

Министерство образования и науки Российской Федерации
Кубанский государственный технологический университет

Кафедра электротехники и электрических машин

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Методические указания по изучению дисциплины и
контрольные задания для студентов заочной формы обучения
и МИППС направления 131000.62 Нефтегазовое дело

Краснодар
2014

УДК 621.3.01
ББК 31.211
К32

Составитель: канд. техн. наук, доц. А.М. Квон

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. Методические указания по изучению дисциплины «Электротехника» для студентов заочной формы обучения и МИППС направления 131000.62 - «Нефтегазовое дело» высшего профессионального образования /Сост.: А.М. Квон; Кубан. гос. техн. ун-т. Каф. электротехники и электрических машин. – Краснодар.: Изд. КубГТУ, 2014.-39 с.

В методических указаниях изложены программа дисциплины, варианты контрольных заданий, темы лабораторных работ, вопросы к экзамену, рекомендуемая литература, приведены методики выполнения и требования к оформлению контрольных работ.

Содержание

Введение.....	4
Нормативные ссылки.....	4
Основная часть.....	4
1. Инструкция по работе с учебно-методическим пособием.....	4
2. Программа дисциплины.....	5
3. Контрольные работы.....	11
4. Содержание и оформление контрольных работ.....	33
5. Темы лабораторных работ.....	33
6. Вопросы для подготовки к экзамену	34
Список литературы.....	37

Введение

Целью дисциплины является теоретическая и практическая подготовка инженеров неэлектрических специальностей в области электротехники, электропривода, и электрооборудования различных механизмов в такой степени, чтобы они могли выбирать необходимые электротехнические устройства, уметь их правильно эксплуатировать в соответствии с правилами электробезопасности, составлять совместно с инженерами-электриками технические задания на монтаж электрических частей машин и механизмов.

Нормативные ссылки

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы

ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Р 50-77-88 Рекомендации. ЕСКД. Правила выполнения диаграмм

Основная часть

1. Инструкция по работе с учебно-методическим пособием

Целью контрольных работ является промежуточная самопроверка усвоения студентами соответствующих разделов курса и проверка этих знаний преподавателем. Приступать к выполнению очередной работы следует после изучения необходимого материала в рекомендованной литературе.

Оформлять контрольную работу необходимо, выполняя требования межгосударственного стандарта (ЕСКД) общие требования к текстовым документам (ГОСТ 2.105-95). Рисунки, схемы и графики должны быть выполнены аккуратно в разумном масштабе, графики следует чертить на миллиметровой бумаге с помощью чертежных инструментов. На осях координат должны быть указаны значения и единицы их измерения «двух-этажной» дробью, в числителе которой указывается обозначение измеряемой величины (например: ток I , напряжение U), а в знаменателе – единица измерения (например: I/A ; U/B). При решении задачи следует указывать необходимые расчетные формулы и ссылаться на соответствующие законы (например: по первому закону Кирхгофа имеем.) Конечный результат необходимо выделять из общего текста и решения в форме заключения, вывода или ответа.

На титульном листе контрольной работы должно быть указано наименование института, факультета, фамилия, инициалы и шифр студента. В конце работы необходимо привести список использованной литературы.

Контрольные работы по курсу сделаны 50-вариантными. Вариант студента определяется двумя последними цифрами шифра. Если две последние цифры более 50, то для определения номера варианта необходимо от двух последних цифр вычесть 50. Если предпоследняя цифра - ноль, то студент должен выполнить вариант, определяемый последующей цифрой своего шифра.

Объем контрольной работы устанавливается преподавателем исходя из предложенного перечня из семи задач. Контрольные задачи, включенные в методические указания, не охватывают всех разделов программы, поэтому для лучшего усвоения-материала студентам кроме обязательных контрольных задач рекомендуется научиться решать задачи на темы всех разделов курса.

2. Программа дисциплины

Введение

Электрическая энергия, ее особенности и области применения. Роль электротехники и электроники в развитии автоматизированных систем управления производственными процессами. Значение электротехнической подготовки для инженеров неэлектрических специальностей. Содержание и структура курса.

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 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 четырехплечих мостовых цепей.

Нелинейные элементы и их характеристики. Анализ электрического состояния неразветвленных и разветвленных электрических цепей с нелинейными элементами.

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. 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 и практическое

применение. Компенсация реактивной мощности, коэффициенты активной ($\cos\varphi$), реактивной ($\tan\varphi$) мощностей, их нормирование, 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 взаимоиндукции.

Трехфазные электрические цепи. Области применения трехфазных устройств. Устройство, принцип действия простейшего трехфазного генератора. Представление электрических величин трехфазных систем тригонометрическими функциями, графиками, вращающимися векторами и комплексными числами. Условные положительные направления электрических величин в трехфазной системе. Фазное и линейное напряжения. Векторные диаграммы.

Способы включения в трехфазную сеть однофазных и трехфазных приемников. Четырехпроводная и трехпроводная трехфазные цепи. 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.

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.

Электромагнитные устройства и трансформаторы

Электромагнитные устройства, назначение, области Применения. Назначение магнитопровода. Свойства ферромагнитных материалов, ис-

пользуемых для изготовления магнитопроводов электромагнитных устройств с постоянными и переменными магнитными полями. ные и разветвленные магнитные цепи.

Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой (МДС). 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.

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.

Электрические машины

Машины постоянного тока (МПТ). Устройство, принцип действия МПТ. Коллектор и его назначение. Простейшие обмотки якоря. Обратимость МПТ. Схема замещения цепи якоря. ЭДС якоря и электромагнит-

ный момент МПТ. Понятие о реакции якоря и коммутации. Преобразование энергии и КПД МПТ.

Работа МПТ в режиме генератора. Условия работы МПТ в режиме генератора. Основные характеристики генератора (холостого хода, внешняя характеристика). Тахогенераторы.

Работа МПТ в режиме электродвигателя. Условия работы МПТ в режиме электродвигателя. Пуск двигателя. Способы уменьшения пускового тока якоря. Механические характеристики двигателей. Способы регулирования частоты вращения. Реверсирование. Сравнительная оценка свойств двигателей постоянного тока разных способов возбуждения и области применения.

Понятие об универсальных коллекторных двигателях.

Асинхронные машины (АМ). Области применения. Устройство, принцип действия трехфазной асинхронной машины. Конструкции короткозамкнутого и фазного роторов. Вращающееся магнитное поле трехфазной машины. Частота вращения, направление вращения магнитного поля. Частота вращения ротора. Скольжение и ЭДС ротора, частота ЭДС и зависимость их от скольжения. Схема замещения фазы трехфазного асинхронного двигателя. Преобразования энергии, происходящие в асинхронном двигателе. Потери и КПД двигателя. Электромагнитный момент двигателя и его зависимость от величины скольжения и напряжения сети. Механическая характеристика двигателя. Перегрузочная способность двигателя. Пуск двигателя. Способы улучшения пусковых свойств асинхронного двигателя. Рабочие характеристики двигателя. Регулирование вращения двигателя.

Принцип действия, механические характеристики, свойства и области применения однофазных двигателей. Конденсаторные двухфазные двигатели.

Синхронные машины (СМ). Устройство трехфазных синхронных машин с электромагнитным возбуждением. Области применения синхронных машин. Графическое изображение синхронной машины на электрических схемах.

Работа синхронной машины в режиме генератора. Внешние характеристики синхронного генератора. Регулирование активной мощности.

Работа синхронной машины в режиме двигателя. Способы пуска синхронного двигателя. Уравнение электрического состояния и векторная диаграмма фазы обмотки статора. Электромагнитный момент двигателя. Механическая и U-образная характеристики двигателя. Влияние величины тока возбуждения на коэффициент мощности и ток статора двигателя. Понятие о принципе действия синхронного компенсатора. Области его использования.

Электрические измерения и электроизмерительные приборы

Основные положения, классификация, обозначения на шкалах. Приборы МЭ системы, устройство, принцип работы. Приборы ЭМ системы, устройство, принцип работы. Приборы ЭД системы, устройство, принцип работы. Цифровые электронные приборы, устройство, принцип работы. Информационно-измерительные системы (понятие). Преобразователи неэлектрических величин.

Основы электроснабжения и электробезопасность

Классификация приемников. Типовые схемы электроснабжения.

Электробезопасность в электрических схемах до 1000В при различных схемах электроснабжения.

3. Контрольные работы

Контрольная работа №1

Задача №1

Расчет мостового преобразователя температуры с терморезистором

Для заданной схемы электрической цепи, приведенной на рис. 1.1а требуется:

- а) определить токи терморезистора и источника при нижнем и верхнем значениях температуры контролируемой среды;
- б) определить напряжение на зажимах измерительной ветви и ток в ней при верхнем значении температуры контролируемой среды;
- в) проградуировать шкалу прибора в единицах контролируемой величины.

Примечание:

- сопротивление измерительной ветви $R_{и}$ согласованно с выходным сопротивлением мостового преобразователя, уравновешенного при нижнем значении температуры контролируемой среды;
- полное отклонение подвижной части наступает при верхнем значении температуры контролируемой среды;
- электрическое сопротивление терморезистора в пределах заданного интервала температуры изменяется по закону:
- для медного терморезистора.

$$- R_t = R_0(1 + 0.00428t) \quad (1)$$

- для платинного:

$$- R_t = R_0(1 + 3.94 \cdot 10^{-3} * t - 5.8 \cdot 10^{-7} * t^2) \quad (2)$$

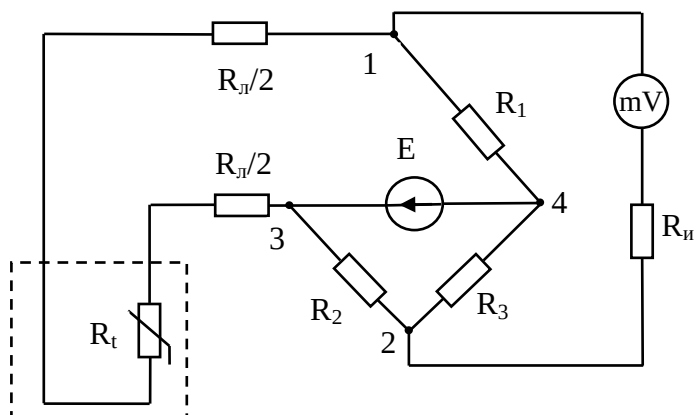


Рис.1.1а. Схема мостового преобразователя с терморезистором

где R_0 - сопротивление терморезистора при 0°C ; t -верхний предел температуры. Параметры цепи выбираются согласно варианту из табл. 1.

Таблица 1

Номер вар	Интер- вал	Мате- риал	R_0 Ом	R_4 Ом	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	E , В
1	0-200	Плат.	100	5	304	31	90	4,0
2	0-200	Медь	53	5	202	220	766	3,0
3	0-100	Медь	53	5	189	204	665	2,0
4	0-100	Медь	53	0	91	155	266	2,0
5	0-70	Плат.	46	0	202	61	267	1,5
6	0-100	Плат.	46	0	160	147	512	1,5
7	0-100	Плат.	46	5	190	178	665	1,5
8	0-100	Плат.	46	0	154	214	715	2,0
9	0-100	Плат.	46	5	140	222	610	2,0
10	0-120	Плат.	46	5	178	206	720	1,5
11	0-150	Плат.	46	5	195	222	850	1,5
12	0-250	Плат.	46	0	167	82	298	3,0
13	0-300	Плат.	46	5	232	40	182	4,0
14	0-100	Плат.	46	0	298	118	765	1,5
15	0-500	Плат.	46	5	244	60	287	4,0
16	0-300	Плат.	46	0	191	53	220	3,0
17	0-100	Плат.	100	5	50	356	170	1,5
18	0-150	Плат.	100	0	41	587	241	2,0

Номер вар	Интер- вал	Мате- риал	R ₀ Ом	R _л Ом	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	E, В
19	0-70	Плат.	100	5	194	200	370	3,0
20	0-100	Плат.	100	0	43	400	172	2,0
21	0-200	Плат.	100	5	210	55	110	4,0
22	0-150	Плат.	100	5	84	213	171	2,0
23	0-70	Плат.	100	5	59	312	175	2,0
24	0-70	Плат.	100	5	160	225	343	3,0
25	0-100	Плат.	100	5	77	330	242	2,0
26	0-100	Плат.	100	5	46	550	242	2,0
27	0-100	Плат.	100	5	40	439	167	1,5
28	0-150	Медь	53	5	224	131	507	3,0
29	0-50	Медь	53	0	145	153	418	2,0
30	0-70	Медь	53	5	126	161	350	2,0
31	0-100	Медь	53	5	193	200	665	3,0
32	0-180	Медь	53	5	224	131	507	1,5
33	1-120	Медь	53	0	145	153	418	2,0
34	0-180	Медь	53	5	203	100	350	3,0
35	0-120	Плат.	100	5	174	131	217	1,5
36	0-50	Плат.	100	0	82	387	317	2,0
37	0-70	Плат.	100	5	182	202	350	3,0
38	0-120	Плат.	100	5	139	325	430	1,5
39	0-180	Плат.	100	5	169	213	343	3,0
40	0-200	Плат.	100	0	116	349	405	3,0
41	0-150	Плат.	100	5	70	400	267	2,0
42	0-70	Медь	53	5	67	167	193	1,5
43	0-120	Медь	53	0	71	203	282	4,0
44	0-150	Медь	53	5	120	291	602	3,0
45	0-100	Медь	53	0	100	169	319	4,0
46	0-100	Медь	53	5	199	61	209	2,0
47	0-50	Медь	53	5	140	165	398	4,0
48	0-70	Медь	53	5	101	290	505	3,0
49	0-300	Плат.	46	5	122	176	421	4,0
50	0-200	Плат.	46	5	75	410	603	3,0

Методические указания

Задача №1

Основные закономерности, необходимые для расчета эл. цепей

закон Ома для участка эл. цепи, с сопротивлением R	1-ый закон Кирхгофа	2-ой закон Кирхгофа
$I = \frac{U}{R}$	$\sum I = 0$	$\sum U_{\Pi} = \sum E$
Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению участка и об- ратно пропорциональна его сопротивлению.	Алгебраическая сумма токов в узле электриче- ской цепи равна нулю.	Алгебраическая сумма падений напряжения в контуре электриче- ской цепи равна ал- гебраической сумме ЭДС в нем.

Для измерения неэлектрических величин: температуры, давления, перемещения и т.п. используются мостовые измерители, в одной из плеч которых включается измерительный первичный преобразователь (ИПП) с известным семейством вольтамперных характеристик (ВАХ) при различных значениях неэлектрической величины. Это неуравновешенные мосты, в измерительную диагональ которых включают указатели и регистраторы. При этом выходная величина (I_i или U_i) представляется в виде функции входной (неэлектрической) величины. Именно такой мостовой преобразователь температуры с терморезистором и предлагается рассчитать в задаче №1 (рис. 1.1а).

Для расчета мостового преобразователя необходимо:

- изучить разделы 1.17, 1.19 [1]; 1.8, 1.13 [2], 1.7 [4];
- ознакомиться с решением задач;

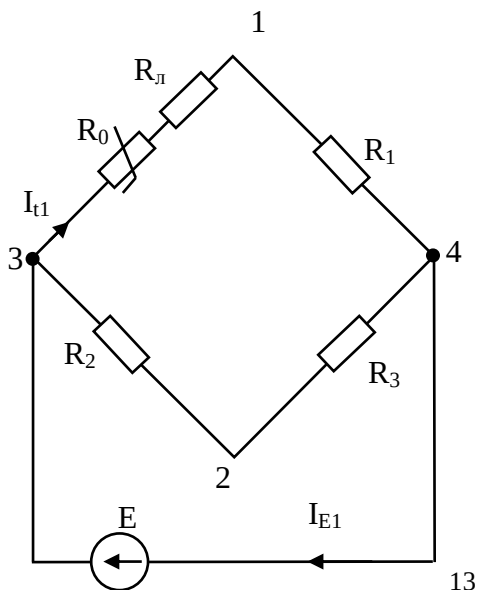


Рис. 1.16

Порядок решения.

1) Ток в терморезисторе I_{t1} и источнике I_{E1} при нижнем значении температуры определяется из рис.1.1б

При нижнем значении температуры $t_1=0^\circ\text{C}$ мост, согласно условию, уравновешен, ток в измерительной диагонали 1-2 равен нулю ($I_i=0$) и электрическая схема преобразователя имеет вид (рис.1.1б); для нахождения сопротивления измерителя R_i следует воспользоваться условием, что сопротивление измерителя согласованно с выходным сопротивле-

нием мостового преобразователя R_{120} при нижнем значении температуры, т.е. $R_{120} = R_u$: определяется относительно зажимов 1-2 измерительной ветви при условии, что $E=0$ (рис. 1.1 в);

$$R_{120} = \frac{(R_0 + R_{\text{Л}})R_1}{R_0 + R_{\text{Л}} + R_1} + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

где R_0 - сопротивление терморезистора при $t_1=0^\circ\text{C}$, $R_{\text{Л}}$ -сопротивление линии (соединительных проводов).

Схема мостового преобразователя при верхнем значении температуры t_2 представлена на рис.1.1г. где R_u - сопротивление измерителя (милли-вольтметра), включенного в измерительную диагональ 1-2 и определяемое при нижнем значении температуры ($R_u=R_{120}$). R_t - сопротивление терморезистора при верхнем значении температуры и определяемое из выражений (1) или (2) с учетом материала терморезистора.

Для определения токов в терморезисторе I_{t2} и источнике I_{E2} при верхнем значении температуры t_2 следует преобразовать цепь (рис.1.1г) заменив сопротивление резисторов R_u , R_1 , R_3 , соединенных "треугольником" на эквивалентную "звезду" R_4 , R_5 , R_6 (см. рис. 1.1д), используя выражения:

$$R_4 = \frac{R_u \cdot R_1}{R_u + R_1 + R_3}, R_5 = \frac{R_u \cdot R_3}{R_u + R_1 + R_3}, R_6 = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_u + R_1 + R_3}.$$

В результате замены получаем электрическую цепь (1.1е), в которой определяем токи I_{t2} и I_{E2} .

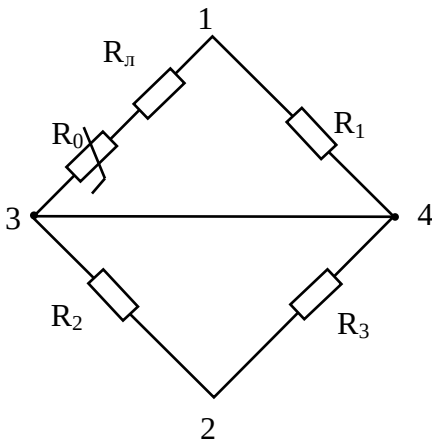


Рис. 1.1в

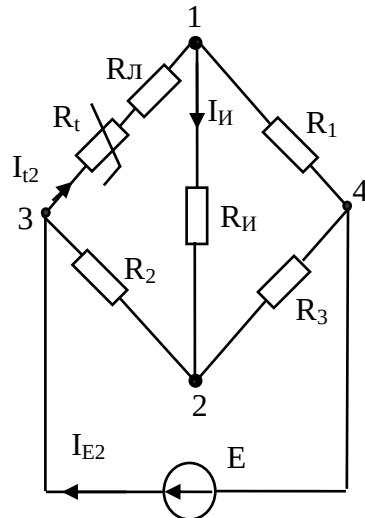


Рис 1.1 г

2) Для определения тока в измерительной ветви I_i и напряжения U_{12} на зажимах измерительной ветви при верхнем значении температуры t_2 (рис.1.1г) можно использовать метод эквивалентного генератора. Вся заданная цепь заменяется активным двухполюсником, имеющим эквивалентную ЭДС E_3 и эквивалентное сопротивление R_3 (рис 1.2а). К зажимам двухполюсника подключена исследуемая ветвь (измерительная диагональ).

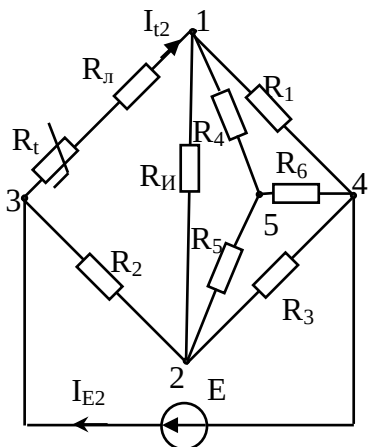


Рис 1.1 д

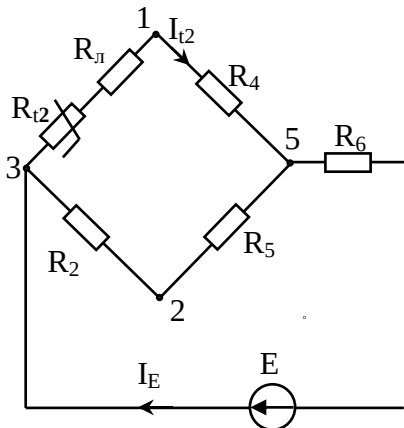


Рис 1.1 е

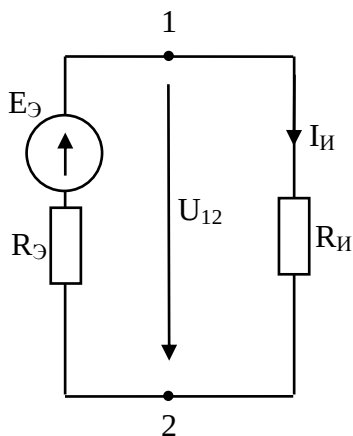


Рис 1.2а

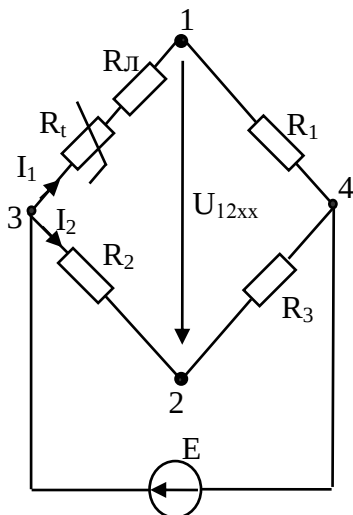


Рис 1.2б

Эквивалентную ЭДС E_3 и эквивалентное сопротивление R_3 определяем из рис. 1.1г. Эквивалентная ЭДС определяется при разомкнутой исследуемой ветви 1-2 (холостой ход) как напряжение между зажимами 1-2, т.е. $E_3 = U_{12xx}$. При этом схема рис. 1.1г преобразуется в схему 1.2б, откуда

$$U_{12xx} = I_1 R_1 - I_2 R_3,$$

где токи I_1 и I_2 определяются по 2-му закону Кирхгофа для соответствующего контура (рис.1.2б).

Эквивалентное сопротивление $R_3 = R_{12}$ - сопротивлению всей цепи относительно зажимов 1-2 при $E=0$ и $R_H = \infty$, т.е. для цепи (рис.1.1г) получим

$$R_{12} = \frac{(R_t + R_{II}) \cdot R_1}{R_t + R_{II} + R_1} + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Затем определяем ток в измерительной ветви I_u напряжения U_{12} на зажимах измерительной ветви по рис. 1.2а.

3) В качестве измерительного прибора используется милливольтметр магнитоэлектрической системы с равномерной шкалой. Полное отклонение стрелки прибора будет соответствовать напряжению U_{12} на зажимах измерительной ветви при верхнем значении температуры t_2 контролируемой среды; для градуировки шкалы прибора необходимо найти значение напряжения в милливольтах, приходящееся на единицу измеряемой величины, т.е. $1^\circ C$, которое определяется из выражения

$$A = \frac{U_{12} \cdot 10^3}{t_2} \frac{mB}{^\circ C};$$

На рисунке 1.3 приведен пример градуировки шкалы милливольтметра в при $A = 0,12 \frac{mB}{^\circ C}$ и диапазоне изменения температуры $0-90^\circ C$ (прибор показывает около $70^\circ C$).

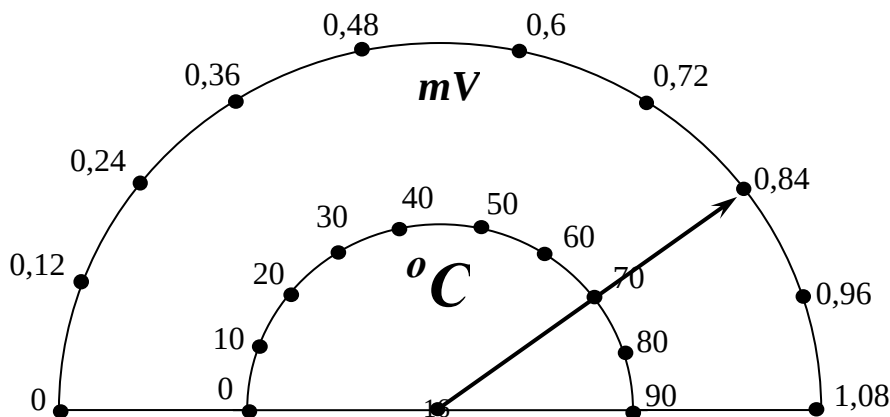


Рис.1.3 Шкала милливольтметра

Задача №2

Анализ режимов работы однофазного приемника электрической энергии переменного тока

Для изображенных на рис.2.1-2.25 электрических схем по данным табл.2 необходимо:

1. Составить системы уравнений для определения токов в ветвях в дифференциальной и символической формах.
2. Рассчитать токи в ветвях и на входе приемника рациональным методом.
3. Включить на вход приемника ваттметр для измерения активной мощности и определить его показания. Определить показание вольтметра.
4. Построить векторную диаграмму напряжений и токов в масштабе.

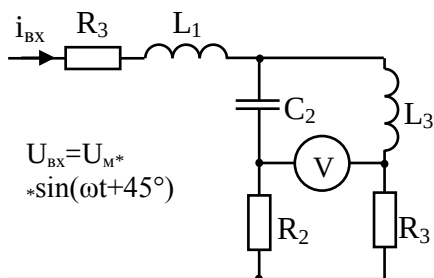


Рис. 2.1

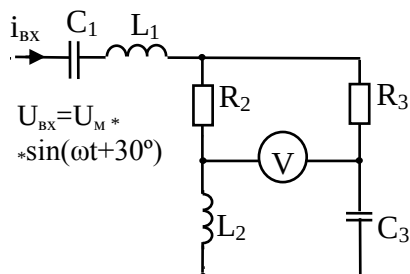


Рис 2.2

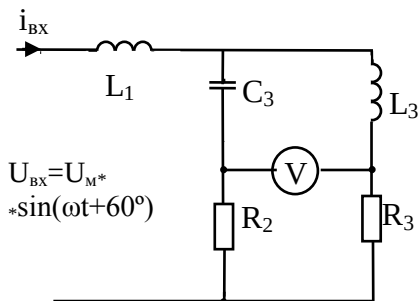


Рис 2.3

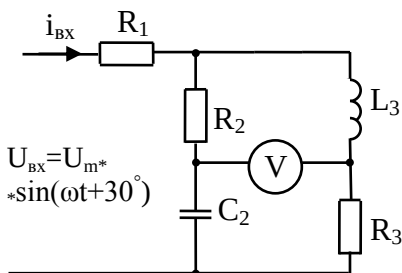


Рис. 2.4

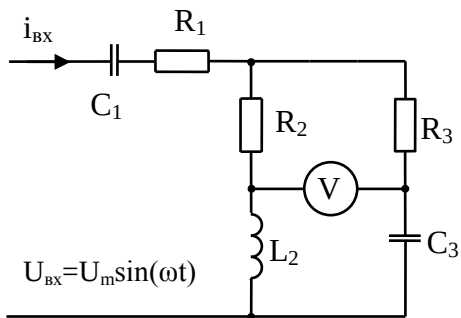


Рис. 2.5

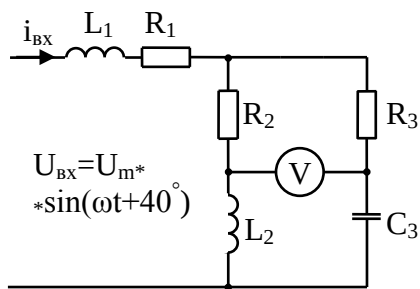


Рис. 2.6

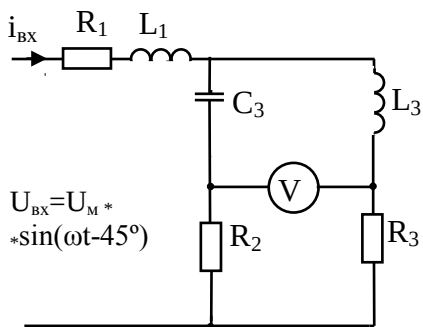


Рис. 2.7

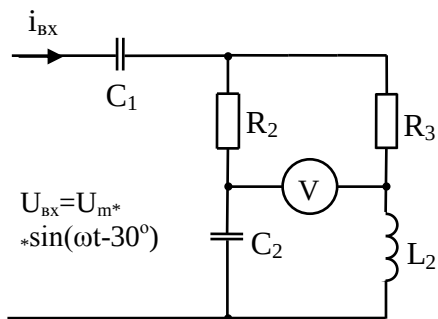


Рис. 2.8

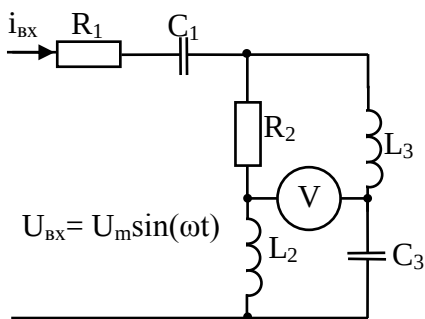


Рис. 2.9

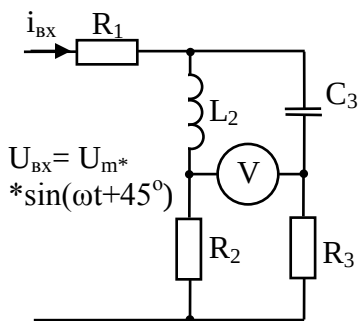


Рис. 2.10

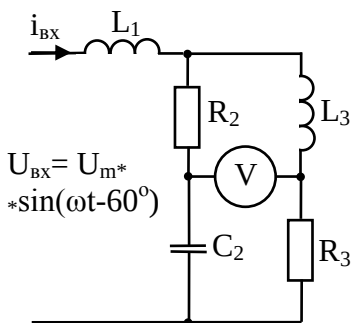


Рис.2.11

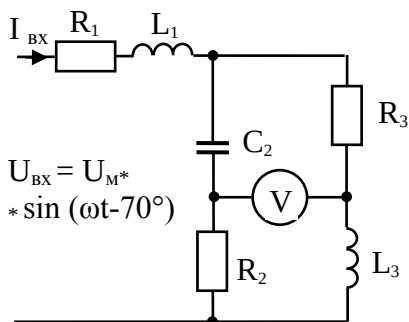


Рис. 2.12

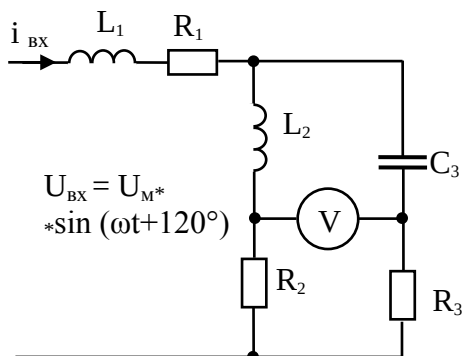


Рис. 2.13

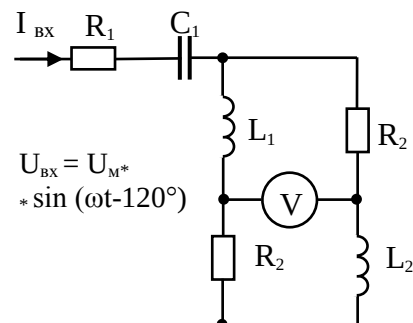


Рис. 2.14

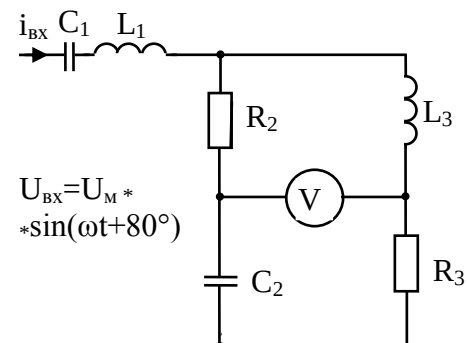


Рис 2.15

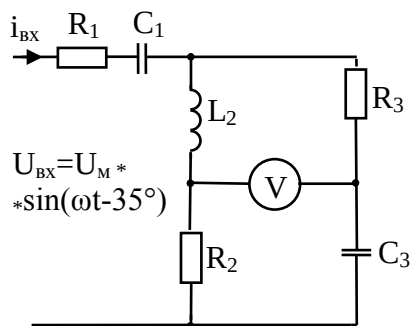


Рис 2.16

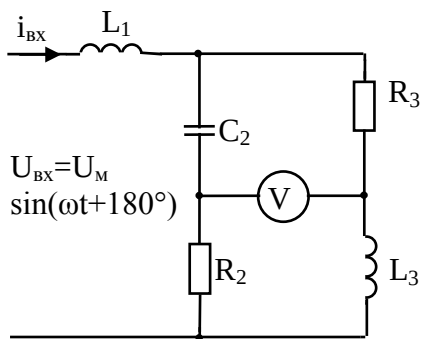


Рис. 2.17

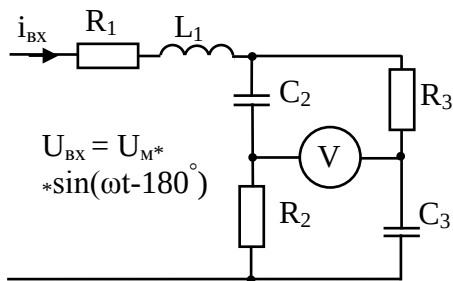


Рис. 2.18

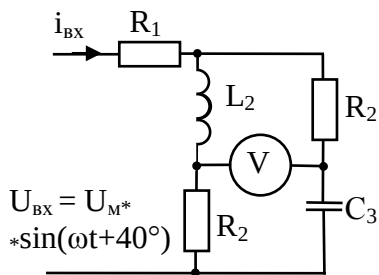


Рис. 2.19

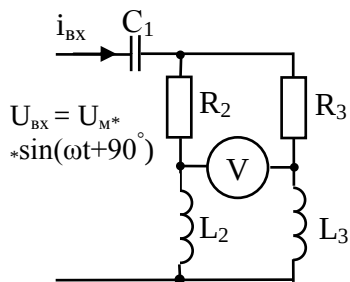


Рис. 2.20

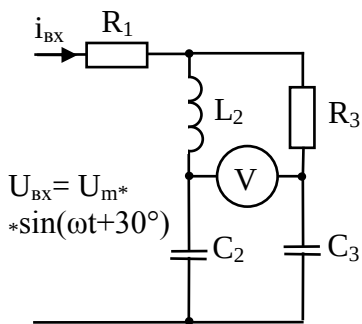


Рис. 2.21

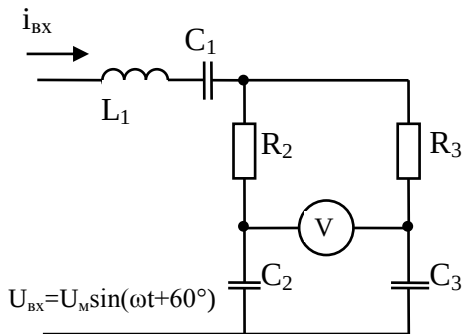


Рис. 2.22

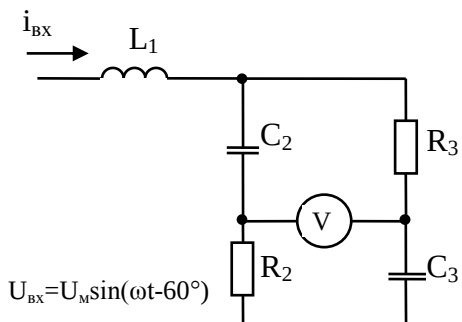


Рис. 2.23

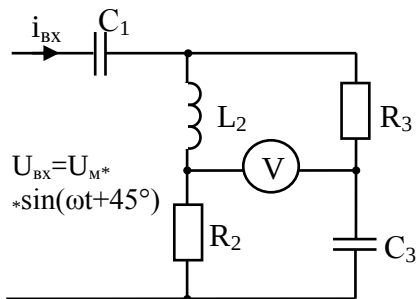


Рис. 2.24

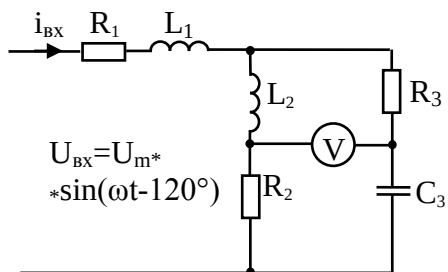


Рис. 2.25

Таблица 2

номер вар	№ рис.	U_M В	R_1 Ом	L_1 мГн	R_2 Ом	L_2 мГн	R_3 Ом	L_3 мГн	C_1 мкФ	C_2 мкФ	C_3 мкФ
1	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,1	141	8	19,1	3		16	12,7		796,1	
2	2,2	282		12,7	8	19,1	8	9,5	796,1		
3	2,3	310,2		38,2	8		6	25,4		796,1	
4	2,4	179	6		12		12	19,1		530,7	
5	2,5	310,2	5		5	38,2	5		318,4		318,4
6	2,6	310,2	10	31,8	5	63,6	12				796,1
7	2,7	282	4	9,6	8		6	25,4		796,1	
8	2,8	141	8		12	38,2		38,2	318,4		159,2
9	2,9	179			10		8	19,1	318,4	159,2	

номер вар	№ рис.	U _М В	R ₁ Ом	L ₁ мГн	R ₂ Ом	L ₂ мГн	R ₃ Ом	L ₃ мГн	C ₁ мкФ	C ₂ мкФ	C ₃ мкФ
10	2,10	423	20		12	38,2	12				796,1
11	2,11	282		19,1	6		6	25,4		796,1	
12	2,12	310,2	8	19,1	12		10	19,1		530,7	
13	2,13	141	3	12,7	6	25,4	5				318,4
14	2,14	282	6		7	50,8	8	25,4	159,2		
15	2,15	310,2		38,2	12		12	19,1	318,4	159,2	
16	2,18	141	3		5	19,1	4	9,5	796,1		530,7
17	2,17	282		12,7	6		6	19,1		530,7	
18	2,18	310,2	4	38,2	8		4			159,2	159,2
19	2,19	141	6		4	19,1	3				636,8
20	2,20	282			12	25,4	4	19,1	796,1		
21	2,21	423	10			38,2	10			638,8	318,4
22	2,22	282		19,1	8		6		318,4	159,2	796,1
23	2,23	179		38,2	4		8			530,7	159,2
24	2,24	141			6	19,1	4		796,1		636,8
25	2,25	423	8	19,1	12	25,4	12				318,4
26	2,18	141	3	19,1	4		8			318,4	159,2
27	2,25	179	6	38,2	8	19,1	3				636,8
28	2,24	282			3	12,7	8	19,1	159,2		
29	2,23	310,2		12,7	6		8			318,4	636,8
30	2,22	423		38,2	12		16		159,2	79,6	79,6
31	2,21	282	10			38,2	12			159,2	318,4
32	2,20	179			6	12,7	4	38,2	638,8		
33	2,19	282	4		12	25,4	6				796,1
34	2,18	310,2	8	19,1	4		6			159,2	636,8
35	2,17	141		12,7	8		4	9,6		159,2	
36	2,16	282	3		3	9,6	6		159,2		79,6
37	2,15	310,2		76,4	6		4	9,6	318,4	159,2	
38	2,14	179	3		4	9,6	5	19,1	636,8		
39	2,13	423	12	38,2	6	19,1	10				318,4
40	2,12	310,2	8	19,1	4		2	9,6		636,8	
41	2,11	179		38,2	3		4	38,2		318,4	

номер вар	№ рис.	U_M В	R_1 Ом	L_1 мГн	R_2 Ом	L_2 мГн	R_3 Ом	L_3 мГн	C_1 мкФ	C_2 мкФ	C_3 мкФ
42	2,10	282	6		5	19,1	10				318,4
43	2,9	310,2			8		6	38,2	636,8	318,4	
44	2,8	141	4		4	9,6		76,4	796,1		318,4
45	2,7	179	6	38,2	8		4	19,1		636,8	
46	2,6	282	8	19,1	4	38,2	3				636,8
47	2,5	310,2	10		6	38,2	4		318,4		796,1
48	2,4	282	2				8	19,1		636,8	
49	2,3	179		19,1	3		6	38,2		318,4	
50	2,2	141		38,2	4	9,6	3		636,8		636,8

Методические указания

Задача №2

Для расчета электрических цепей переменного тока применяются те же методы, что и для цепей постоянного тока, но т.к. переменный синусоидальный ток характеризуется большим количеством параметров и его аналитическое представление сложнее, то это вносит свои особенности в методику расчета.

Наиболее удобной для расчетов является комплексная форма представления синусоидальных функций. На начальном этапе расчета необходимо определить сопротивления всех реактивных элементов (если они не заданы) по формулам (1). В дальнейшем в расчетах использовать их комплексную форму: для активного сопротивления (R), для индуктивного сопротивления (jX_L), для емкостного сопротивления ($-jX_C$). Над ЭДС, напряжением, током в комплексной форме ставится точка: $\dot{E}, \dot{U}, \dot{I}$, а под полным сопротивлением и полной проводимостью участка черта снизу: $\underline{Z}, \underline{Y}$.

Основные закономерности, необходимые для расчета эл. цепей переменного тока (комплексная форма)

<i>закон Ома для участка эл. цепи, с полным комплексным сопротивлением</i>	<i>1-ый закон Кирхгофа</i>	<i>2-ой закон Кирхгофа</i>
$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}}$	$\sum \dot{I} = 0$	$\sum \dot{I} \underline{Z} = \sum \dot{E}$
Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.	Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю.	Алгебраическая сумма падений напряжения в контуре электрической цепи равна алгебраической сумме ЭДС в нем.

Далее рассмотрим расчет электрической цепи переменного тока с одним источником методом эквивалентного преобразования схемы. Данный метод содержит общую для всех методик подготовительную часть и в тоже время имеет свою специфику.

Методика расчета электрической цепи с одним источником ЭДС путем эквивалентного преобразования схемы

1) Подписать узлы, расставить произвольно направления токов в ветвях и подписать токи.

2) Найти сопротивления всех реактивных потребителей в цепи по формулам:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = \omega \cdot L, \quad X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{\omega \cdot C}.$$

3) Определить полное комплексное сопротивление цепи относительно зажимов источника, для чего используем выражения:

$\underline{Z} = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_3 + \dots$ – для последовательного соединения;

$\frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} + \frac{1}{\underline{Z}_3} + \dots$ – для параллельного соединения;

$\underline{Z} = \frac{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$ – при параллельном соединении двух потребителей.

Если необходимо выполнить преобразование звезда-треугольник (рис. 2.1 и 2.2)

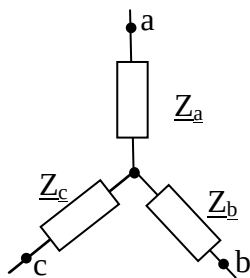


Рисунок - 2.1

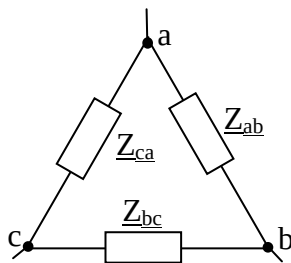


Рисунок - 2.2

$$\underline{Z}_a = \frac{\underline{Z}_{ab} \cdot \underline{Z}_{ca}}{\underline{Z}_{ab} + \underline{Z}_{bc} + \underline{Z}_{ca}}, \underline{Z}_b = \frac{\underline{Z}_{bc} \cdot \underline{Z}_{ab}}{\underline{Z}_{ab} + \underline{Z}_{bc} + \underline{Z}_{ca}}, \underline{Z}_c = \frac{\underline{Z}_{ca} \cdot \underline{Z}_{bc}}{\underline{Z}_{ab} + \underline{Z}_{bc} + \underline{Z}_{ca}} \quad \text{— для преоб-}$$

разования треугольника в звезду;

$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_a + \underline{Z}_b + \frac{\underline{Z}_a \cdot \underline{Z}_b}{\underline{Z}_c}, \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_b + \underline{Z}_c + \frac{\underline{Z}_b \cdot \underline{Z}_c}{\underline{Z}_a}, \underline{Z}_{ca} = \underline{Z}_c + \underline{Z}_a + \frac{\underline{Z}_c \cdot \underline{Z}_a}{\underline{Z}_b} \quad \text{— для}$$

преобразования звезды в треугольник.

4) Вычислить ток на входе по закону Ома $\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}}$.

5) Поэтапно используя закон Ома для отдельных участков, а также законы Кирхгофа для узлов и контуров «разворачиваем» схему и находим токи внутренних ветвей.

6) Проверку выполняют либо по балансу мощностей, либо построением векторной диаграммы в масштабе.

Задача №3

Трёхфазные электрические цепи

Для электрической цепи, схема которой изображена на рис. 3.1-3.17, по заданным в таблице 3 параметрам и линейному напряжению, определить фазные и линейные токи, ток в нейтральном проводе (для четырёхпроводной схемы), активную мощность всей цепи и каждой фазы отдельно. Построить векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости.

Таблица 3

Номер		U _л ,	R _a ,	R _b ,	R _c ,	X _a ,	X _b ,	X _c ,	R _{ab}	R _{bc}	R _{ca}	X _{ab} ,	X _{bc} ,	X _{ca} ,
Вар	Рис	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
0	3.1	127	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
1	3.1	220	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-

Номер		U _л , В	R _a , ОМ	R _b , ОМ	R _c , ОМ	X _a , ОМ	X _b , ОМ	X _c , ОМ	R _{ab} , ОМ	R _{bc} , ОМ	R _{ca} , ОМ	X _{ab} , ОМ	X _{bc} , ОМ	X _{ca} , ОМ
Вар	Рис													
2	3.1	380	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
3	3.2	127	3	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
4	3.2	220	8	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
5	3.2	380	8	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
6	3.3	127	4	8	6	3	4	8	-	-	-	-	-	-
7	3.3	220	4	8	6	3	4	9	-	-	-	-	-	-
8	3.3	380	4	3	6	8	4	8	-	-	-	-	-	-
9	3.4	127	16,8	8	8	14,2	6	4	-	-	-	-	-	-
10	3.4	220	16,8	8	8	14,2	6	4	-	-	-	-	-	-
11	3.4	380	16,8	8	8	8	6	4	-	-	-	-	-	-
12	3.5	127	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
13	3.5	220	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
14	3.5	380	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
15	3.6	127	-	-	-	-	-	-	8	8	8	6	6	6
16	3.6	220	-	-	-	-	-	-	8	8	8	6	6	6
17	3.6	380	-	-	-	-	-	-	8	8	8	6	6	6
18	3.7	127	-	-	-	-	-	-	8	4	6	4	3	8
19	3.7	220	-	-	-	-	-	-	8	4	6	4	3	8
20	3.7	380	-	-	-	-	-	-	8	4	6	4	3	8
21	3.8	127	-	-	-	-	-	-	4	8	6	3	4	8
22	3.8	220	-	-	-	-	-	-	4	8	6	3	4	8
23	3.8	380	-	-	-	-	-	-	4	8	6	3	4	8
24	3.9	127	-	-	-	-	-	-	16,8	8	3	14,2	6	4
25	3.9	220	-	-	-	-	-	-	16,8	8	3	14,2	6	4
26	3.9	380	-	-	-	-	-	-	16,8	8	3	14,2	6	4
27	3.10	127	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10
28	3.10	220	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10
29	3.10	380	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10
30	3.11	127	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
31	3.11	220	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
32	3.11	380	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
33	3.12	127	15	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-
34	3.12	220	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Номер		$U_{л},$ В	$R_a,$ ОМ	$R_b,$ ОМ	$R_c,$ ОМ	$X_a,$ ОМ	$X_b,$ ОМ	$X_c,$ ОМ	$R_{ab},$ ОМ	$R_{bc},$ ОМ	$R_{ca},$ ОМ	$X_{ab},$ ОМ	$X_{bc},$ ОМ	$X_{ca},$ ОМ
Вар	Рис													
35	3.12	380	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	3.13	127	-	-	-	-	-	-	-	3	8	4	6	8
37	3.13	220	-	-	-	-	-	-	-	3	8	4	6	8
38	3.13	380	-	-	-	-	-	-	-	3	8	4	6	8
39	3.14	127	-	-	-	-	-	-	8	4	8	-	6	10
40	3.14	220	-	-	-	-	-	-	8	4	8	-	6	10
41	3.14	380	-	-	-	-	-	-	8	4	8	-	6	10
42	3.15	127	-	-	-	-	-	-	-	5	6	5	8	4
43	3.15	220	-	-	-	-	-	-	-	5	6	5	8	4
44	3.15	380	-	-	-	-	-	-	-	5	6	5	8	4
45	3.16	127	-	-	-	-	-	-	5	-	6	10	8	4
46	3.16	220	-	-	-	-	-	-	5	-	6	10	8	4
47	3.16	380	-	-	-	-	-	-	5	-	6	10	8	4
48	3.17	127	-	3	-	15	-	10	-	-	-	-	-	-
49	3.17	220	-	3	-	15	-	10	-	-	-	-	-	-
50	3.17	380	-	3	-	15	-	10	-	-	-	-	-	-

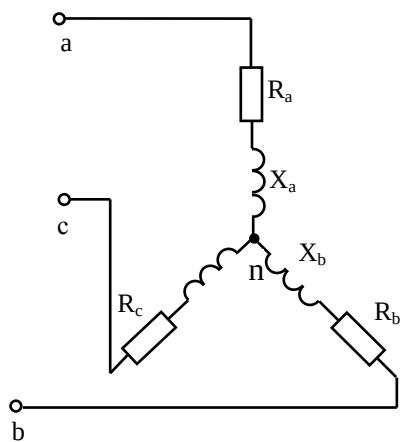


Рис. 3.1

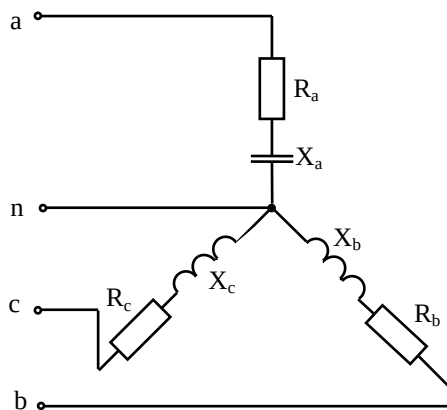


Рис 3.2

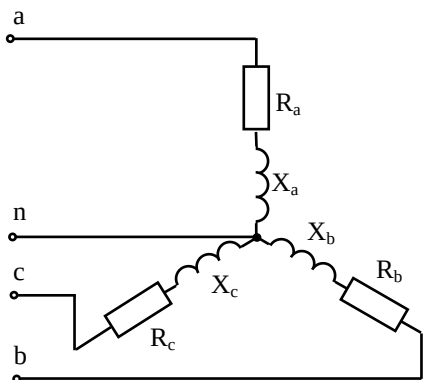


Рис. 3.3

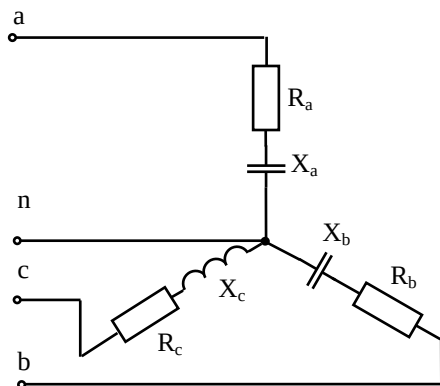


Рис. 3.4

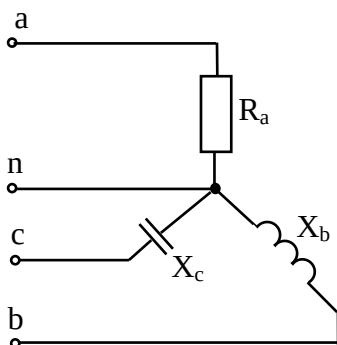


Рис 3.5

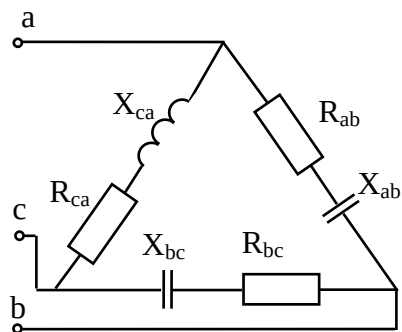


Рис 3.6

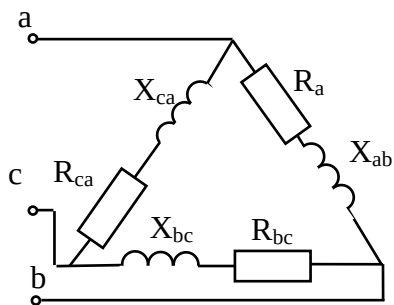


Рис 3.7

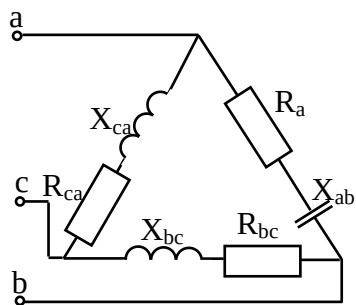


Рис 3.8

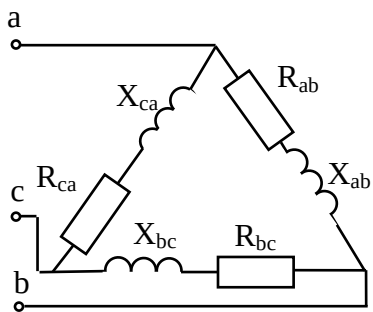


Рис 3.9

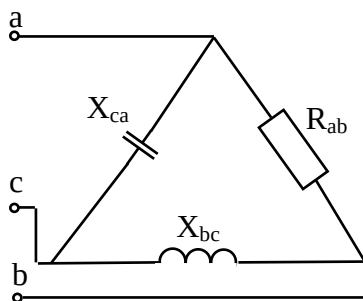


Рис 3.10

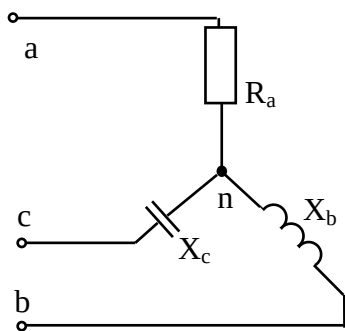


Рис 3.11

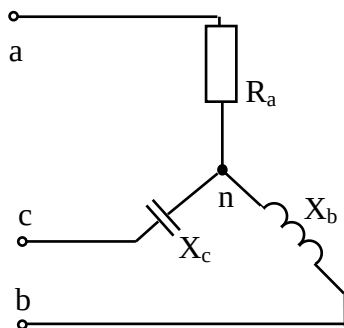


Рис 3.12

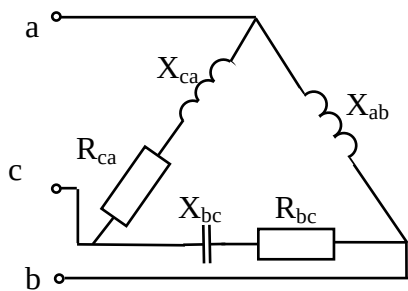


Рис 3.13

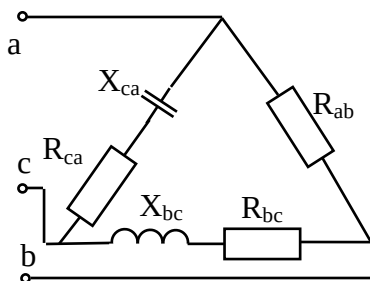


Рис 3.14

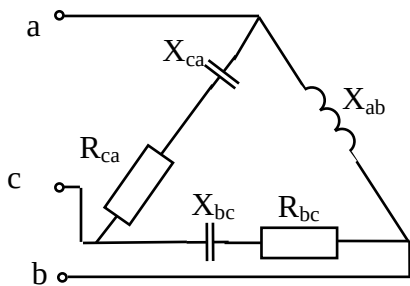


Рис 3.15

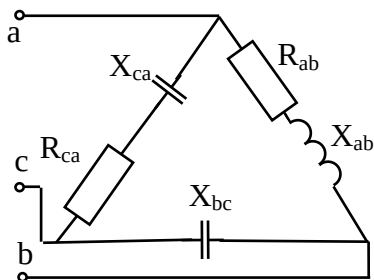


Рис 3.16

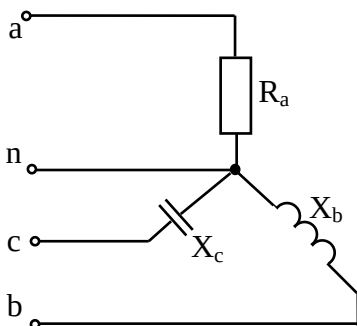


Рис 3.17

Методические указания Задача №3

Трёхфазная цепь является одной из разновидностей цепей переменного тока, поэтому к данному заданию рекомендуется приступить после выполнения задания 2. Расчет будет проводиться для потребителей, включенных по схемам «звезда» и «треугольник» при симметричной трехфазной системе линейных питающих напряжений $u_{ab}=U_{m\ell}\sin(\omega t)$, $u_{bc}=U_{m\ell}\sin(\omega t-120^\circ)$, $u_{ca}=U_{m\ell}\sin(\omega t+120^\circ)$ или в комплексной форме $\dot{U}_{ab}=U_{\ell}\cdot e^{j30^\circ}$, $\dot{U}_{bc}=U_{\ell}\cdot e^{-j90^\circ}$, $\dot{U}_{ca}=U_{\ell}\cdot e^{j150^\circ}$, где действующее значение линейного напряжения $U_{\ell}=\frac{U_{m\ell}}{\sqrt{2}}$.

Приведем схемы, векторные диаграммы (режим в фазах принят произвольно) для *несимметричной* нагрузки, включенной по схеме «звезда» с нейтралью, «звезда» без нейтрали и «треугольник».

«Звезда» с нейтралью

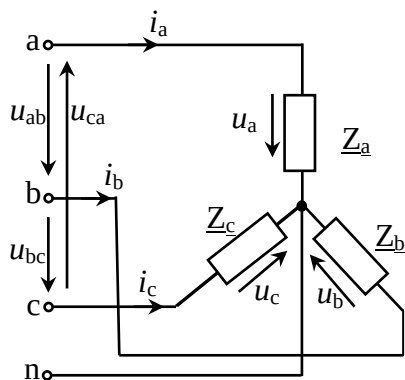
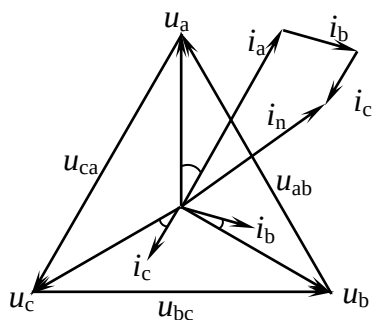


Рисунок – 3.18



«Звезда» без нейтрали

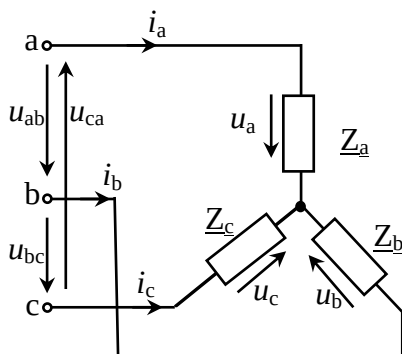
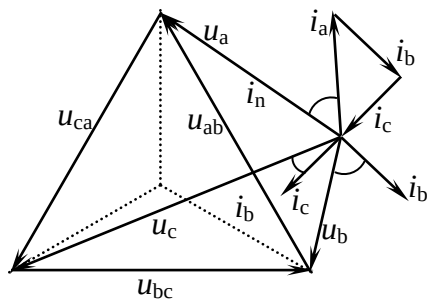


Рисунок – 3.19



«Треугольник»

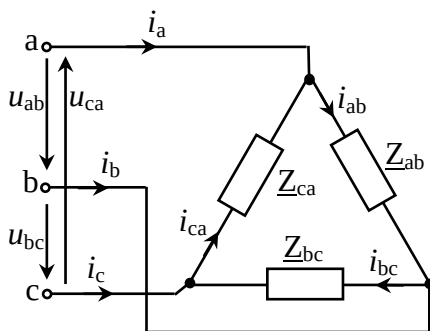
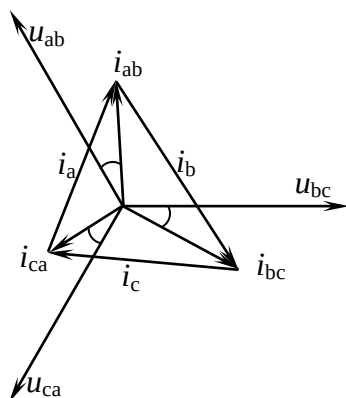


Рисунок – 3.20



Мощность в трехфазной цепи можно определить по формулам $\tilde{S} = \sum_{i=1}^3 \dot{U}_{\phi i}^* \cdot I_{\phi i} = P + jQ$, $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$, где $\dot{U}_{\phi i}$ - комплекс напряжения i -той фазы («а», «b» или «с» для схемы «звезда» и «ab», «bc» или «ca» для схемы «треугольник»); $I_{\phi i}^*$ - сопряженный комплекс тока i -той фазы.

4. Содержание и оформление контрольных работ

Приводятся следующие требования к оформлению контрольных работ: контрольные работы выполняются на листах формата А4 или в тетрадях в клетку (12-18 листов). 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 по Р 50-77-88.

5. Темы лабораторных работ

№ п.п.	Наименование лабораторной работы	Литература, аудитории
1	Работа № 6. Исследование разветвленной электрической цепи переменного тока	[10], С-501, 502, 419, 437
2	Работа № 8. Исследование режимов трёхфазного приёмника электрической энергии соединённого звездой	[10], С-501, 502, 419, 437

№ п.п.	Наименование лабораторной работы	Литература, аудитории
3	Работа № 11. Исследование однофазного трансформатора	[10], С-501, 502, 419, 437
4	Работа № 13. Исследование асинхронного электродвигателя	[10], С-501, 502, 419, 437

6. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Идеализированные элементы цепей постоянного тока. Источники тока и ЭДС.
2. Закон Ома и законы Кирхгофа для цепей постоянного тока.
3. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа для расчета цепей постоянного и переменного тока.
4. Метод контурных токов для расчета цепей постоянного и переменного тока.
5. Метод узловых потенциалов.
6. Метод эквивалентного генератора для расчета цепей постоянного и переменного тока. Активный и пассивный двухполюсники.
7. Синусоидальный ток и его параметры. Действующие и средние значения синусоидальных токов и напряжений.
8. Способы представления синусоидальных функций.
9. Линейная динамическая цепь с резистором. Анализ цепи.
10. Линейная динамическая цепь с индуктивностью. Анализ цепи.
11. Линейная динамическая цепь с емкостью. Анализ цепи.
12. Линейная динамическая цепь с резистором, индуктивностью и емкостью. Анализ цепи.
13. Условия резонанса в последовательной цепи. Характеристики колебательного контура.
14. Линейная динамическая цепь с параллельным соединением резистора, индуктивности и емкости. Анализ цепи.
15. Условия резонанса в параллельной цепи. Характеристики колебательного контура.
16. Коэффициент мощности, его значение и способы повышения.
17. Комплексный метод расчета электрических цепей переменного синусоидального тока.
18. Расчет активной, реактивной и полной мощности в однофазных цепях.
19. Цепи со взаимной индуктивностью. Расчет цепи. Определение коэффициента взаимоиндукции.

20. Периодические несинусоидальные токи и напряжения в линейных электрических цепях. Представление их рядами Фурье.
21. Расчет цепей несинусоидального тока.
22. Мгновенные, амплитудные, средние и действующие значения периодических несинусоидальных токов и напряжений.
23. Фильтры. Типы фильтров. Характеристика сглаживающих пассивных фильтров.
24. Характеристика резонансных и безындукционных пассивных фильтров.
25. Получение трехфазной ЭДС. Способы представления трехфазной ЭДС.
26. Соединение генератора и нагрузки звездой и треугольником. Соотношения между фазными и линейными величинами.
27. Анализ режимов трехфазных цепей при соединении нагрузки звездой.
28. Анализ режимов трехфазных цепей при соединении нагрузки треугольником.
29. Расчет мощностей в трехфазных цепях. Способы повышения коэффициента мощности.
30. Основные понятия и принципы анализа переходных процессов. Законы коммутации.
31. Классический метод расчета переходных процессов.
32. Переходный процесс при подключении катушки индуктивности в цепи с источником постоянной ЭДС.
33. Переходный процесс при отключении катушки индуктивности от цепи с источником постоянной ЭДС.
34. Основные элементы нелинейных цепей. Общая характеристика.
35. Нелинейные цепи постоянного тока. Графический метод расчета.
36. Классификация материалов по магнитным свойствам. Параметры магнитных цепей.
37. Классификация ферромагнитных материалов.
38. Аналогии между электрическими и магнитными характеристиками. Законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей.
39. Однофазный трансформатор. Устройство, принцип действия.
40. Приведенная схема замещения, уравнения состояния и векторная диаграмма трансформатора.
41. Определение параметров схемы замещения трансформатора экспериментальным способом.
42. Потери и КПД трансформатора.
43. Асинхронный электродвигатель. Общая характеристика.
44. Асинхронный электродвигатель. Устройство, принцип действия.
45. Создание вращающегося магнитного поля. Изменение направления вра-

- щения.
46. Схема замещения фазы АД при неподвижном роторе.
 47. Особенности пуска АД.
 48. Регулирование частоты вращения АД.
 49. Машины постоянного тока. Устройство и принцип действия.
 50. Машины постоянного тока. Общая характеристика.
 51. ЭДС и электромагнитный момент МПТ.
 52. Схемы возбуждения МПТ.
 53. Характеристики генераторов постоянного тока.
 54. Пуск ДПТ с параллельным возбуждением.
 55. Регулирование скорости вращения ДПТ с параллельным возбуждением.
 56. Механическая характеристика ДПТ с параллельным возбуждением.
 57. Синхронная машина. Сравнительная характеристика, области применения.
 58. Конструкция и принцип действия синхронной машины.
 59. Пуск синхронного двигателя.
 60. Электрические измерения. Основные положения, классификация, обозначения на шкалах.
 61. Приборы МЭ, ЭМ, ЭД систем.
 62. Классификация приемников по категориям электроснабжения.
 63. Типовые схемы электроснабжения.
 64. Электробезопасность в электрических схемах до 1000В.

Список литературы

Основная литература

1. Касаткин А.С. Курс электротехники: Учеб. для вузов/ А.С. Касаткин, М.В. Немцов. - 10-е изд., стер. - М.: Высш. школа, 2009. – 542 с.
2. Борисов Ю.М., Зорин Ю.Н., Липатов Д.Н. Электротехника- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 480 с.
3. Электротехника/ Под ред. В.Г.Герасимова.- М.: Высшая школа 1985.-480 с.
4. Сборник задач по электротехнике и основам электроники /Под ред. В.Г.Герасимова.- М.: Высшая школа, 1987.- 288 с.
5. Рекус Г.Г., Белоусов А.Н. Сборник задач по электротехнике и основам электроники.- М.: Высшая школа, 1991.- 416 с.
6. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам / Под ред. Н.Н. Горюнова.- М.: Энергия, 1972.- 400 с.

Дополнительная литература

7. Общая электротехника /Под ред. А.Т.Блажкин.- Л.: Энергоатомиздат, 1986.- 592 с.
8. Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам.- Киев: Техника, 1980.- 420 с.
9. Электротехнический справочник / Под общей ред. П.Г.Грудинского и др.- М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Руководство к лабораторным работам по курсу "Электротехника и основы электроники". – Краснодар: из-во КПИ, 1984. – 74 с.
11. Электроника: Методические указания к лабораторным работам по курсу "Электротехника и основы электроники" для студентов всех форм обучения неэлектротехнических специальностей. /Краснодарский политехн. ин-т. Составители: Ю.Г. Репьев, С.А. Дюжева, В.М. Кузубов. – Краснодар, 1991. – 41 с.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
Методические указания

Авторская правка

Составитель: Квон Алексей Михайлович

Компьютерная верстка

А.М. Квон

Подписано в печать

Формат 60х84/16

Бумага офсетная

Офсетная печать

Печ. л. 2,19

Изд. №

Усл. печ. л. 2,5

Тираж экз.

Уч.-изд. л.

Заказ №

Цена

руб.

Кубанский государственный технологический университет
350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, кор. А
Типография КубГТУ: 350058, г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4