. Ваш вариант:  $62-50=12$ .

В разделах «Темы лабораторных работ» и «Темы практических занятий» приводятся наименования лабораторных работ и практических занятий, которые будут проводиться в период лабораторно-экзаменационной сессии, и указывается литература для подготовки.

## **3 Программа дисциплины**

### **Введение**

Электрическая энергия, ее особенности и области применения. План ГОЭЛРО и дальнейшее развитие электрификации России. Значение электрификации в научно-технической революции и в создании материально-технической базы России. Роль электротехники и электроники в развитии автоматизированных систем управления производственными процессами. Значение электротехнической подготовки для инженеров неэлектрических специальностей.

### **Электрические цепи постоянного тока**

Области применения, назначение генерирующих и приемных устройств постоянного тока. Стандартные графические обозначения электротехнических устройств. Линейные резистивные элементы, идеальные источники ЭДС и тока, их свойства и вольтамперные характеристики. Условные графические обозначения, применяемые на схемах замещения.

Линейные неразветвленные и разветвленные электрические цепи с одним источником ЭДС. Условные положительные направления ЭДС, токов и напряжений на схемах замещения. Пассивный и активный двухполюсники. Режимы работы электрической цепи. Электрический баланс в

электрических цепях. Определение эквивалентных сопротивлений разветвленных пассивных линейных цепей. Взаимное преобразование схем, практическое применение. Компенсация реактивной мощности, коэффициенты активной ( $\cos \varphi$ ), реактивной ( $\operatorname{tg} \varphi$ ) мощностей. Соединений пассивных элементов треугольником и звездой. Анализ электрического состояния неразветвленной и разветвленной линейных электрических цепей с несколькими источниками ЭДС путем непосредственного применения законов Кирхгофа. Методы контурных токов и узлового напряжения. Принцип суперпозиции. Метод эквивалентного генератора. Основные свойства и области применения мостовых цепей. Нелинейные элементы и их характеристики (диод, стабилитрон, терморезистор). Анализ электрического состояния неразветвленных и разветвленных электрических цепей с нелинейными элементами.

Литература: [1, с. 4-36], [3, с. 7-40].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Основные понятия (электрическая цепь, схема, электрический ток, источник электрической энергии, узел, контур, ветвь, источники ЭДС).
2. Методы расчета электрических цепей.
3. Закон Ома для участка цепи.

### **Электрические цепи переменного тока**

Особенности электромагнитных процессов в цепях с изменяющимися во времени токами. Области применения и причины широкого распространения электротехнических устройств синусоидального тока промышленной частоты. Однофазные цепи. Структура электрической цепи, схемы замещения электротехнических устройств. Принцип действия простейшего однофазного электромашинного генератора синусоидальной ЭДС промышленной частоты. Основные параметры, характеризующие синусоидальную функцию. Начальная фаза. Сдвиг фаз. Мгновенное, амплитудное, действующее и среднее значения синусоидально изменяющихся электрических величин. Представление синусоидальных величин тригонометрическими функциями, графиками изменений функций во времени, вращающимися векторами и комплексными числами.

Электротехнические устройства переменного тока. Источники ЭДС, резисторы, индуктивные катушки и конденсаторы.

Параметры (активное сопротивление, индуктивность, емкость) идеальных элементов. Основные свойства и характеристики элементов R, L и C при подключении их к источнику синусоидального напряжения. Мгновенная мощность, колебания энергии. Понятия активной, реактивной и полной мощностей, треугольник мощностей. Коэффициент мощности и его экономическое значение.

Неразветвленные электрические цепи, содержащие резистивное, индуктивное и емкостное сопротивления. Уравнение электрического состояния (математическая модель) для неразветвленной цепи. Активное, реактивное и полное сопротивление двухполюсника. Комплексное сопротивление. Треугольник сопротивлений. Векторные диаграммы. Фазовые состояния между токами и напряжениями. Понятие о потенциальных (топографических) диаграммах. Простейшие круговые диаграммы. Резонанс напряжений, условия его возникновения и практическое значение.

Электрические цепи с параллельным соединением ветвей. Уравнения электрического состояния цепи. Векторные диаграммы. Активная, реактивная и полная проводимости. Треугольник проводимостей. Комплексная проводимость. Резонанс токов, условия его возникновения, экономический эффект от повышения коэффициента мощности.

Анализ электрических цепей переменного тока с параллельным соединением с использованием понятия комплексного числа. Регулируемые и нерегулируемые фазовращающие устройства. Анализ простейших электрических цепей с учетом явления взаимной индукции.

Литература: [1, с. 37-103], [3, с. 40-104].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Электрический ток (постоянный, переменный, периодически изменяющийся). Среднее и действующее значения синусоидального тока.
2. Работа и мощность электрического тока (активная, реактивная, полная мощность), треугольник мощностей.
3. Активная нагрузка в цепи переменного тока.

## **Трехфазные электрические цепи**

Области применения трехфазных устройств. Устройство, принцип действия простейшего трехфазного генератора. Представление электрических величин трехфазных систем тригонометрическими функциями, временными диаграммами, вращающимися векторами и комплексными числами. Условные положительные направления электрических величин в трехфазной системе. Фазные и линейные напряжения и токи. Векторные диаграммы.

Способы включения в трехфазную сеть однофазных и трехфазных приемников. Четырехпроводная и трехпроводная трехфазные сети. Соотношение между фазными и линейными напряжениями, фазными и линейными токами. Мощности трехфазной электрической нагрузки при симметричном и несимметричном режимах. Назначение нейтрального провода. Применение метода узловых потенциалов при анализе режимов трехфазных электрических цепей. Измерение активной мощности



(энергии) трехфазных нагрузок методами двух и трех ваттметров (счетчиков).

Компенсация реактивной мощности в целях повышения коэффициента мощности ( $\cos \varphi$ ) промышленного предприятия.

Литература: [1, с. 104-123], [3, с. 104-121].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Соединение звезда-звезда с нулевым выводом.
2. Методы измерения активной, реактивной мощностей в трехфазных цепях при симметричной и несимметричной нагрузках.
3. Расчет активной, реактивной, полной мощности в трехфазных цепях.

### **Переходные процессы в линейных электрических цепях**

Причины возникновения переходных процессов в электрических цепях. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепи. Установившиеся и свободные составляющие токов и напряжений. Законы коммутации и их использование для определения начальных условий переходного процесса. Постоянная времени переходного процесса, и влияние параметров приемников на длительность переходного процесса.

Переходные процессы при включении на зажимы источника постоянного напряжения неразветвленных цепей: с резистором и индуктивной катушкой, с резистором и конденсатором, а также с резистором, индуктивной катушкой и конденсатором. Понятие о характере протекания переходных процессов в цепи, содержащей индуктивную катушку и резистор, включенные на зажимы источника синусоидального напряжения.

Литература: [1, с. 132-158], [3, с. 122-137].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепи при последовательном включении R-C элементов.
2. Дифференциальные уравнения электрического состояния цепи при последовательном включении R-L элементов.
3. Первое и второе правила коммутации.

### **Электромагнитные устройства**

Электромагнитные устройства, назначение, области применения. Назначение магнитопровода. Свойства ферромагнитных материалов, используемых для изготовления магнитопроводов электромагнитных устройств с постоянными и переменными магнитными полями. Неразветвленные и разветвленные магнитные цепи.

Литература: [3, с. 173-213].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Разновидности магнитных цепей. Роль ферромагнитных материалов.
2. Падение магнитного напряжения. Законы Кирхгофа для магнитных цепей.
3. Определение магнитодвижущей силы (МДС) неразветвленной магнитной цепи по заданному потоку.

### **Магнитные цепи**

Применение закона полного тока для анализа идеальной магнитной цепи. Магнитное сопротивление и проводимость. Схема замещения магнитной цепи. Вебер - амперные характеристики. Формальная аналогия методов анализа электрических и магнитных цепей. Магнитные цепи с воздушным зазором. Расчет тягового усилия электромагнита постоянного тока. Электромагнитные устройства. Подъемные электромагниты, контакторы, реле, их устройство и применение.

Магнитные цепи с переменной МДС. Особенности устройства магнитной цепи с переменной МДС. Реальная и идеальная катушки с магнитопроводом. Катушка с магнитопроводом как нелинейный индуктивный элемент и ее вольтамперная характеристика. Способы уменьшения мощности потерь энергии на гистерезис и вихревые токи. Формы кривой мгновенного значения тока и потока при синусоидальном напряжении на катушке.

Эквивалентный синусоидальный ток. Уравнение электрического состояния, векторная диаграмма и схема замещения катушки. Влияние воздушного зазора магнитопровода на вольтамперную характеристику катушки. Электромагнитные устройства с изменяемым воздушным зазором: дроссели, контакторы, сварочные аппараты.

Литература: [1, с. 168-182].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Закон полного тока.
2. Определение магнитного сопротивления.
3. Понятие вольтамперной характеристики.

### **Трансформаторы**

Назначение, области применения. Однофазный трансформатор: устройство и принцип действия. Основной магнитный поток, потокосцепление рассеяния. Коэффициент трансформации. Условные положительные направления напряжений, токов, ЭДС и магнитных потоков. Условные графические обозначения, применяемые для изображения трансформатора на электрических схемах. Уравнения электрического и магнитного состояний трансформатора. Понятие о приведенном трансформаторе. Векторная диаграмма и схема замещения. Опыты холостого хода и короткого замыкания, назначение и условия проведения. Потери энергии и КПД. Внешняя характеристика трансформатора.

Устройство, принцип, действия и области применения трехфазных трансформаторов. Понятие о группах соединений обмоток. Устройство, принцип действия и области применения автотрансформаторов.

Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Условное графическое обозначение, назначение и особенности эксплуатации. Погрешности измерений при использовании измерительных трансформаторов. Классы точности.

Литература: [1, с. 196-237], [3, с. 237-261].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Однофазный двухобмоточный трансформатор, принцип действия.
2. Холостой ход трансформатора. Схема замещения, векторная диаграмма.
3. Энергетические диаграммы трансформатора.

### **Электрические измерения и приборы**

Понятие термина "измерение". Преимущества электрических методов измерения неэлектрических величин. Методы измерения. Измерительные приборы непосредственного отсчета и приборы сравнения.

Основные показатели качества измерительного устройства: точность, чувствительность, потребление энергии. Случайные и систематические погрешности в электрических измерениях. Классы точности щитовых приборов, понятие "класс точности".

Устройство, принцип действия, основные свойства и области применения показывающих приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и выпрямительной систем. Логометры. Счетчики электрической энергии. Обозначения на шкалах приборов. Определение цены деления шкалы прибора. Измерение токов, напряжений, сопротивлений, активной мощности и энергии. Понятие о мостовом методе измерений. Уравнение равновесия моста постоянного тока.

Мосты переменного тока и их применение для измерения неэлектрических величин с помощью параметрических преобразователей.

Литература: [1, с. 338-377], [3, с. 262-328].

*Вопросы для самопроверки:*

1. Устройство, принцип действия, основные свойства и области применения показывающих приборов магнитоэлектрической системы.
2. Устройство, принцип действия, основные свойства и области применения показывающих приборов электромагнитной системы.
3. Понятие о мостовом методе измерений.

## **4 Контрольные работы**

При выполнении контрольных работ студенты изучают методы расчета электрических цепей постоянного, однофазного переменного и трехфазного тока. Получают практические навыки при выборе электротехнического оборудования по ранее проведенным расчетам.

Объем и содержание контрольных работ приведены в разделе 5 (В пятом семестре студенты выполняют контрольную работу №1, состоящую из задач №1 и №2; в шестом семестре – контрольную работу №2, состоящую из задач №3 и №4).

### Примеры выполнения заданий

#### *Анализ режимов работы однофазного приемника электрической энергии переменного тока*

При решении уравнений, составленных в символической форме, необходимо помнить, что сложение и вычитание комплексных чисел производится в алгебраической форме, а деление и умножение – в показательной форме.

Сложить два комплексных числа:  $\underline{Z}_1 = 10e^{i53}$  и  $\underline{Z}_2 = 5e^{i37}$ . Переводим показательную форму в алгебраическую:

$$10e^{i53} + 5e^{i37} = 10\cos(53) + j10\sin(53) + 5\cos(37) + j5\sin(37) = 10 \cdot 0,6 + j10 \cdot 0,8 + 5 \cdot 0,8 + j5 \cdot 0,6 = 6 + 4 + j8 + j3 = 10 + j11.$$

Комплексное число получено в алгебраической форме.

Чтобы перевести алгебраическую форму комплексного числа в показательную, необходимо найти сначала его модуль  $Z$  (гипотенузу прямоугольного треугольника) по формуле

$$Z = \sqrt{10^2 + 11^2} = 14,87 \text{ Ом.}$$

Затем определяем показатель степени  $\varphi$  (он же угол сдвига фазы вектора тока относительно вектора напряжения) по формуле:

$$\varphi = \text{arctag} \frac{11}{10} = 46$$

Тогда комплексное число в показательной форме запишем следующим образом:

$$\underline{Z} = 14,87e^{i46} \text{ Ом.}$$

Разделить два комплексных числа. При делении комплексных чисел в показательной форме, необходимо разделить их модули, а показатели степеней вычесть.

(При умножении комплексных чисел в показательной форме необходимо перемножить их модули, а показатели степеней сложить).

При определении показания ваттметра следует пользоваться выражением  $P = \text{Re}(\overline{S})$ ,

$$\bar{S} = \dot{U} \cdot \overset{*}{I} ,$$

где  $\text{Re } UI$  – вещественная часть комплексного значения полной мощности, которая равна активной мощности  $P$  (показанию ваттметра);

$\dot{S}$  – полная мощность электрической цепи в комплексной форме;

$\overset{*}{I}$  – комплексное сопряженное значение тока на входе цепи;

Показание ваттметра можно определить и по формуле

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi,$$

где  $U$  – уровень напряжения, приложенный к обмотке напряжения ваттметра;

$I$  – ток, проходящий по токовой катушки ваттметра;

$\varphi$  – угол сдвига между векторами напряжения и тока.

### *Трехфазные электрические цепи*

Коэффициент активной мощности на входе электрической нагрузки определяется как отношение активной мощности  $P_H$  к полной мощности  $S_H$  :

$$\cos\varphi_H = \frac{P_H}{S_H} .$$

Мощность конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности определяется по формуле

$$Q_K = P_H (tg\varphi_H - tg\varphi_3) ,$$

где  $tg\varphi_H = \frac{Q_H}{P_H}$  – коэффициент реактивной мощности цепи,  $tg\varphi_3$  – заданный коэффициент реактивной мощности (при  $\cos\varphi_3=0,95$ );

Емкость батареи конденсаторов определяется по формуле:

$$C = \frac{Q_K}{U^2 \omega} ,$$

где  $U$  -линейное напряжение сети, В;

$\omega = 2\pi f$  -угловая частота

После компенсации реактивной мощности полная мощность определится по формуле, кВ А,

$$S = \sqrt{P_H^2 + (Q_H - Q_K)^2} .$$

## 5 Задания на контрольные работы

Пятый семестр

### Задача №1. Анализ режимов работы однофазного приемника электрической энергии переменного тока

Для изображенных на рисунках 5.1-5.29 электрических схем по данным таблицы 5.1 необходимо:

1. Составить системы уравнений для определения токов в ветвях в дифференциальной и символической формах.
2. Рассчитать токи в ветвях цепи, используя один из методов расчета линейных электрических цепей.
3. Включить на вход приемника ваттметр для измерения активной мощности и определить показание ваттметра и вольтметра.
4. Определить падение напряжений на всех участках цепи.
5. Рассчитать потенциалы всех точек схемы, приняв потенциал любой точки за 0.
6. Построить векторную диаграмму токов и потенциальную диаграмму на одной комплексной плоскости.
7. используя данные расчетов в п.2 записать выражения мгновенных значений тока  $i_2$  и ЭДС  $e_2$ , построить графики зависимостей  $i_2(t)$ ,  $e_2(t)$ ;
8. Принять входное напряжение заданным в тригонометрической форме в виде  $u_{BX} = U_m \sin(\omega t + \psi_0)$

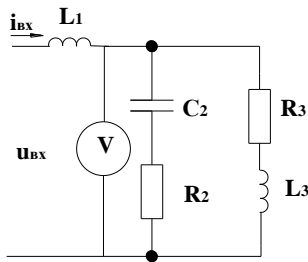


Рисунок 5.1

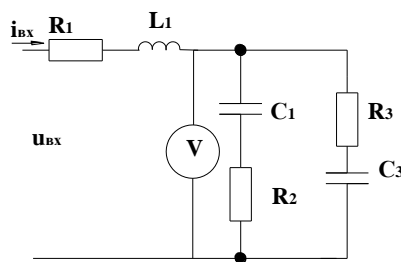


Рисунок 5.2

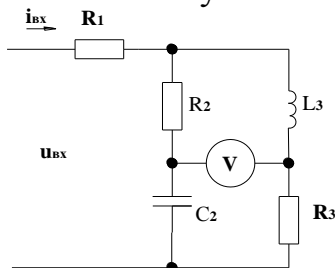


Рисунок 5.3

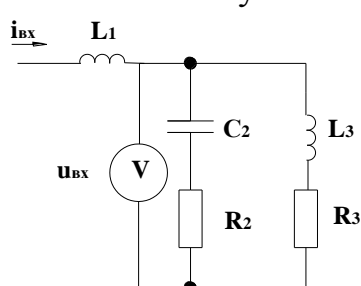


Рисунок 5.4

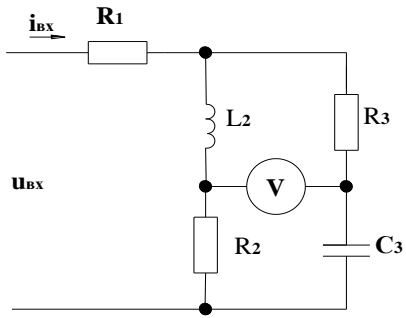


Рисунок 5.5

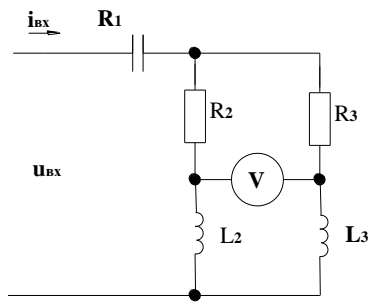


Рисунок 5.6

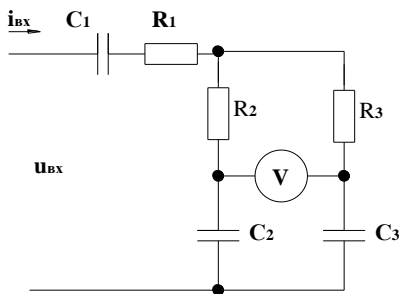


Рисунок 5.7

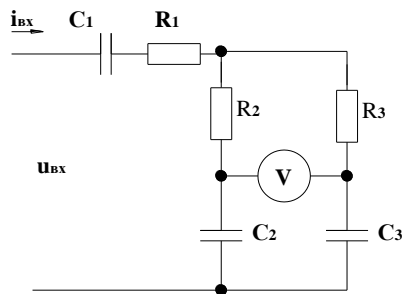


Рисунок 5.8

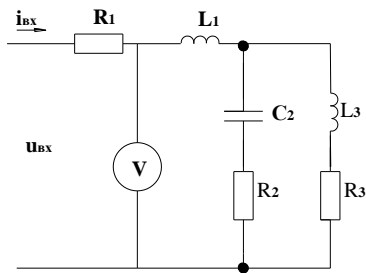


Рисунок 5.9

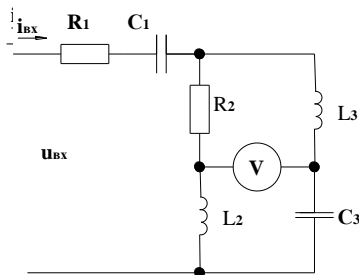


Рисунок 5.10

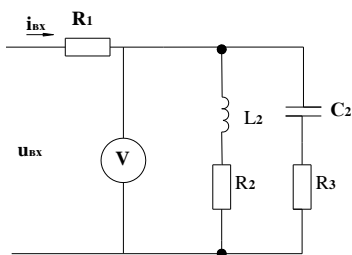


Рисунок 5.11

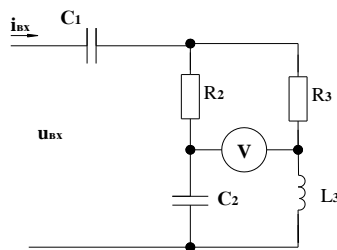


Рисунок 5.12

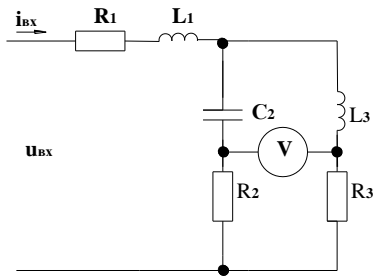


Рисунок 5.13

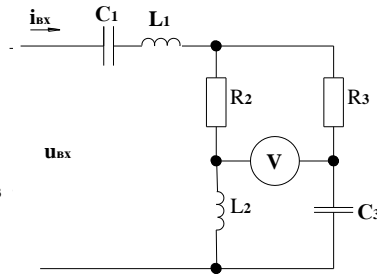


Рисунок 5.14

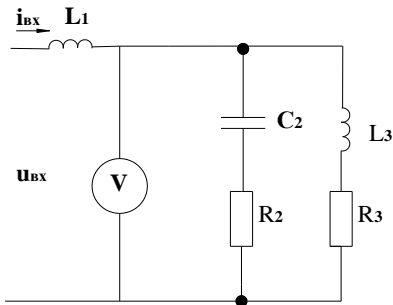


Рисунок 5.15

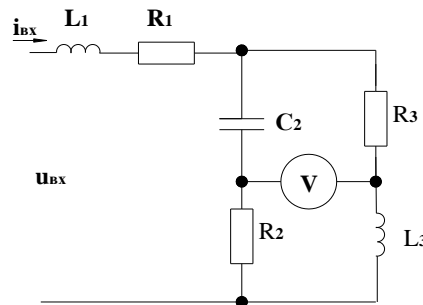


Рисунок 5.16

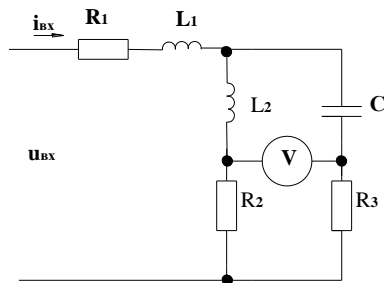


Рисунок 5.17

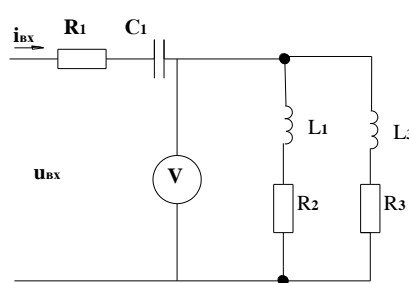


Рисунок 5.18

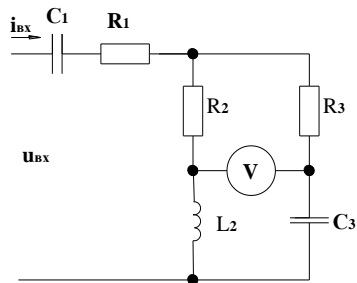


Рисунок 5.19

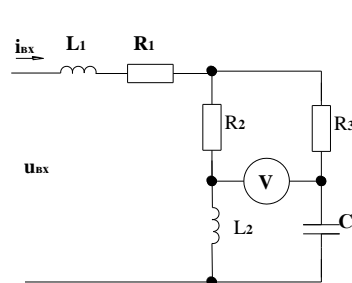


Рисунок 5.20



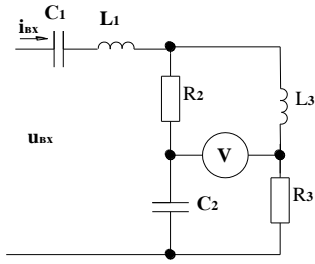


Рисунок 5.21

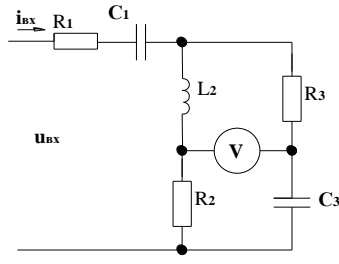


Рисунок 5.22

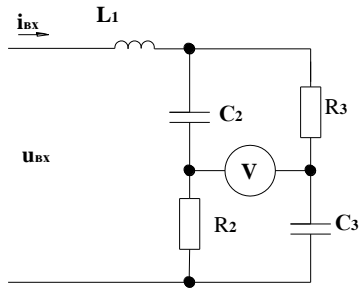


Рисунок 5.23

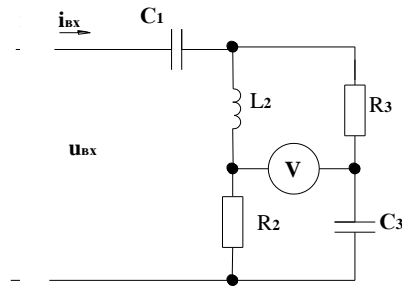


Рисунок 5.24

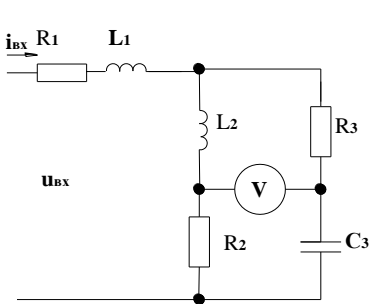


Рисунок 5.25

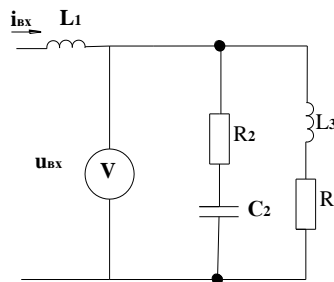


Рисунок 5.26

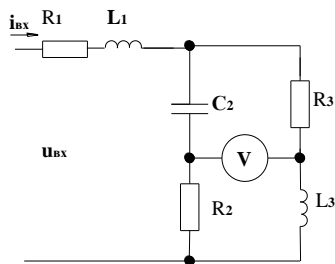


Рисунок 5.27

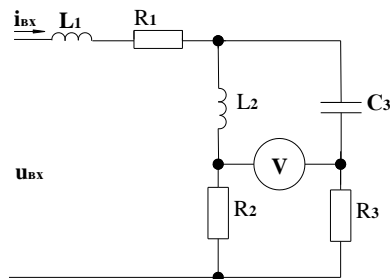


Рисунок 5.28

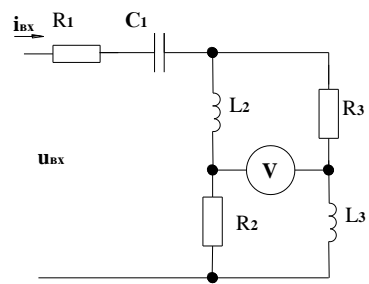


Рисунок 5.29

Таблица 5.1

Номер вар.	Номер рис.	Uм, В	R1, Ом	L1, мГн	R2, Ом	L2, мГн	R3, Ом	L3, мГн	C1, мкФ	C2, мкФ	C3, мкФ		f, Гц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	5.1	141		19,1	3		16	12,7		796,1		180	20
2	5.2	282	6	12,7	8		8			796,1	80,4	-180	24
3	5.3	310,2	5		8		6	25,4		796,1		60	25
4	5.4	179		12,7	12		12	19,1		530,7		30	26
5	5.5	310,2	5		5	38,2	5				318,4	40	27
6	5.6	310,2			5	63,6	12	25,4	318,4			90	28
7	5.7	282	4			38,2	6			796,1	796	30	29
8	5.8	141		9,6	12		10		318,4	259,2	159,2	60	30
9	5.9	179	18	12,5	10		8	19,1		159,2		-45	32
10	5.10	423	20		12	38,2		25,4	159,1		796,1	0	33
11	5.11	282			6		6	25,4	520,4	796,1		-30	34
12	5.12	310,2	8		12	25,4	10				750,2	45	35
13	5.13	141	3	12,7	6		5	20,4		531		45	36
14	5.14	282		41,2	7	50,8	8		159,2		318,4	30	37
15	5.15	310,2		38,2	12		12	19,1		159,2		-60	38
16	5.16	141	3	19,1	5		4	9,5		530		-70	39
17	5.17	282	8	12,7	6	50,8	6				530,7	120	40
18	5.18	310,2	4		8	38,2	4	19,1	162,5			-120	41
19	5.19	141	6		4	19,1	3		252,4		636,8	0	42
20	5.20	282	10	19,6	12	25,4	4				652	40	43
21	5.21	423		40,2	10		10	22,5	275,3	638,8		80	44
22	5.22	282	20		8	27,4	6		318,4		796,1	-35	45
23	5.23	179		38,2	4		8			530,7	159,2	-60	46
24	5.24	141			6	19,1	4		796,1		636,8	45	47
25	5.25	423	8	19,1	12	25,4	12				318,4	-120	48
26	5.18	141	3		4	19,1	8	22,5	318,4			-120	49
27	5.25	179	6	38,2	8	19,1	3				636,8	-120	50
28	5.24	282			3	12,7	8		159,2		576,1	45	20
29	5.23	310,2		12,7	6		8			318,4	636,8	-60	22
30	5.22	423	10		12	38,2	16		159,2		796	-35	24
31	5.21	282		38,2	10		12	38,2	630,8	159,2		80	25
32	5.20	179	10	12,5	6	12,7	4				421	40	26
33	5.19	282	4		12	25,4	6		638,8		796,1	0	27
34	5.28	310,2	8	19,1	4	9,6	6				636,8	-120	20
35	5.27	141	4	12,7	8		4	9,6		159,2		120	25
36	5.26	282		20	3		6	10,5		80,2		-70	28
37	5.15	310,2		76,4	6		4	9,6		159,2		-60	30

Продолжение таблицы 5.1

38	5.14	179		18,5	4	9,6	5		636,8		160,2	30	32
39	5.13	423	12	38,2	6		10	19,1		330		45	36
40	5.12	310,2	8		4	10,6	2				318,2	45	35
41	5.11	179			3		4	38,2	620,4	318,4		-30	31
42	5.10	282	6		5	19,1		40,2	318,4		318,4	0	45
43	5.9	310,2	12	13,5	8		6	38,2		318,4		-45	40
44	5.8	141		25	4		8		796,1	160,2	318,4	60	42
45	5.7	179	6			10,6	4			636,8	250	30	43
46	5.6	282			4	38,2	3	10,4	750,4			90	41
47	5.5	310,2	10		6	38,2	4				796,1	40	21
48	5.4	282		81	4		8	19,1	636,8			30	23
49	5.3	179	10		3		6	38,2		318,4		60	24
50	5.29	141	8		4	9,6	3	9,8	636,8			-180	29

**Задача №2. Трехфазные электрические цепи**

Для электрической цепи, схема которой изображена на рисунках 5.30-5.46, по заданным в таблице 5.2 параметрам и линейному напряжению, определить фазные и линейные токи, ток в нейтральном проводе (для четырехпроводной схемы), активную мощность всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости.

Определить и оценить коэффициент активной мощности  $\cos\varphi$  на входе цепи. Если коэффициент мощности  $\cos\varphi$  ниже 0,95 при нагрузке активно-индуктивного характера, рассчитать мощность и емкость батареи конденсаторов, которую необходимо подключить к трехфазной сети для компенсации реактивной мощности и повышения коэффициента мощности до значения 0,95

Таблица 5.2

Номер		, В	, Ом	, Ом	, Ом	, Ом	О м	О м	Ом	О м	О м	Ом	Ом	Ом
Вариант	Рисунок													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	5.30	127	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
1	5.30	220	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
2	5.30	380	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
3	5.31	127	3	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
4	5.31	220	8	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
5	5.31	380	8	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
6	5.32	127	4	8	6	3	4	8	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 5.2

7	5.32	220	4	8	6	3	4	9	-	-	-	-	-	-
8	5.32	380	4	3	6	8	4	8	-	-	-	-	-	-
9	5.33	127	16,8	8	8	14,2	6	4	-	-	-	-	-	-
10	5.33	220	16,8	8	8	14,2	6	4	-	-	-	-	-	-
11	5.33	380	16,8	8	8	8	6	4	-	-	-	-	-	-
12	5.34	127	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
13	5.34	220	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
14	5.34	380	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
15	5.35	127	-	-	-	-	-	-	8	8	8	6	6	6
16	5.35	220	-	-	-	-	-	-	8	8	8	6	6	6
17	5.35	380	-	-	-	-	-	-	8	8	8	6	6	6
18	5.36	127	-	-	-	-	-	-	8	4	6	4	3	8
19	5.36	220	-	-	-	-	-	-	8	4	6	4	3	8
20	5.36	380	-	-	-	-	-	-	8	4	6	4	3	8
21	5.37	127	-	-	-	-	-	-	4	8	6	3	4	8
22	5.37	220	-	-	-	-	-	-	4	8	6	3	4	8
23	5.37	380	-	-	-	-	-	-	4	8	6	3	4	8
24	5.38	127	-	-	-	-	-	-	16,8	8	3	14,2	6	4
25	5.38	220	-	-	-	-	-	-	16,8	8	3	14,2	6	4
26	5.38	380	-	-	-	-	-	-	16,8	8	3	14,2	6	4
27	5.39	127	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10
28	5.39	220	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10
29	5.39	380	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10
30	5.40	127	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
31	5.40	220	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
32	5.40	380	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
33	5.41	127	15	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
34	5.41	220	15	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
35	5.41	380	15	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
36	5.42	127	-	-	-	-	-	-	-	3	8	4	6	8
37	5.42	220	-	-	-	-	-	-	-	3	8	4	6	8
38	5.42	380	-	-	-	-	-	-	-	3	8	4	6	8
39	5.43	127	-	-	-	-	-	-	8	4	8	-	6	10
40	5.43	220	-	-	-	-	-	-	8	4	8	-	6	10
41	5.43	380	-	-	-	-	-	-	8	4	8	-	6	10
42	5.44	127	-	-	-	-	-	-	-	5	6	5	8	4
43	5.44	220	-	-	-	-	-	-	-	5	6	5	8	4
44	5.44	380	-	-	-	-	-	-	-	5	6	5	8	4
45	5.45	127	-	-	-	-	-	-	5	-	6	10	8	4
46	5.45	220	-	-	-	-	-	-	5	-	6	10	8	4
47	5.45	380	-	-	-	-	-	-	5	-	6	10	8	4
48	5.46	127	-	3	-	15	-	10	-	-	-	-	-	-
49	5.46	220	-	3	-	15	-	10	-	-	-	-	-	-
50	5.46	380	-	3	-	15	-	10	-	-	-	-	-	-

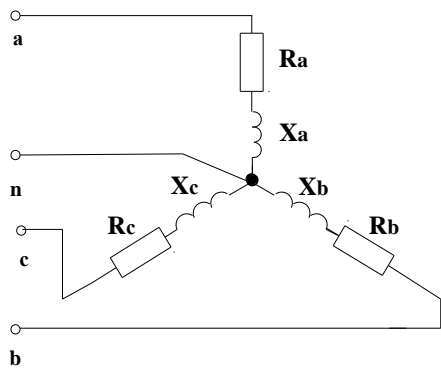


Рисунок 5.30

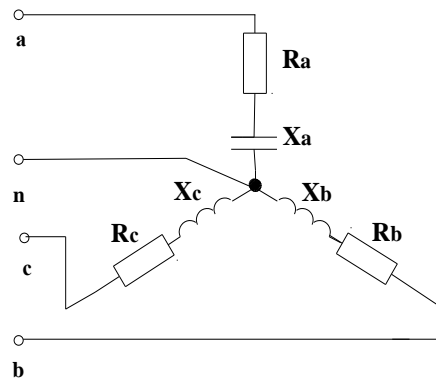


Рисунок 5.31

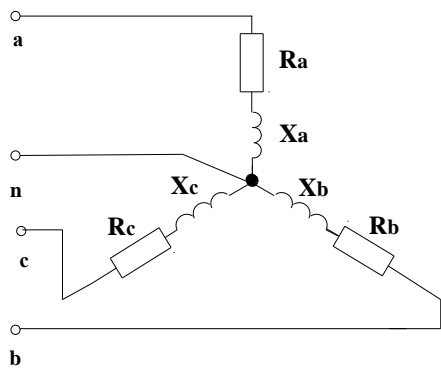


Рисунок 5.32

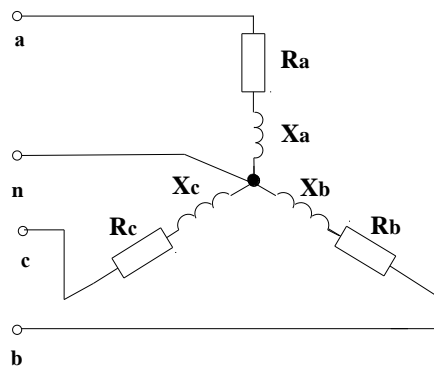


Рисунок 5.33

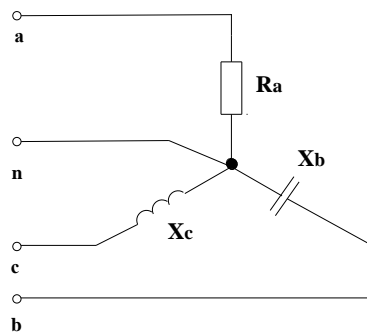


Рисунок 5.34

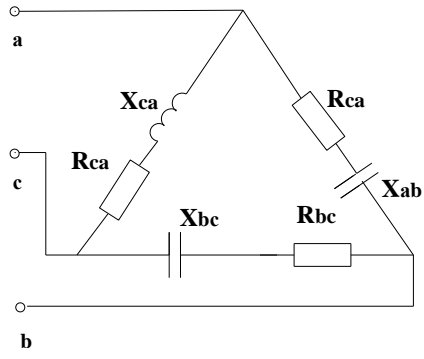


Рисунок 5.35

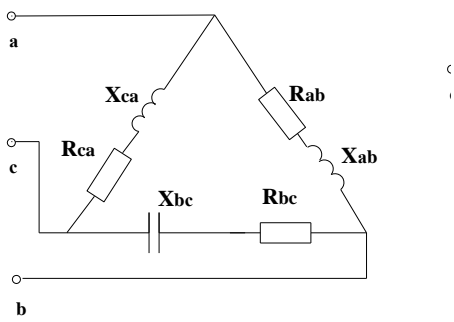


Рисунок 5.36

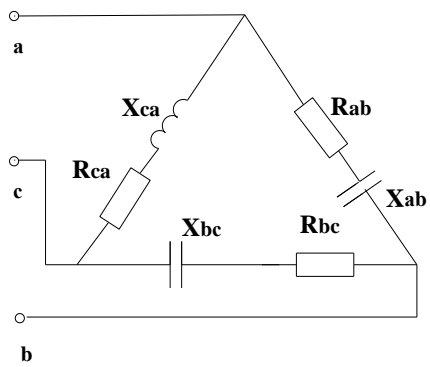


Рисунок 5.37

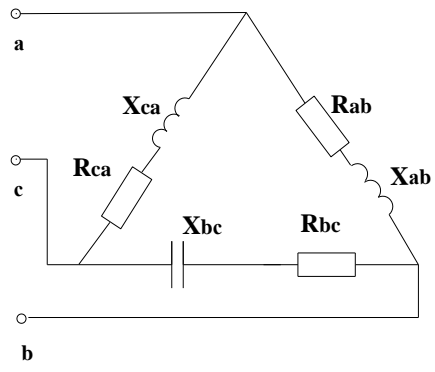


Рисунок 5.38

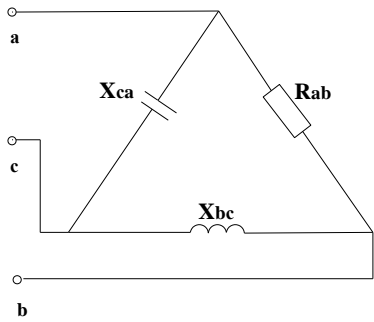


Рисунок 5.39

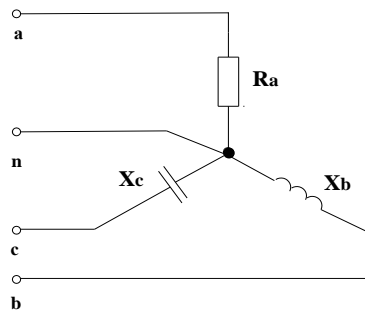


Рисунок 5.40

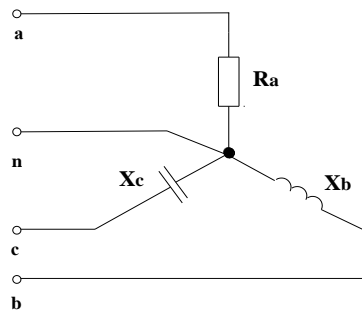


Рисунок 5.41



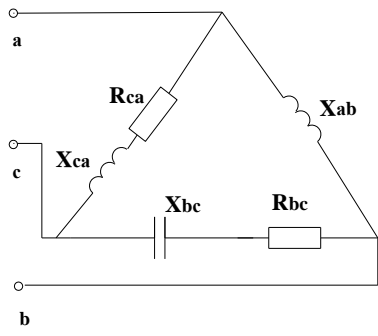


Рисунок 5.42

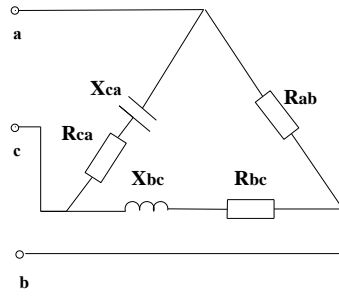


Рисунок 5.43

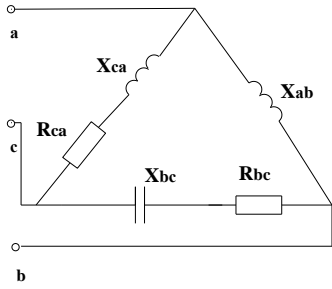


Рисунок 5.44

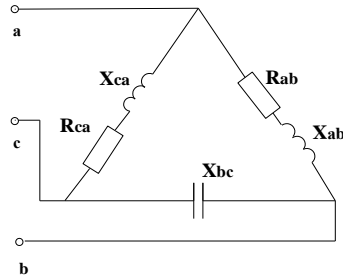


Рисунок 5.45

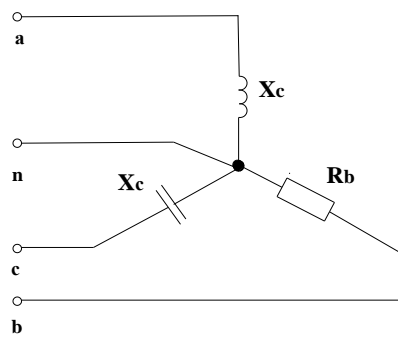


Рисунок 5.46

## 6 Содержание и оформление контрольных работ

6.1. Контрольные работы выполняются на листах формата А4 по ГОСТ 2.301-68. Текст может быть выполнен рукописно или с помощью средств компьютерной техники. Рукописный текст может быть записан на одной стороне листа формата А4 с высотой прописных букв не более 10 мм. Текст следует размещать, соблюдая размеры полей:

- правое – 15 мм;
- левое – 30 мм;
- верхнее - 15 мм;
- нижнее – 25 мм.

При оформлении текста, заголовков, иллюстраций, таблиц, и приложений следует руководствоваться с требованиями ГОСТ Р 1.5-2002, ГОСТ 2.105-95, используя стандартную терминологию, а при ее отсутствии принятую в технической литературе.

Применяемые наименования величин в выполненном задании должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.417-2003 и ОК 015-94.

Листы контрольной работы нумеруют арабскими цифрами. Номер листа проставляют на нижнем поле листа справа. На титульном листе номер листа не проставляют.

Оформление иллюстраций в форме графиков и диаграмм выполняют Р 50-77-88.

6.2. Требования к структуре и содержанию разделов контрольной работы:

- *Содержание* – располагают после титульного листа и записывают строчными буквами с первой прописной, в которое включают наименования всех разделов;

- *Нормативные ссылки* в которых приводятся ссылки на использованные при выполнении контрольной работы ГОСТы, СНиПы и др.;

- *Введение*, в котором кратко излагаются цель контрольной работы;

- *Основная часть*, в которой приводятся промежуточные математические доказательства, методики, формулы, расчеты др.;

- *Список использованных источников*, в которых приводятся сведения об использованных источниках, упомянутых в тексте контрольной работы в порядке их упоминания по ГОСТ 7.1-2003.

### **Пример**

1. Касаткин А.С. Электротехника: учебное пособие для вузов /А.С. Касаткин, М.В. Немцов – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. – 530 с.

## 7 Темы лабораторных работ

Наименование работы	Номер работы	Литература
		Учебник
Исследование режимов разветвленной цепи переменного тока	№ 3	[1, с. 143-149]
Исследование режимов трехфазного приемника электрической энергии соединенного звездой	№ 4	[1, с. 106-109]
Исследование однофазного трансформатора	№ 7	[1, с. 199-200]

## 8 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Основные понятия (электрическая цепь, схема, электрический ток, источник электрической энергии, узел, контур, ветвь, источники ЭДС).
2. Потребители электрической энергии(виды нагрузок электрической цепи),треугольник сопротивлений
3. Закон Ома для участка цепи . Разобрать на примере.
4. Электрический ток (постоянный, переменный, периодически изменяющийся). Среднее и действующее значения синусоидального тока.
5. Изображение синусоидально изменяющихся величин на комплексной плоскости (разобрать на примере ).
6. Формула Эйлера.
7. Работа и мощность электрического тока (активная, реактивная, полная мощность),треугольник мощностей.
8. Энергетический баланс в цепях постоянного и переменного тока. Измерение мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока.
9. Методы расчета электрических цепей (разобрать на примере)
10. Метод преобразования (свертывания), в т.ч. нахождение эквивалентного сопротивления при последовательном, параллельном, смешанном соединении приемников электрической энергии.
11. Метод контурных токов.
12. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.
13. Метод эквивалентного генератора.
14. Метод двух узлов.

15. Получение однофазного переменного тока.
16. Активная нагрузка в цепи переменного тока.
17. Индуктивность в цепи переменного тока.
18. Конденсатор в цепи переменного тока.
19. Основы символического (комплексного) метода расчета цепей синусоидального тока. Векторные и потенциальные диаграммы.
20. Резонанс токов.
21. Резонанс напряжений.
22. Трехфазная система ЭДС. Основные понятия для трехфазных цепей.
23. Схема соединения генератора и нагрузки в трехфазных цепях. Фазные и линейные токи и напряжения.
24. Схемы соединения в трехфазных цепях (проиллюстрировать векторными диаграммами).
25. Соединение звезда-звезда с нулевым выводом.
26. Соединение звезда-звезда без нулевого вывода, в том числе аварийные режимы.
27. Соединение нагрузки в треугольник, в том числе аварийные режимы.
28. Расчет активной, реактивной, полной мощности в трехфазных цепях.
29. Методы измерения активной, реактивной мощностей в трехфазных цепях при симметричной и несимметричной нагрузках.
30. Магнитные цепи. Основные понятия (магнитная индукция, магнитный поток, МДС, закон полного тока).
31. Разновидности магнитных цепей. Роль ферромагнитных материалов.
32. Падение магнитного напряжения. Законы Кирхгофа для магнитных цепей.
33. Определение МДС неразветвленной магнитной цепи по заданному потоку.
34. Определение магнитного потока в неразветвленной магнитной цепи по заданной МДС.
35. Сила тяги электромагнита.
36. Периодически несинусоидальные токи в линейных электрических цепях. Общие понятия. Изображение периодических несинусоидальных токов и напряжений с помощью рядов Фурье.
37. Действующие значения несинусоидальных токов и напряжений.
38. Активная и полная мощности несинусоидального тока.
39. Особенности работы трехфазной цепи, вызываемые гармониками, которые кратные трем.
40. Задача на постоянный ток.
41. Задача на однофазный синусоидальный ток.
42. Задача на трехфазный ток.
43. Потери мощности и энергии (в ВЛЭП и в кааб. ЛЭП) в трансформаторах
44. Потери реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности.

45. Снижение потерь электрической энергии. Мероприятия по повышению  $\cos \varphi$
46. Нормы потребления электрической энергии стандарты на электроэнергию
47. Электробезопасность. Условия безопасности в низковольтных сетях трехфазного тока.
48. Заземление. Разобрать на примере.
49. Схемы с глухозаземленной нейтралью.

## 9 Список рекомендуемой литературы

### *Основная литература*

1. Касаткин, А.С. Курс электротехники: учеб. пособие для вузов / А.С. Касаткин, М. :- 10-е изд., стер. - М. : Высш. Шк., 2009 - 542 с.
2. Савченко, В.И. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учеб.для вузов - М. : Изд-во АСВ, 2012. - 264 с. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938845.html> (по паролю).

### *Дополнительная литература*

3. Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.В. Белов, Ю.С. Волков. - СПб. : Лань, 2012. - 432 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3553](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3553) (по паролю).
4. Жаворонков, М.А. Электротехника и электроника: учеб. пособие для технич. отд-ний гуманит. вузов и вузов неэлектротехн. профиля / М.А. Жаворонков, А.В. Кузин. - 4-е изд., испр. - М.: Академия, 2011 - 394 с.