



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной физики, электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электротехника, электроника и электропривод

направление подготовки/специальность 15.03.06 Мехатроника и робототехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Проектирование
мехатронных, робототехнических систем и комплексов

Форма обучения очная

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины:

теоретическая и практическая подготовка бакалавра, способного применить на практике знания основных законов электротехники, устройств и принципа действия электроизмерительных приборов, электрических машин и электронных приборов; систем электроснабжения и электробезопасности.

Задачей дисциплины является изучение обучающимися:

- 1) основных законов электротехники и промышленной электроники;
- 2) физической сущности электрических и магнитных явлений, их взаимную связь и количественные соотношения;
- 3) математического аппарата для расчетов характеристик электрических цепей и устройств, их основных параметров;
- 4) характеристик и параметров электротехнических устройств и электронных приборов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-2 Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации при решении задач профессиональной деятельности;	ОПК-2.3 Демонстрирует применение специализированного программного обеспечения в соответствии с заданием	знает методы математического и компьютерного анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах с использованием электронных таблиц и программ компьютерного моделирования умеет рассчитывать, выбирать, моделировать, проектировать компоненты электрооборудования с применением современных цифровых средств владеет навыками сравнительного анализа различных вариантов оборудования с использованием компьютера и систем моделирования и автоматизированного проектирования

<p>ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.</p>	<p>ОПК-4.3 Составляет алгоритм решения сформулированной задачи</p>	<p>знает назначение и характеристики электрооборудования общественных, жилых и производственных зданий, режимы эксплуатации зданий, сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства, принципы обеспечения надежности, безопасности и эффективности систем электроснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства</p> <p>умеет применять, эксплуатировать и производить выбор электрических аппаратов, машин, электрического привода, систем электроснабжения, элементов релейной защиты и автоматики, применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов</p> <p>владеет методами расчета основных элементов систем электроснабжения зданий, сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства, навыками работы со специализированным программным обеспечением, позволяющим производить необходимые расчеты и выбирать оборудование для выполнения работ по технической эксплуатации (техническому обслуживанию или ремонту) объекта жилищного фонда или объекта коммунальной инфраструктуры</p>
<p>ОПК-5 Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил;</p>	<p>ОПК-5.3 Демонстрирует применение нормативно-технической документации в решении задач профессиональной деятельности</p>	<p>знает основные принципы и способы управления параметрами электропривода</p> <p>умеет выбирать серийное оборудование для систем электропривода, осуществлять настройку регуляторов различных контуров управления электроприводом</p> <p>владеет навыками работы с электротехнической аппаратурой и электронными устройствами</p>

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.21 основной профессиональной образовательной программы 15.03.06 Мехатроника и робототехника и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Физика	УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5

1.	1 раздел. Общая электротехника										
1.1.	Линейные электрические цепи постоянного тока	4	1		2		2		5	10	ОПК-2.3, ОПК-5.3, ОПК-4.3
1.2.	Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока	4	1		2		2		5	10	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3
1.3.	Трехфазные электрические цепи. Магнитные цепи и электромагнитные устройства.	4	2		2		4		8	16	ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-2.3
1.4.	Трансформаторы	4	2		2		2		8	14	ОПК-2.3, ОПК-5.3, ОПК-4.3
1.5.	Электрические машины постоянного тока. Электрические машины переменного тока	4	2		2				5	9	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3
2.	2 раздел. Электроника и электропривод										
2.1.	Элементная база современных электронных устройств. Электронные устройства. Электроизмерительные приборы и электрические измерения.	4	2						6	8	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3
2.2.	Электропривод и его классификация	4	2						6	8	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3
2.3.	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	4	2		4		4		6	16	ОПК-5.3, ОПК-2.3, ОПК-4.3
2.4.	Принципы автоматического управления ЭП.	4	2		2		2		6,2	12,2	ОПК-5.3, ОПК-2.3, ОПК-4.3
3.	3 раздел. Иная контактная работа										
3.1.	Иная контактная работа	4								0,8	ОПК-2.3, ОПК-5.3, ОПК-4.3
4.	4 раздел. Контроль										
4.1.	Зачет	4								4	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Линейные электрические цепи постоянного тока	Электрическая энергия, ее особенности и области применения. Содержание и структура дисциплины. Условные обозначения. Основные определения, топологические параметры электрических цепей постоянного тока.

		Методы расчета цепей постоянного тока. Тепловой расчет. Нелинейные цепи.
2	Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока	Получение синусоидальной ЭДС. Параметры синусоидального тока. Комплексный метод представления синусоидальных величин. Неразветвленные и разветвленные электрические цепи с одним источником электрической энергии. Анализ электрического состояния неразветвленных и разветвленных электрических цепей с несколькими источниками электрической энергии путем применения законов Кирхгофа Другие методы расчета. Явления резонанса. Виды мощности. Коэффициент мощности.
3	Трехфазные электрические цепи. Магнитные цепи и электромагнитные устройства.	Получение трехфазной системы ЭДС. Схемы соединения фаз источников и приемников. Фазные и линейные напряжения и токи. Трехпроводные и четырехпроводные цепи. Симметричный режим работы трехфазной цепи. Несимметричная нагрузка. Роль нейтрального провода. Мощность трехфазной цепи. Электромагнитные устройства и их применение. Закон полного тока. Электромагнитные устройства постоянного тока: подъемные электромагниты, контакторы, реле и т.п. Их принцип действия, характеристики и области применения. Электромагнитные устройства переменного тока: дроссели, контакторы, реле и т.п. Их принцип действия, характеристики и области применения.
4	Трансформаторы	Назначение, устройство и принцип действия. Применение трансформаторов. Уравнения электрического состояния первичной и вторичной обмоток. Энергетическая диаграмма. Нагревание и охлаждение трансформатора. Трехфазные трансформаторы. Внешняя характеристика трансформатора. Устройство сварочных трансформаторов, методы регулирования сварного тока
5	Электрические машины постоянного тока. Электрические машины переменного тока	Области применения машин постоянного тока. Устройство и принцип действия двигателя и генератора постоянного тока. Способы возбуждения генератора и двигателя постоянного тока. Эксплуатационные характеристики генераторов. Общие свойства и характеристики двигателей. Способы регулирования напряжения генератора постоянного тока и скорости вращения двигателей постоянного тока. Асинхронные двигатели (АД), устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Магнитное поле машины. Электромагнитный момент. Механические и рабочие характеристики. Энергетическая диаграмма. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и ротором с контактными кольцами. Регулирование частоты вращения и реверс. Синхронные машины. Устройство и принцип действия синхронного двигателя и генератора. Способы пуска синхронного двигателя. Работа синхронной машины в качестве компенсатора
6	Элементная база современных электронных устройств. Электронные устройства. Электроизмерительные приборы и электрические измерения.	Полупроводниковые приборы: диоды, транзисторы, тиристоры, их вольтамперные характеристики. Основы микроэлектроники. Источники вторичного электропитания. Усилители электрических сигналов, автогенераторы и импульсные устройства (триггеры, мультивибраторы), основы цифровой электроники, микропроцессоры. Основные понятия. Виды и методы измерений. Погрешности измерений. Электромеханические приборы и измерительные преобразователи. Электронные аналоговые и цифровые вольтметры.

7	Электропривод и его классификация	Уравнение движения электромеханической системы вращательного электропривода. Параметры и статические характеристики электроприводов. Установившиеся режимы электроприводов: двигательные и тормозные Динамика пуска и торможения электропривода, принципы их автоматизации, способы электрического торможения двигателей.
8	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	Классификация режимов работы ЭП, виды потерь в двигателях, нагрев и охлаждение электрических машин, классы изоляции обмоток. Прямые и косвенные (среднеквадратичные) методы учета потерь и выбора мощности двигателей. Проверка их на пусковые условия и перегрузку. Современные серии двигателей, применяемых в машиностроении.
9	Принципы автоматического управления ЭП.	Принципы управления пуском электропривода при питании двигателей от сети. Управление в функции времени, скорости, тока. Типовые схемы управления двигателями. Виды защиты ЭП от перегрузок

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Линейные электрические цепи постоянного тока	Расчет цепи постоянного тока различными методами.
2	Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока	Анализ электрического состояния однофазной цепи переменного тока промышленной частоты Анализ электрического состояния однофазной цепи переменного тока промышленной частоты.
3	Трехфазные электрические цепи. Магнитные цепи и электромагнитные устройства.	Расчет трехфазных цепей переменного тока. Решение задач по теме.
4	Трансформаторы	Расчет цепей с трансформаторами. Решение задач по теме.
5	Электрические машины постоянного тока. Электрические машины переменного тока	Расчет мощности и выбор асинхронного электродвигателя Решение задач по теме.
8	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	Методы расчета мощности и выбора электродвигателей Подключение электродвигателя звездой или треугольником. Достоинства и недостатки способов.
8	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	Методы расчета мощности и выбора электродвигателей Определение мощности двигателя, при отсутствии шильдика на нем. Разбор практических советов.
9	Принципы автоматического управления ЭП.	Схемы включения асинхронных двигателей. Нереверсивное и реверсивное включение с местным управлением Решение задач по теме.

5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
1	Линейные электрические цепи постоянного тока	Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока
2	Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока	Исследование последовательного соединения резистора, катушки индуктивности и конденсатора
3	Трехфазные электрические цепи. Магнитные цепи и электромагнитные устройства.	Исследование трехфазной цепи, соединение "звездой". Экспериментальная часть проводится в лаборатории ЭиЭ на лабораторном стенде «Электрические цепи и основы электроники».
4	Трансформаторы	Исследование однофазного трансформатора Экспериментальная часть проводится в лаборатории ЭиЭ на лабораторном стенде
8	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения Экспериментальная часть проводится в лаборатории ЭиЭ
9	Принципы автоматического управления ЭП.	Электропривод с системой автоматического регулирования скорости асинхронного двигателя Система автоматического регулирования скорости с П- и ПИ-регуляторами Типовые СЭП

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Линейные электрические цепи постоянного тока	Линейные эл. цепи постоянного тока. Освоение теоретического материала по разделу. Подготовка отчетов по лабораторным и практическим работам.
2	Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока	Линейные эл. цепи однофазного синусоидального тока Освоение теоретического материала по разделу. Подготовка отчетов по лабораторным и практическим работам.
3	Трехфазные электрические цепи. Магнитные цепи и электромагнитные устройства.	Трехфазные электрические цепи. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ и ЛР. Оформление отчетов по лабораторным и практическим занятиям.
4	Трансформаторы	Назначение, устройство и принцип действия. Применение трансформаторов. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ЛР.
5	Электрические машины постоянного тока. Электрические	Области применения машин постоянного тока. Освоение теоретического материала по разделу.

	машины переменного тока	
6	Элементная база современных электронных устройств. Электронные устройства. Электроизмерительные приборы и электрические измерения.	Классификация электронных устройств СЭП. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
7	Электропривод и его классификация	Механика электропривода Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
8	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	Современные серии двигателей, применяемых в машиностроении. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ и ЛР. Оформление отчетов по лабораторным и практическим занятиям.
9	Принципы автоматического управления ЭП.	Выбор оборудования по справочным и каталожным данным. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ и ЛР. Оформление отчетов по лабораторным и практическим занятиям.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических и лабораторных занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям, в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;

выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;

подготовить отчеты по выполненным практическим и лабораторным работам;

подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является зачет в 4-м семестре. Форма проведения зачета - устная. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Линейные электрические цепи постоянного тока	ОПК-2.3, ОПК-5.3, ОПК-4.3	Тесты. Контрольная работа.
2	Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3	Тесты. Контрольная работа.
3	Трехфазные электрические цепи. Магнитные цепи и электромагнитные устройства.	ОПК-5.3, ОПК-4.3, ОПК-2.3	Тесты. Контрольная работа.
4	Трансформаторы	ОПК-2.3, ОПК-5.3, ОПК-4.3	Тесты. Контрольная работа.
5	Электрические машины постоянного тока. Электрические машины переменного тока	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3	Тесты. Контрольная работа.
6	Элементная база современных	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-	Тесты. Контрольная

	электронных устройств. Электронные устройства. Электроизмерительные приборы и электрические измерения.	5.3	работа.
7	Электропривод и его классификация	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3	Тесты. Контрольная работа.
8	Режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей	ОПК-5.3, ОПК-2.3, ОПК-4.3	Тесты. Контрольная работа.
9	Принципы автоматического управления ЭП.	ОПК-5.3, ОПК-2.3, ОПК-4.3	Тесты. Контрольная работа.
10	Иная контактная работа	ОПК-2.3, ОПК-5.3, ОПК-4.3	Теоретические вопросы
11	Зачет	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3	Устный опрос

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3 тестовые задания и контрольная работа

расположены: ЭИОС / СДО СПбГАСУ Moodle / Кафедры

(<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>) / Строительной физики, электроэнергетики и электротехники / Электротехника, электроника и электропривод.

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
-----------------------------------	---

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерные теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3.

1. Электрические цепи. Основные понятия и определения. Закон Ома. Законы Кирхгофа.
2. Однофазный переменный ток, основные понятия мгновенного амплитудного и действующего значения переменных величин.
3. Получение переменного синусоидального тока, определение фазы, начальной фазы, угла сдвига фаз.
4. Метод векторных диаграмм. Сущность метода.
5. Расчет цепи однофазного переменного тока, содержащей резистивный элемент. Закон Ома для данной цепи. Векторная диаграмма.
6. Расчет цепи однофазного переменного тока, содержащей индуктивный элемент. Закон Ома для данной цепи. Векторная диаграмма.
7. Расчет цепи однофазного переменного тока, содержащей емкостной элемент. Закон Ома для данной цепи. Векторная диаграмма.
8. Расчет цепи однофазного переменного тока, содержащей резистивный, индуктивный и емкостной элементы. Векторная диаграмма. Треугольник напряжений.
9. Расчет цепи однофазного переменного тока, содержащей резистивный и емкостной элементы. Закон Ома для данной цепи. Векторная диаграмма.
10. Расчет однофазных цепей при параллельном соединении. Векторная диаграмма. Треугольник токов.
11. Мощность в однофазной цепи переменного тока. Треугольник мощностей. Понятие активной, реактивной и полной мощностей.
12. Резонанс в цепи переменного однофазного тока при параллельном соединении. Условия резонанса.
13. Резонанс в цепи переменного однофазного тока при последовательном соединении. Условия резонанса.
14. Понятие коэффициента мощности. Способы его улучшения.
15. Трехфазные цепи. Основные определения. Получение 3-х фазного переменного тока. Особенности симметричной системы.
16. Соединение приемников по схеме «звезда» с нейтральным проводом, основные понятия и определения, область применения. Назначение нейтрального провода.
17. Соединение приемников по схеме «треугольник», основные понятия, определения, применение.
18. Мощность в цепи переменного трехфазного тока.
19. Построение векторных диаграмм для схемы соединения приемников «звездой».
20. Построение векторных диаграмм для схемы соединения приемников «треугольником».
21. Изображение синусоидальных величин с помощью комплексных чисел. Сущность метода.
22. Анализ цепи с последовательным соединением элементов однофазного переменного синусоидального тока с использованием комплексных чисел (сравнение с использованием векторного представления синусоидального тока).
23. Анализ цепи с параллельным соединением элементов однофазного переменного синусоидального тока с использованием комплексных чисел (сравнение с использованием векторного представления синусоидального тока).
24. Расчет цепей синусоидального переменного тока при смешанном соединении методом комплексных чисел.
25. Катушка с ферромагнитным сердечником, ее особенности.
26. Вывод уравнения трансформаторной э.д.с.
27. Трансформаторы. Цель трансформации. Броневые, стержневые трансформаторы.
28. Однофазные трансформаторы. Устройство. Принцип действия.
29. Коэффициент трансформации. КПД трансформатора. Способы его определения.
30. Режим холостого хода трансформатора.
31. Режим короткого замыкания трансформатора.
32. КПД и потери мощности трансформатора.

33. Автотрансформаторы. Особенности, преимущества, недостатки, применение автотрансформаторов.
34. Внешняя характеристика однофазного трансформатора $U_2 = f(I_2)$. Определение изменения вторичного напряжения.
35. Понятие о схемах и группах соединения обмоток трехфазных трансформаторов.
36. Параллельная работа трансформаторов.
37. Вращающееся магнитное поле. Условия для его создания.
38. Асинхронный двигатель. Устройство и принцип действия.
39. Потери мощности в асинхронном двигателе. Энергетическая диаграмма.
40. Вращающий момент асинхронного двигателя.
41. Механические характеристика асинхронного двигателя $M = f(S)$, $n_2 = f(M)$.
42. Скорость вращения ротора. Режимы работы асинхронного двигателя.
43. Особенности пуска асинхронного двигателя. Требования к пуску АД.
44. Скорость вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя. Значение скорости поля. Скольжение.
45. Способы пуска асинхронного двигателя (перечислить). Пуск асинхронного двигателя переключением обмоток статора со «звезды» на «треугольник» и обратно.
46. Получение вращающегося магнитного поля в асинхронном двигателе.
47. Пуск асинхронного двигателя при помощи автотрансформатора.
48. Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором.
49. Определение КПД асинхронного двигателя.
50. Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами.
51. Регулирование скорости вращения ротора.
52. Машины постоянного тока, устройство, принцип действия.
53. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
54. Роль коллектора в машинах постоянного тока.
55. Реакция якоря, влияние на работу генератора.
56. Принцип самовозбуждения машин постоянного тока.
57. Принцип действия генератора постоянного тока с независимым возбуждением.
58. Принцип действия генератора постоянного тока с самовозбуждением.
59. Особенности пуска двигателя постоянного тока. Условие пуска.
60. Двигатели постоянного тока. Значение вращающего момента.
61. Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением. Принцип действия, значение скорости вращения.
62. Механическая характеристика двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением, условия регулирования скорости вращения.) ($M_f n \square$
63. Электроники. Основные понятия и определения
64. Электронные приборы. Классификация, принцип работы. Понятие r_p и r_r перехода.
65. Диоды (выпрямительные диоды, стабилитроны, светодиоды и т.д.). Структурная схема, принцип работы, вольт-амперная характеристика, условные обозначения.
66. Тиристоры. Устройство, принцип действия.
67. Биполярные транзисторы. Устройство, принцип действия. Режимы работы биполярных транзисторов.
68. Статические вольт-амперные характеристики транзисторов.
69. Полевые транзисторы. Устройство, принцип действия.
70. Интегральные схемы. Классификация интегральных схем по конструктивному исполнению.
71. Силовая полупроводниковая техника.
72. Принцип действия однофазного однополупериодного выпрямителя.
73. Принцип действия однофазной 2-х полупериодной схемы.
74. Мостовая схема выпрямления.
75. Принцип действия трехфазной однополупериодной схемы выпрямления тока (с нейтральной точкой)
76. Трехфазный двухполупериодный выпрямитель.
77. Сглаживающие фильтры.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3 практические задания расположены: ЭИОС / СДО СПбГАСУ Moodle / Кафедры (<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>) / Строительной физики, электроэнергетики и электротехники / Электротехника, электроника и электропривод

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет проводится в форме собеседования.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

<p>знания</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>
<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	--	---	---	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Щербаков Е. Ф., Александров Д. С., Дубов А. Л., Электроснабжение и электропотребление в строительстве, Санкт-Петербург: Лань, 2021	https://e.lanbook.com/book/168533
2	Новожилов О. П., Электротехника (теория электрических цепей) в 2 ч. Часть 1., Москва: Юрайт, 2022	https://urait.ru/bcode/490862
3	Новожилов О. П., Электротехника (теория электрических цепей) в 2 ч. Часть 2., Москва: Юрайт, 2023	https://urait.ru/bcode/512887
4	Алиев И. И., Электротехника и электрооборудование в 3 ч. Часть 2, Москва: Юрайт, 2023	https://urait.ru/bcode/514778
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Григорьев П. А., Зайцева Н. А., Электротехника, электроника и электропривод. Ч.1, Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2020	https://www.iprbooks.hop.ru/116115.html

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://elibrary.ru

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)	www2.viniti.ru
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
LibreOffice	Свободно распространяемое

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
71. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
71. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
71. Учебная лаборатория электроэнергетики и электротехники: 2-я Красноармейская ул. д.4 Ауд. 503	Комплект типового лабораторного оборудования "Электрические машины и привод" ЭМП-С-К (блок двигатель - генератор, блок питания, блок измерения, блок регулировки.) - 7 шт.
71. Учебная лаборатория электроэнергетики и электротехники: 2-я Красноармейская ул. д.4 Ауд. 503	Комплект типового лабораторного оборудования "Электрические цепи и основы электроники" ЭЦОЭ1-С-Р (Наборное поле с источником питания, блок измерения, ватметр)

71. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.
--	---

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 № 1046).

Программу составил:
доцент, к.т.н. Горлатов Д.В.

Программа обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Строительной физики, электроэнергетики и электротехники

28.12.2023, протокол № 5

Заведующий кафедрой к.п.н., доцент Кирк Я.Г.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета

06.02.2024, протокол № 4.

Председатель УМК к.т.н., доцент Зазыкин А.В.

Задания для выполнения расчетно-графической работы

Общие указания

Расчетно-графическая работа охватывает основные разделы дисциплины и является важным этапом в процессе ее изучения. Проверка знаний дисциплины на экзамене включает решения задач, которые близки по тематике и методике решений задач из расчетно-графической работы.

Каждая задача из расчетно-графической работы имеет варианты. Порядок выбора варианта указан в методических указаниях к выполнению контрольной работы.

Номер варианта студенты выбирают по трем последним цифрам своего шифра. Пояснения даны в соответствующих таблицах в условиях задач.

ЗАДАЧА 1

Цель постоянного тока с одним источником ЭДС представлена на рис. 1. Параметры резистивных элементов, величина ЭДС E и вариант схемы указаны в табл. 1.

Требуется определить токи во всех резистивных элементах и проверить полученные результаты с помощью первого или второго законов Кирхгофа.

Таблица 1

Последняя, предпоследняя или третья от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Схема на рис. 1	а	б	в	г	д	е	а	б	в	г
Буква рис.1 выбирается по последней цифре шифра										
$E, В$	6	8	10	12	14	16	18	20	24	36
Величина E выбирается по предпоследней цифре шифра										
$R_1 = R_2, Ом$	2	4	6	8	5	4	3	2	1	6
$R_3 = R_4, Ом$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения $R_1 - R_4$ выбираются по третьей от конца цифре шифра										

Методические указания

Для решения этой задачи необходимо изучить материал курса, относящийся к расчету простых цепей постоянного тока [1], с. 5...11; [2], с. 19...46

Расчет простых резистивных цепей с одним источником целесообразно выполнять в следующей последовательности:

1. Выбрать произвольно в ветвях схемы положительные направления токов, обозначив их стрелками и буквой I_k с соответствующим индексом.
2. Привести схему к одноконтурному виду путем поэтапного объединения последовательно и параллельно соединенных сопротивлений.
3. Определить ток в одноконтурной схеме.
4. Определить напряжения на всех ветвях исходной схемы путем обратного поэтапного развертывания схемы.
5. С помощью закона Ома определить искомые токи в ветвях.

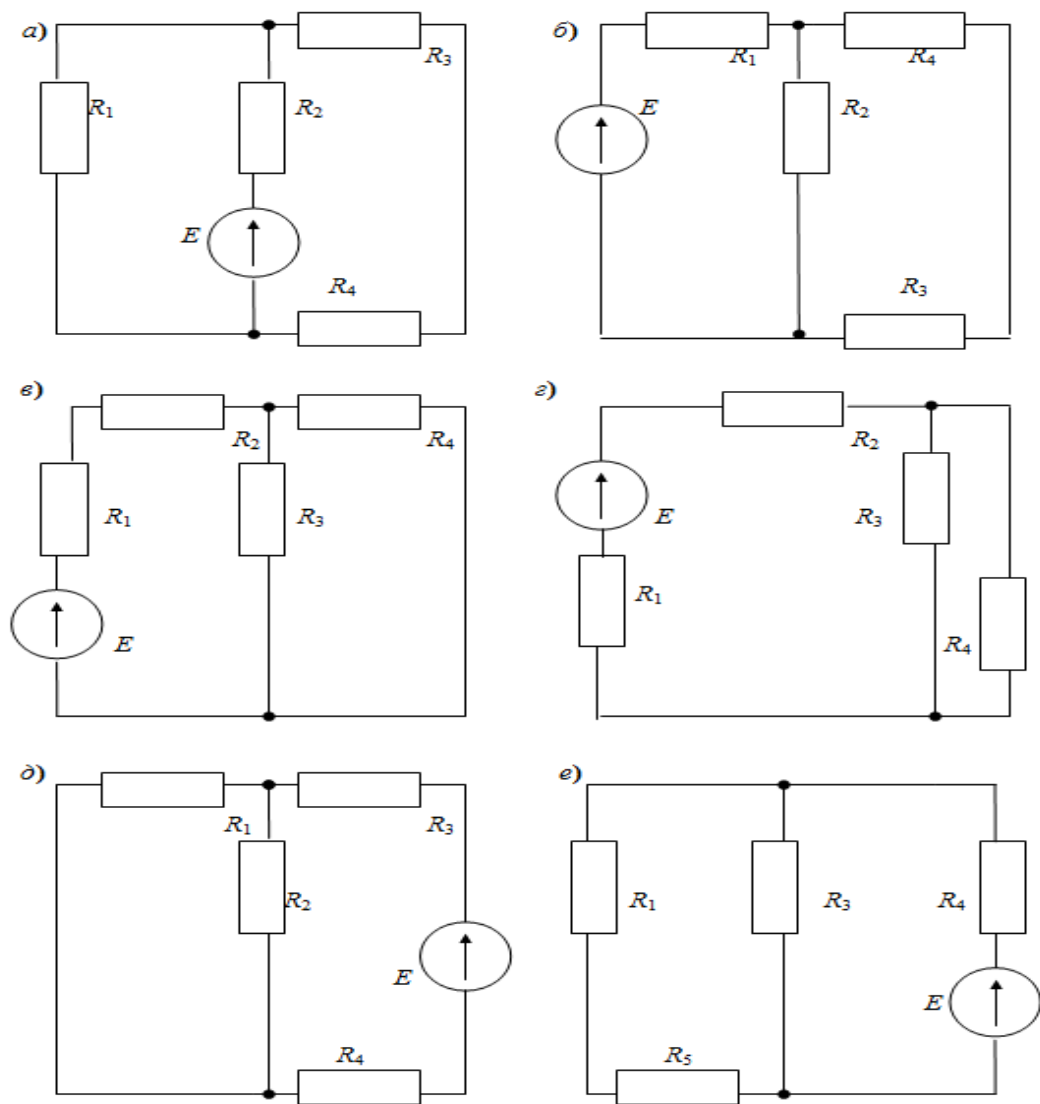


Рис. 1

Пример 1. Определить постоянные токи во всех сопротивлениях электрической схемы (рис. 6.2). Параметры цепи: $R_1=R_2=4$ Ом, $R_3=R_4=1$ Ом, $R_5=6$ Ом, $E=9$ В.

Решение. 1. Выберем произвольно в ветвях положительные направления токов и маркируем их: I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 .

2. Преобразуем поэтапно исходную схему в одноконтурную схему. Последовательность преобразований наглядно представлена на рис. 2, где

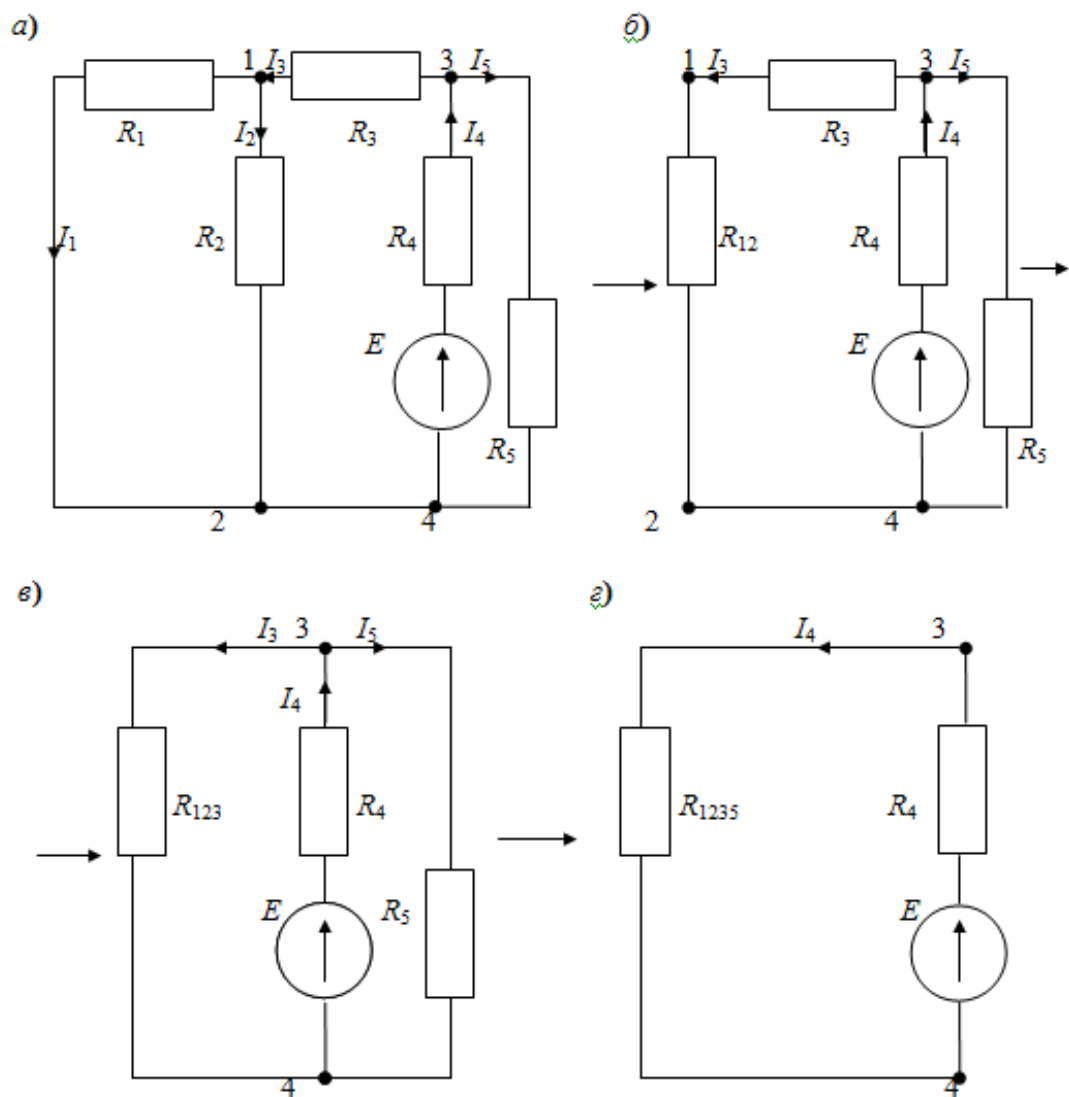


Рис. 2

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2 \text{ Ом}; \quad (\text{рис. 2, б})$$

$$R_{123} = R_{12} + R_3 = 2 + 1 = 3 \text{ Ом}; \quad (\text{рис. 2, в})$$

$$R_{1235} = \frac{R_{123} \cdot R_5}{R_{123} + R_5} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \text{ Ом}; \quad (\text{рис. 2, г})$$

3. Определим ток I_4 и напряжение U_{34} на участке 3-4 для одноконтурной схемы (рис. 2, г).

$$I_4 = \frac{E}{R_{1235} + R_4} = \frac{9}{2 + 1} = 3 \text{ А};$$

$$U_{34} = I_4 \cdot R_{1235} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ В}.$$

4. Определим токи I_3 и I_5 , напряжение U_{12} на сопротивлении R_{12} (рис. 6.2, в).

$$I_3 = \frac{U_{34}}{R_{12} + R_3} = \frac{6}{2 + 1} = 2 \text{ А}; \quad I_5 = \frac{U_{34}}{R_5} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А}.$$

5. Определим напряжение U_{12} на сопротивлении R_{12} и токи I_1, I_2 ,

(рис. 2, б).

$$U_{12} = I_3 \cdot R_{12} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ В}; \quad I_1 = \frac{U_{12}}{R_1} = \frac{4}{4} = 1 \text{ А}; \quad I_2 = \frac{U_{12}}{R_2} = \frac{4}{4} = 1 \text{ А}.$$

Проверим полученные результаты с помощью первого закона Кирхгофа. Для узла 3 (рис. 2, а) имеем $I_4 - I_3 - I_5 = 3 - 2 - 1 = 0$ – верно.

ЗАДАЧА 2

К электрической цепи, содержащей известное активное сопротивление R , индуктивность L и емкость C (рис.3), приложено синусоидальное напряжение, действующее значение которого U . Частота источника питания цепи f известна.

Требуется определить а) комплексное действующее значение тока I_1 в неразветвленной части цепи, а также комплексные действующие значения токов I_2 и I_3 в параллельно включенных ветвях цепи; б) активную P , реактивную Q и полную S мощности всей цепи. Задачу решить символическим методом. Данные для расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Последняя, пред- последняя или третья от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номер схемы	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4
Номер схемы выбирается по последней цифре шифра										
U , В	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Значения U выбираются по предпоследней цифре шифра										
R , Ом	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L , Гн	3,18	1,59	1,06	0,80	0,64	0,53	0,45	0,40	0,35	0,32
C , мкФ	1592	796	530	398	318	265	227	199	176	159
f , Гц	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Значения R , L , C и f выбираются по третьей от конца цифре шифра										

Методические указания

Символический метод расчета цепей синусоидального тока основан на описании векторов действующих значений токов и напряжений с помощью комплексных чисел. Если на комплексной плоскости откладывать векторы действующих значений токов и напряжений под углом к положительной полуоси вещественных чисел, равным начальной фазе этих токов и напряжений ψ_i и ψ_u , то их можно записать в виде

$$\dot{I} = I e^{j\psi_i}; \quad \dot{U} = U e^{j\psi_u}.$$

Это комплексные действующие значения тока и напряжения в показательной форме. На комплексной плоскости положительные начальные фазы откладываются от оси вещественных чисел против часовой стрелки; отрицательные начальные фазы откладываются по часовой стрелке. На комплексной плоскости начальные фазы тока ψ_i и напряжения ψ_u приняты положительными.

При использовании символического метода оперируют также понятиями: комплексное сопротивление \underline{Z} , комплексная проводимость \underline{Y} , комплексная мощность \tilde{S} .

Комплексное сопротивление цепи:

$$\underline{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{Ue^{j\psi_u}}{Ie^{j\psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = ze^{j\varphi} = z \cos \varphi + jz \sin \varphi = R + jX.$$

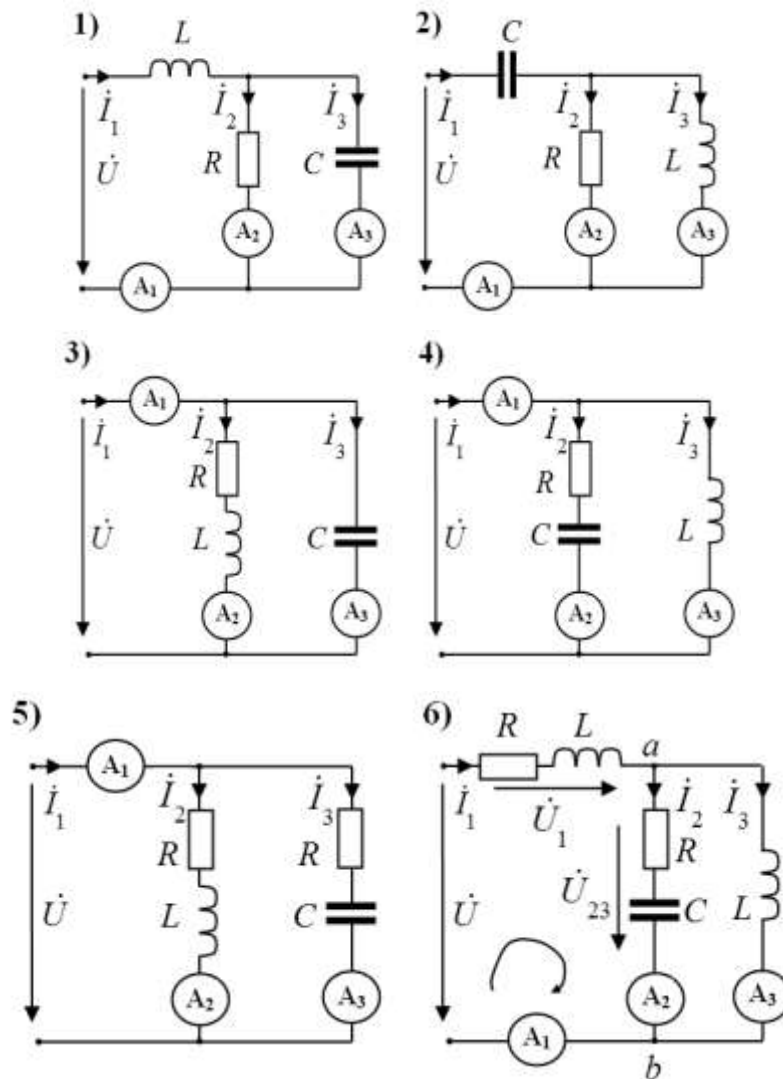


Рис.3

Здесь $z = |Z| = U/I$ – полное сопротивление цепи; $R = z \cos \varphi$ – активное сопротивление цепи (вещественная часть \underline{Z}); $X = z \sin \varphi$ – реактивное сопротивление цепи (мнимая часть \underline{Z}).
Комплексная проводимость цепи:

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = \frac{Ie^{j\psi_i}}{Ue^{j\psi_u}} = \frac{I}{U} e^{j(\psi_i - \psi_u)} = ye^{-j\varphi} = y \cos \varphi - jy \sin \varphi = G - jb.$$

Здесь $y = |Y| = I/U$ – полная проводимость цепи; $G = y \cos \varphi$ – активная проводимость цепи (вещественная часть \underline{Y}); $b = y \sin \varphi$ – реактивная проводимость цепи (мнимая часть \underline{Y}).
Комплексная мощность цепи:

$$\tilde{S} = \dot{U} \dot{I}^* = Ue^{j\psi_u} \cdot Ie^{j\psi_i} = UIe^{j(\psi_u - \psi_i)} = Se^{j\varphi} = S \cos \varphi + jS \sin \varphi = P + jQ.$$

Здесь $i^* = Ie^{-j\omega t}$ – комплексный ток, сопряженный исходному комплексному току $i = Ie^{j\omega t}$ (получается путем изменения знаков перед каждым j на противоположные);

$S = |\tilde{S}| = UI$ – полная мощность цепи, ВА;

$P = S \cos \varphi$ – активная мощность цепи, Вт;

$Q = S \sin \varphi$ – реактивная мощность цепи, ВАр.

Законы Кирхгофа в комплексной форме записи аналогичны по написанию законам Кирхгофа для цепей постоянного тока, у которых вещественные числа заменены на комплексные.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма комплексных действующих значений токов в узле равна нулю:

Так, например, для узла а) схемы б на рис.3 имеем:

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0 \text{ или } i_1 = i_2 + i_3 = 0.$$

Здесь комплексные токи, направленные к узлу, взяты со знаком "+", а направленные от узла – со знаком "-".

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма комплексных действующих значений напряжений на всех участках контура равна алгебраической сумме комплексных действующих значений всех ЭДС в этом контуре:

Для левого контура схемы б на рис.4.3 при выбранном по часовой стрелке направлении его обхода имеем

$$\dot{U}_1 + \dot{U}_{23} - \dot{U} = 0 \text{ или } \dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_{23} = I_1(R + jX_L) + I_2(R - jX_C).$$

Комплексные напряжения, ЭДС и токи в уравнениях, составленных по второму закону Кирхгофа, берутся со знаком "+", если они совпадают с направлением обхода контура, и со знаком "-", если не совпадают.

Формулы для расчета комплексных сопротивлений \underline{Z} и комплексных проводимостей \underline{Y} для цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов цепи аналогичны формулам для цепей постоянного тока, в которых вещественные числа R заменены на комплексные \underline{Z}

Пример 2. К электрической схеме б на рис.3 приложено синусоидальное напряжение, действующее значение которого $U=20$ В, а частота $f=50$ Гц. Параметры цепи: $R=2$ Ом; $L=6,37$ мГн; $C=3184,7$ мкФ.

Определить комплексные действующие значения токов во всех ветвях цепи; показания амперметров электромагнитной системы; активную, реактивную полную мощность цепи.

Решение

1. Определяем комплексные сопротивления активных и реактивных элементов схемы:

$$\underline{Z}_R = R = 2 \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_L = jX_L = j\omega L = j2\pi fL = j314 \cdot 6,37 \cdot 10^{-3} = j2 \text{ Ом}.$$

$$\underline{Z}_C = -jX_C = -j \frac{1}{\omega C} = -j \frac{1}{2\pi fC} = -j \frac{1}{314 \cdot 3184,7 \cdot 10^{-6}} = j1 \text{ Ом}.$$

2. Определяем комплексные сопротивления всех ветвей цепи:

ветвь RL :

$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_R + \underline{Z}_L = R + jX_L = 2 + j2 = 2,83e^{j45^\circ} \text{ Ом};$$

ветвь RC :

$$\underline{Z}_2 = \underline{Z}_R + \underline{Z}_C = R - jX_C = 2 - j1 = 2,24e^{j26,6^\circ} \text{ Ом};$$

ветвь L :

$$\underline{Z}_3 = \underline{Z}_L = jX_L = j2 = 2e^{j90^\circ} \text{ Ом}.$$

3. Определяем комплексное сопротивление цепи:

$$\underline{Z} = \underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_2 \underline{Z}_3}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3} = (2 + j2) + \frac{(2 - j1)j2}{2 + j1} \cdot \frac{2 - j1}{2 - j1} =$$

$$2 + j2 + \frac{8 + j6}{5} = 2 + j2 + 1,6 + j1,2 = 3,6 + j3,2 = 4,82e^{j41,6^\circ} \text{ Ом.}$$

Здесь 3,6 – активное сопротивление, Ом; 3,2 – реактивное сопротивление Ом; знак "+" у реактивного сопротивления показывает, что цепь имеет индуктивный характер.

4. Определяем комплексное действующее значение тока всей цепи.

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{20e^{j0}}{4,82e^{j41,6^\circ}} = 4,15e^{j41,6^\circ} = (3,1 - j2) \text{ А.}$$

Здесь начальная фаза напряжения принята равной нулю $\psi_u = 0$.

Показание амперметра А составляет $I_1 = 4,15 \text{ А}$.

5. Определяем комплексное действующее значение напряжения U_{23} , действующее между узлами a и b цепи, с целью последующего нахождения токов I_2 и I_3 в параллельных ветвях. В соответствии со вторым законом Кирхгофа для левого контура цепи имеем $\dot{U}_1 + \dot{U}_{23} - \dot{U} = 0$ или $\dot{U}_{23} = \dot{U} - \dot{U}_1$.

Здесь $\dot{U} = 20e^{j0} = 20 \text{ В}$.

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \underline{Z}_1 = (3,1 - j2,75)(2 + j2) = 6,2 - j5,5 + j6,2 + 5,5 = (11,7 + j0,7) \text{ В.}$$

Тогда $\dot{U}_{23} = 20 - 11,7 - j0,7 = 8,3 - j0,7 = 8,3e^{-j4,7^\circ} \text{ В}$.

6. Определяем комплексное действующее значение тока в ветви RC :

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{23}}{\underline{Z}_2} = \frac{8,3e^{-j4,7^\circ}}{2,24e^{-j26,6^\circ}} = 3,7e^{j22^\circ} = (3,43 + j1,38) \text{ А.}$$

Показание амперметра A_2 составляет $I_2 = 3,7 \text{ А}$.

7. Определяем комплексное действующее значение тока в ветви L :

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{23}}{\underline{Z}_3} = \frac{8,3e^{-j4,7^\circ}}{2e^{j90^\circ}} = 4,17e^{-j95^\circ} = (-0,36 - j4,15) \text{ А.}$$

Показание амперметра A_3 составляет $I_3 = 4,17 \text{ А}$.

Проверку решения производим с помощью первого закона Кирхгофа для узла в исследуемой цепи:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = (3,43 + j1,38) + (-0,36 - j4,15) = (3,07 - j2,77) \text{ А.}$$

Полученный результат совпадает с результатом расчета по пункту 4.

8. Определяем комплексную мощность цепи.

$$\tilde{S} = \dot{U} \dot{I}_1^* = 20 \cdot 4,15e^{j41,6^\circ} = 83e^{j41,6^\circ} = (61,2 + j55,1) \text{ ВА.}$$

Здесь $\dot{I}_1^* = 20 \cdot 4,15e^{j41,6^\circ}$ – комплексный ток, сопряженный току $\dot{I}_1 = 4,15e^{-j41,6^\circ}$. У сопряженного тока знак начальной фазы противоположен знаку начальной фазы известного тока.

Таким образом, полная мощность цепи $S = 83 \text{ ВА}$; активная мощность цепи $P = 61,2 \text{ Вт}$; реактивная мощность цепи $Q = 55,1 \text{ ВАр}$. Знак "+" у реактивной мощности указывает на индуктивный характер цепи.

ЗАДАЧА 3

На рис.4 представлена схема бесконтактного полупроводникового реле, выполненного в виде двухкаскадного усилителя. Заданными являются напряжение U_H и ток I_H в нагрузке R_H для состояния "включено" (табл. 3).

Требуется:

- 1) дать подробное описание работы усилителя в ключевом режиме;
- 2) обосновать приведенные ниже соотношения (1)-(3);
- 3) рассчитать напряжение источника E_K , сопротивления R_{K1} и R_{K2} , выбрать тип используемых транзисторов VT1, VT2 и диода VD.

Таблица 3

Последняя или предпоследняя от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_H, В$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Значение U_H выбирается по последней цифре шифра										
I_H, mA	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46
Значение I_H выбирается по предпоследней цифре шифра										

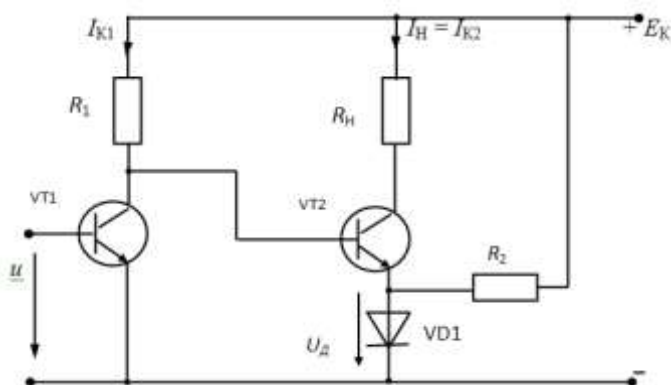


Рис.4

Методические указания

Перед решением задачи следует изучить материал курса, относящийся к расчету бесконтактных полупроводниковых реле, изложенный в [1, с. 291- 325]или [2, с. 197 - 201.]

Как видно из схемы, напряжение источника E_K должно быть больше напряжения U_H на величину напряжения насыщения U_{KH2} транзистора VT2. Ориентировочно можно принять $U_{KH} = (1,5 \div 2) В$ или определить более точно по справочнику [2].

Для выбора транзистора VT2 необходимо рассчитать допустимые значения тока через коллектор $I_{K2доп}$ и напряжения на коллекторе $U_{K2доп}$. Для этого вначале определяются максимальные значения коллекторного тока $I_{K2МАХ} = E_K/R_H$ и напряжения $U_{KМАХ} \cong E_K$. Затем с учетом надежной работы принимают, чтобы

$$I_{Kдоп} = (1,2 \div 1,5) I_{K2МАХ}; U_{Kдоп} = (1,5 \div 2) U_{K2МАХ}. \quad (1)$$

По приложению 1 с учетом (1) выбирают транзистор VT2.

Для выбора входного транзистора VT1 рассчитывают максимальный ток:

$$I_{K1max} \cong \frac{E_K}{R_1}, R_1 = \frac{(E_K - U_D)\beta}{K_H I_{K2max}}, \quad (2)$$

где β – коэффициент усиления транзистора (можно принять равным 30); K_H – коэффициент насыщения, выбираемый обычно равным 2.

Сопротивление смещения R_2 выбирается из условия, чтобы ток через диод VD в режиме отсечки транзистора VT2 создавал напряжение на диоде

$$U_D \cong (1 \div 1,5), В; I_D \approx 0,05 \div 0,1 А.$$

Диод выбирается из условия, чтобы максимальный ток $I_{DМАХ}$, протекающий через него в режиме насыщения транзистора VT2, не превышал допустимого значения тока $I_{доп}$, указанного в приложении 2, т.е.

$$I_{\text{ДМАХ}} < I_{\text{Доп}}, \quad (3)$$

где $I_{\text{ДМАХ}} = I_{\text{H}} + E_{\text{K}} / R_2$.

Максимальное напряжение на диоде $U_{\text{ДМАХ}} = E_{\text{K}}$ должно быть меньше допустимого напряжения на диоде $U_{\text{Доп}}$ (приложение 2): $U_{\text{ДМАХ}} < U_{\text{Доп}}$.

ЗАДАЧА 4

На рис.5 представлен тиристорный выключатель постоянного напряжения. Сопротивление нагрузки R_{H} и напряжение U источника заданы (табл. 4).

Требуется:

- 1) рассчитать параметры схемы (R , C);
- 2) выбрать типы тиристоров VS1 и VS2;
- 3) дать подробное описание работы выключателя;
- 4) указать достоинства и недостатки данного выключателя по сравнению с контактным выключателем постоянного тока.

Таблица 4

Последняя или предпоследняя от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R_{H} , Ом	5	6	7	9	11	13	14	16	18	20
Значение R_{H} выбирается по последней цифре шифра										
U , В	400	500	600	700	800	850	900	950	1000	1100
Значение U выбирается по предпоследней цифре шифра										

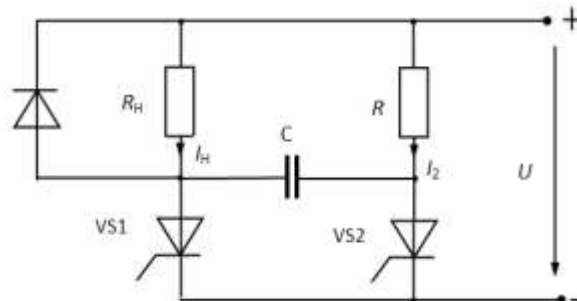


Рис.5

Методические указания

Перед решением задачи следует изучить материал, относящийся к расчету тиристорных переключающих устройств постоянного тока.

Рекомендуется следующий порядок расчета схемы.

Определяется ток I_1 через силовой тиристор VS1:

$$I_1 = I_{\text{H}} = U/R_{\text{H}}.$$

2. Выбирается тип силового тиристора VS1 (приложение 3) из условий

$$I_{\text{НОМ}} \geq (1,2 \div 1,5)I_1, \quad U_{\text{НОМ}} \geq (1,1 \div 1,2)U,$$

где $I_{\text{НОМ}}$ и $U_{\text{НОМ}}$ – наибольшие допустимые значения тока и напряжения тиристора (эти значения определяются из справочной литературы, в данном случае из приложения 3).

3. Рассчитывается емкость коммутирующего конденсатора по соотношению:

$$C \geq (1 \div 1,4) \frac{I t_{\text{ВЫК}}}{U_C},$$

где I_H – ток нагрузки (тиристора VS1); $t_{\text{ВЫК}}$ – время выключения тиристора VS1 (приложение 3); U_C – напряжение на конденсаторе, равное

$$U_C = U.$$

4. Выбирается тип вспомогательного тиристора VS2. При этом следует учесть, что ток разряда конденсатора через тиристор VS2 протекает только в течение времени $t = t_{\text{ВЫК}}$, т.е. тиристор в этом случае работает в режиме ударных токов. Величина тока разряда может превышать ток нагрузки в 2-3 раза. Поэтому тиристор выбирается по величине ударного тока $I_{\text{уд}}$ (приложение 3):

$$I_{\text{уд}} > (2 \div 3) I_H$$

и по напряжению U_{T2} , которое, как видно из схемы, равно

$$U_{T2} \cong U.$$

5. Рассчитывается сопротивление R из условия, чтобы при кратковременной подаче управляющего напряжения на тиристор VS2 произошло его включение. Для этого необходимо, чтобы

$$I_2 = \frac{U}{R} > I_{\text{ВЫК2}},$$

где $I_{\text{ВЫК2}}$ – ток выключения тиристора VS2, ориентировочное значение которого можно принять равным:

$$I_{\text{ВЫК2}} \cong 0,1 I_{\text{НОМ}}.$$

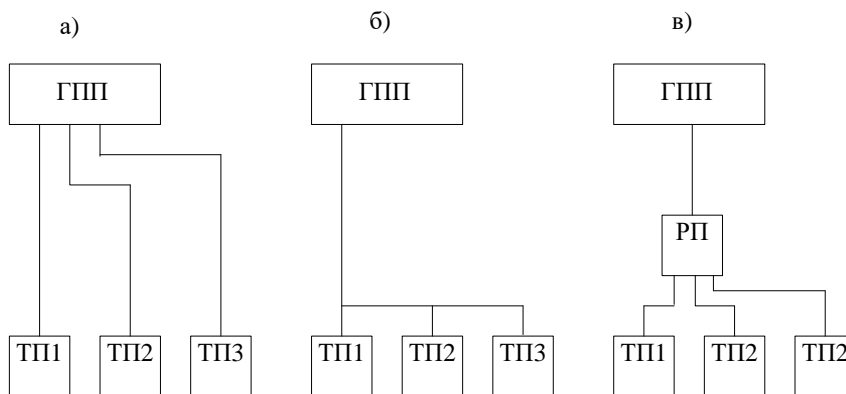
Задания для тестирования

1. Что такое система электроснабжения?
 - а. Совокупность взаимосвязанных электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией;
 - б. Линии электропередач, обеспечивающие транспорт электроэнергии от источника до потребителя;
 - в. Совокупность узлов генерации и потребления электрической энергии.
2. Какое выражение характеризует баланс системы электроснабжения по активной мощности?
 - а. $P_{\Gamma} = P_{\text{потр}} + P_{\text{с.н}} + \Delta P$;
 - б. $P_{\text{потр}} = P_{\text{с.н}} + \Delta P$;
 - в. $P_{\Gamma} = P_{\text{потр}}$,где P_{Γ} – произведенная источником питания активная мощность, $P_{\text{потр}}$ – потребленная активная мощность, $P_{\text{с.н}}$ – расход электроэнергии на собственные нужды системы электроснабжения, ΔP – потери активной мощности.
3. Для каких уровней системы электроснабжения справедливо выполнения баланса по активной и реактивной мощности?
 - а. Только для уровня генерации;
 - б. Для всех без исключения;
 - в. Для уровня районной электрической сети.
4. Сколько уровней выделяют в общем случае в системе электроснабжения промышленного предприятия?
 - а. 2;
 - б. 4;
 - в. 6.
5. На какие категории по надежности делятся электроприемники?
 - а. I, II, III;
 - б. I, особая, II, III;
 - в. I, II, особая.
6. К какой категории по надежности относятся потребители, характеризующиеся как «перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, предприятию, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса и др.»?
 - а. I;
 - б. II;
 - в. III;
 - г. Особая.
7. К какой категории по надежности относятся потребители, характеризующиеся как «перерывы в электроснабжении которых приведут к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта»?
 - а. I;
 - б. II;
 - в. III;
 - г. Особая.

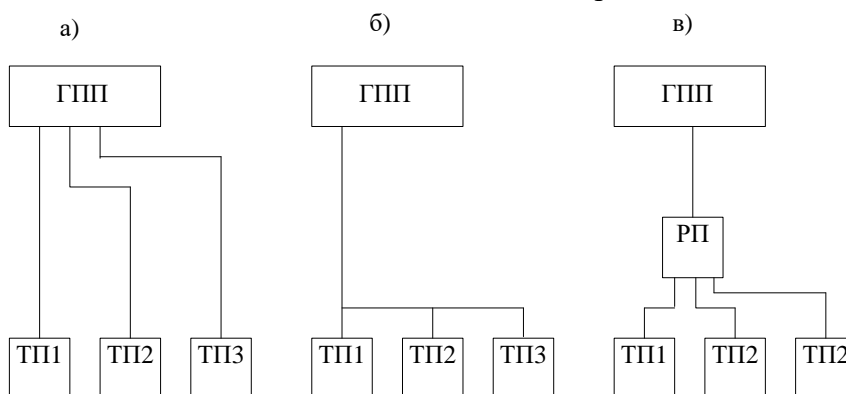
- 8.** К какой категории по надежности относятся потребители, характеризующиеся как «бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования»?
- а.* I;
 - б.* II;
 - в.* III;
 - г.* Особая.
- 9.** Потребители какой категории по надежности должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых ИП, перерыв в электроснабжении которых допустим на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой?
- а.* I;
 - б.* II;
 - в.* III;
 - г.* Особая.
- 10.** По какому критерию характеризуется продолжительный режим работы электроприемников?
- а.* Температура частей машины или аппарата не превышает длительно допустимую;
 - б.* Температура машины или аппарата во время работы не достигает длительно допустимого значения, а во время остановки охлаждается до температуры окружающей среды;
 - в.* Кратковременные рабочие режимы машины или аппарата сменяются кратковременными периодами отключения, при этом нагрев не превышает длительно допустимой температуры, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.
- 11.** По какому критерию характеризуется режим кратковременных нагрузок работы электроприемников?
- а.* Температура частей машины или аппарата не превышает длительно допустимую;
 - б.* Температура машины или аппарата во время работы не достигает длительно допустимого значения, а во время остановки охлаждается до температуры окружающей среды;
 - в.* Кратковременные рабочие режимы машины или аппарата сменяются кратковременными периодами отключения, при этом нагрев не превышает длительно допустимой температуры, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.
- 12.** По какому критерию характеризуется режим повторно-кратковременных нагрузок работы электроприемников?
- а.* Температура частей машины или аппарата не превышает длительно допустимую;
 - б.* Температура машины или аппарата во время работы не достигает длительно допустимого значения, а во время остановки охлаждается до температуры окружающей среды;
 - в.* Кратковременные рабочие режимы машины или аппарата сменяются кратковременными периодами отключения, при этом нагрев не превышает длительно допустимой температуры, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.

- 13.** Какой коэффициент характеризует отношение максимальной нагрузки на интервале времени T к средней?
- Коэффициент максимума;
 - Коэффициент использования;
 - Коэффициент спроса;
 - Коэффициент формы графика нагрузки.
- 14.** Какой коэффициент характеризует отношение средней мощности за наиболее загруженную смену к установленной мощности?
- Коэффициент максимума;
 - Коэффициент использования;
 - Коэффициент спроса;
 - Коэффициент формы графика нагрузки.
- 15.** Какой коэффициент характеризует отношение максимальной нагрузки к установленной?
- Коэффициент максимума;
 - Коэффициент использования;
 - Коэффициент спроса;
 - Коэффициент формы графика нагрузки.
- 16.** Какой коэффициент характеризует отношение среднеквадратичного тока (или среднеквадратической полной мощности) приемника за определенный период времени к среднему значению его за тот же период времени?
- Коэффициент максимума;
 - Коэффициент использования;
 - Коэффициент спроса;
 - Коэффициент формы графика нагрузки.
- 17.** Какой коэффициент характеризует отношение средней активной мощности к максимальной за исследуемый период времени?
- Коэффициент максимума;
 - Коэффициент использования;
 - Коэффициент заполнения графика нагрузки;
 - Коэффициент формы графика нагрузки.
- 18.** Какой коэффициент характеризует отношение суммарного расчетного максимума активной мощности узла системы электроснабжения к сумме расчетных максимумов активной мощности отдельных групп приемников, входящих в данный узел системы электроснабжения?
- Коэффициент одновременности максимумов активных нагрузок;
 - Коэффициент использования;
 - Коэффициент заполнения графика нагрузки;
 - Коэффициент формы графика нагрузки
- 19.** Какой диапазон напряжений указан неверно?
- ВН – 110 кВ и выше;
 - СНІ – 35-60 кВ;
 - СНІІ – 3-20 кВ;
 - НН – до 1 кВ.

- 20.** Какой уровень напряжения характерен для районных распределительных электрических сетей?
- (35) 110 - 220 кВ;
 - 330 кВ и выше;
 - (6) 10 – 35 кВ.
- 21.** С какой целью в системах электроснабжения стремятся максимально приблизить высокое напряжение к потребителю?
- Уменьшение капитальных затрат в систему электроснабжения;
 - Уменьшение потерь электроэнергии;
 - Упрощение схемы электроснабжения.
- 22.** Каково нормально допустимое значение установившегося отклонения напряжения?
- $\pm 2,5\%$;
 - $\pm 3\%$;
 - $\pm 5\%$.
- 23.** Каково предельно допустимое значение установившегося отклонения напряжения?
- $\pm 5\%$;
 - $\pm 6\%$;
 - $\pm 10\%$.
- 24.** Какой коэффициент загрузки рекомендуется применять для силовых трансформаторов распределительных ТП при преобладании нагрузок II-категории на двухтрансформаторных ТП?
- $K_3 = 0,65-0,7$;
 - $K_3 = 0,7-0,8$;
 - $K_3 = 0,9-0,95$.
- 25.** Какой коэффициент загрузки рекомендуется применять для силовых трансформаторов распределительных ТП при преобладании нагрузок II-категории на двухтрансформаторных ТП и взаимном резервировании на вторичном напряжении?
- $K_3 = 0,65-0,7$;
 - $K_3 = 0,7-0,8$;
 - $K_3 = 0,9-0,95$.
- 26.** Какой коэффициент загрузки рекомендуется применять для силовых трансформаторов распределительных ТП при преобладании нагрузок II-категории и наличии складского резерва трансформаторов, а также при нагрузках III-категории?
- $K_3 = 0,65-0,7$;
 - $K_3 = 0,7-0,8$;
 - $K_3 = 0,9-0,95$.
- 27.** Какая схема питания является радиальной?



28. Какая схема питания является магистральной?



29. В каких случаях предпочтительнее использовать радиальную схему питания?

- а.* Расположение потребителей по разные стороны от центра питания;
- б.* Расположение потребителей по одну сторону от центра питания;
- в.* Наличие в схеме промежуточных РП.

30. В каких случаях предпочтительнее использовать магистральную схему питания?

- а.* Расположение потребителей по разные стороны от центра питания;
- б.* Расположение потребителей по одну сторону от центра питания;
- в.* Наличие в схеме промежуточных РП.

31. По какому критерию выбирается местоположение ТП?

- а.* Максимальное приближение к наиболее мощному потребителю;
- б.* Максимальное приближение к центру электрических нагрузок;
- в.* Максимальное приближение к высоковольтным потребителям.

32. Каким образом определяются технические потери электроэнергии?

- а.* По разности показаний приборов учета, фиксирующих отпуск электроэнергии в сеть и отпуск потребителям;
- б.* Расчетным путем;
- в.* Регламентируются нормативными документами.

33. Каким образом определяются фактические потери электроэнергии?

- а.* По разности показаний приборов учета, фиксирующих отпуск электроэнергии в сеть и отпуск потребителям;
- б.* Расчетным путем;
- в.* Регламентируются нормативными документами.

- 34.** К каким составляющим технологических потерь электроэнергии относится расход на собственные нужды подстанций?
- Условно постоянные;
 - Условно переменные;
 - Метрологические.
- 35.** Каким образом определяются коммерческие потери электроэнергии?
- По разности фактических и технологических потерь;
 - Расчетным путем;
 - Регламентируются нормативными документами.
- 36.** Какова связь нагрузочных потерь в базовом периоде и периоде регулирования?
- $\Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{ос.р}}{W_{ос.б}} \right)$;
 - $\Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{ос.б}}{W_{ос.р}} \right)^2$;
 - $\Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{ос.р}}{W_{ос.б}} \right)^2$.
- 37.** Каково предельное значение сопротивления заземляющего устройства в сетях с глухозаземленной нейтралью до 1 кВ?
- 2, 4, 8 Ом при линейных напряжениях 660, 380, 220 В соответственно;
 - 10 Ом;
 - 2, 6, 10 Ом при линейных напряжениях 660, 380, 220 В соответственно.
- 38.** Каково предельное значение сопротивления заземляющего устройства в сетях с изолированной нейтралью выше 1 кВ?
- 0,5 Ом;
 - 10 Ом;
 - 4 Ом.
- 39.** Каково предельное значение сопротивления заземляющего устройства в сетях с эффективно заземленной нейтралью выше 1 кВ?
- 0,5 Ом;
 - 10 Ом;
 - 4 Ом.
- 40.** При увеличении расстояния между вертикальными электродами заземляющего устройства их коэффициент использования:
- Остается неизменным;
 - Уменьшается;
 - Увеличивается.
- 41.** В сетях с каким режимом нейтрали допустима работа при однофазном замыкании на землю?
- С изолированной нейтралью, но не более двух часов;
 - С глухозаземленной нейтралью, но не более двух часов;
 - В любых, но не более двух часов.

- 42.** Что ограничивает область применения режима с изолированной нейтралью сетями с напряжением 35 кВ и ниже?
- Требования по электробезопасности обслуживающего персонала;
 - Стоимость изоляции электроустановок;
 - Значение тока замыкания на землю.
- 43.** С какой целью из перечисленных производится компенсация реактивной мощности у потребителей?
- Экономия топлива на электростанциях;
 - Увеличение пропускной способности элементов систем электроснабжения;
 - Минимизация капитальных затрат на генерирующие мощности электростанций.
- 44.** В чем недостаток применения батарей конденсаторов в качестве источника реактивной мощности?
- Высокий расход активной мощности на выработку реактивной;
 - Отсутствие возможности плавного регулирования объемов вырабатываемой мощности;
 - Шум при работе.
- 45.** В чем недостаток применения синхронных машин в качестве источника реактивной мощности?
- Высокий расход активной мощности на выработку реактивной;
 - Отсутствие возможности плавного регулирования объемов вырабатываемой мощности;
 - Неремонтопригодность.
- 46.** При каком способе установки конденсаторных батарей их коэффициент использования наибольший?
- Индивидуальный;
 - Групповой;
 - Централизованный.
- 47.** Какая проверка не производится при выборе сечения проводников кабельных линий?
- По допустимому нагреву;
 - По условиям короны;
 - По допустимой потере напряжения.
- 48.** На какое действие токов короткого замыкания не проверяются проводники и оборудование?
- Электродинамическое;
 - Термическое;
 - По длительности.
- 49.** Какова допустимая потеря напряжения в проводниках линий электропередач?
- $\Delta U_d = 5\%$;
 - $\Delta U_d = 6\%$;
 - $\Delta U_d = 10\%$.
- 50.** Каково предельно допустимое отклонение частоты от номинального значения?
- $\pm 0,4$ Гц;
 - $\pm 0,2$ Гц;

в. $\pm 0,1$ Гц.

51. Каково нормально допустимое отклонение частоты от номинального значения?

а. $\pm 0,4$ Гц;

б. $\pm 0,2$ Гц;

в. $\pm 0,1$ Гц.

52. Для каких целей используются приборы расчетного учета?

а. Для внутриобъектного учета расхода и потребления электроэнергии;

б. Для взаиморасчетов субъектов оптового рынка электроэнергии;

в. Для отчета о режиме электропотребления перед вышестоящей энергоснабжающей организацией.

53. Предельный класс точности трансформаторов тока для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии:

а. 0,5;

б. 1,0;

в. 2,0.

54. Предельный класс точности трансформаторов напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии:

а. 0,5;

б. 1,0;

в. 2,0.

55. Предельный класс точности расчетных счетчиков электроэнергии:

а. 0,5;

б. 1,0;

в. 2,0.

Трехфазный силовой понижающий трансформатор имеет следующие данные:
 тип трансформатора ТСЗС-1000/10,
 номинальная мощность $S_N = 1000$ кВА,
 номинальное напряжение первичной обмотки $U_{1Н} = 10$ кВ,
 номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{2Н} = 0,4$ кВ,
 процентное значение напряжения короткого замыкания $u_K = 8$ %,
 процентное значение тока холостого хода $i_0 = 2$ %,
 потери холостого хода $P_0 = 3$ кВт,
 потери короткого замыкания $P_{КЗ} = 10$ кВт,
 коэффициент мощности $\cos\varphi_2 = 0,8$.
 Фазы первичной и вторичной обмоток соединены "звездой".

Требуется:

1. Определить коэффициент трансформации.
2. По данным опытов холостого хода и короткого замыкания определить параметры схемы замещения и изобразить схему.
3. Рассчитать зависимость КПД от нагрузки $\eta = f(\beta)$, где коэффициент нагрузки $\beta = S/S_N$. Определить максимальное значение КПД η .
4. Рассчитать зависимость изменения напряжения на зажимах вторичной обмотки от характера нагрузки, т.е. $\Delta U = f(\varphi)$ при номинальном токе.
5. Установить распределение нагрузки между трансформаторами одинаковой мощности, если напряжение короткого замыкания второго трансформатора на 10% больше первого (указанного в исходных данных), а нагрузка равна сумме номинальных мощностей обоих трансформаторов.

Задача 2

Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором имеет данные, приведенные в таблице 5.3: число пар полюсов $2p$, номинальная мощность $P_{2Н}$, линейное напряжение обмотки ротора $U_{2л}$, активные сопротивления фазы статора r_1 и ротора r_2' при 20°C , индуктивные сопротивления статора x_1 и ротора x_2' . Частота сети $f_1 = 50$ Гц, напряжение $U_1 = 380$ В.

Соединение обмоток статора и ротора "звезда". Класс нагревостойкости изоляции F, расчетная температура обмоток 115°C .

Таблица 5.3
 Данные асинхронных двигателей с фазным ротором

Тип двигателя	$2p$	$P_{2Н}$ кВ Т	$U_{2Н}$ В	r_1 Ом	r_2' Ом	x_1 Ом	x_2' Ом
4АК200М4УВ	2	22	340	0,024	0,026	0,050	0,075

Требуется:

1. Определить синхронную частоту вращения.
 Определить потребляемый ток, момент и коэффициент мощности при пуске двигателя с замкнутой накоротко обмоткой ротора, т.е. без пускового реостата.
2. Определить сопротивление пускового реостата R_P при котором начальный пусковой момент имеет максимально возможное значение. Определить в этом режиме пусковой момент, ток статора и коэффициент мощности.
3. Рассчитать механические характеристики двигателя для трех значений добавочных сопротивлений в цепи ротора: $R_d = 0$, $R_d = R_P / 2$, $R_d = R_P$.

Задача 3

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от трехфазной сети с линейным напряжением U_1 , частотой 50 Гц. Величины,

характеризующие номинальный режим двигателя: мощность на валу P_{2H} , синхронная частота вращения n_1 , номинальное скольжение s_H , коэффициент мощности $\cos\varphi_H$ и полезного действия η_H , кратности критического k_M и пускового моментов k_P , кратность пускового тока i_P приведены в таблице 5.5. Соединение обмоток статора - "треугольник".

Таблица 5.5

Данные для расчета

Тип двигателя	U_1 , В	P_{2H} , кВт	n_1 об/мин	s_H %	$\cos\varphi_H$	η_H %	k_M	k_P	i_P
4А132S4У3	220	7,5	1500	2,9	0,86	87,5	3,0	2,2	7,5

Определить:

- число пар плюсов;
- номинальную частоту вращения ротора;
- номинальный фазный ток обмотки статора;
- номинальный момент на валу;
- критическое скольжение и момент двигателя;
- пусковой момент при номинальном напряжении и снижении его значения на 10%;
- указать три характерные точки механической характеристики двигателя;
- пусковой ток;
- величину емкости блока конденсаторов, увеличивающих коэффициент мощности до 0,95 и изобразить электрическую схему двигателя с включением блока конденсаторов.

Задача 4

Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением имеет номинальные данные:

напряжение на зажимах двигателя U_H , мощность на валу P_{2H} , частота вращения n_H , коэффициент полезного действия η_H , сопротивления цепей якоря R_J и возбуждения R_B .

Исходные данные приведены в таблице 5.7

U_H , В	P_{2H} , кВт	n_H , об/мин	η_H , %	R_J , Ом	R_B , Ом
220	2,8	3000	85,5	0,6	190

Изобразить электрическую схему

Рассчитать характеристики двигателя: зависимости

- частоты вращения якоря
 - момента на валу M
 - коэффициента полезного действия η
 - полезной мощности P_2
- от тока якоря при значениях, равных 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 от номинального значения.

Задача 5

Параметры генератора постоянного тока параллельного возбуждения приведены в таблице 5.9. Здесь приняты обозначения: номинальная мощность $P_{нГ}$ и напряжение $U_{нГ}$, ток возбуждения $i_{нГ}$, сопротивление обмотки якоря при 15°C, частота вращения, КПД η .

При расчете пренебречь реакцией якоря и считать ток возбуждения машины постоянным.

Таблица 5.9
Данные машины постоянного тока

$P_{нг}$ кВт	$U_{нг}$, В	$i_{нг}$, А	$n_{нг}$, об/мин	η , %	$R_{нд}$, Ом	$P_{нд}$, кВт	$U_{нд}$, В
11	115	2	800	83	0,05	10	110

Требуется:

- определить частоту вращения данной машины в режиме двигателя, считая, что КПД при номинальной нагрузке в генераторном и двигательных режимах работы равны, напряжение на зажимах двигателя и его номинальная мощность даны в таблице 5.9;
- определить изменение частоты вращения двигателя при переходе от номинальной нагрузки к холостому ходу (током якоря при холостом ходе пренебречь);
- определить, как изменится частота вращения двигателя, если подведенное к обмотке якоря напряжение уменьшится до $0,8 U_{нд}$ при неизменном тормозном моменте, соответствующем номинальной мощности двигателя

Задача 6

Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением имеет номинальные данные: напряжение на зажимах двигателя U_H , мощность на валу P_{2H} , частота вращения n_H , коэффициент полезного действия η_H , сопротивления цепей якоря $R_{я}$ и возбуждения R_B .

Исходные данные приведены в таблице 5.10

Таблица 5.10

Данные для расчета

Задача 7

Явнополюсный синхронный генератор имеет следующие данные в относительных единицах:

номинальное напряжение $U = 1$

номинальный ток $I = 1$

номинальная ЭДС $E = 1,87$

синхронное сопротивление по продольной оси $x_d = 1,1$

синхронное сопротивление по поперечной оси $x_q = 0,75$

индуктивное сопротивление обратного следования фаз $x_2 = 0,25$

индуктивное сопротивление нулевого следования фаз $x_0 = 0,045$

Вычислить относительное значение активной мощности в номинальном режиме, если угол нагрузки $\Theta = 20^\circ$.

Определить при номинальном возбуждении в относительных единицах установившиеся токи короткого замыкания

- трех фаз;
- двух фаз;
- одной фазы.

Задача 8

Электромашинный усилитель поперечного поля (ЭМУ) работает при постоянном токе управления и частоте вращения, независящих от нагрузки. Параметры ЭМУ следующие: полезная мощность $P_{3H} = 1300$ Вт, выходное напряжение $U_{3H} = 230$ В, частота вращения $n_H = 4000$ об/мин, сопротивление обмоток при температуре 15°C : якоря $R_{я 15^\circ} = 1,12$ Ом, компенсационной $R_{К 15^\circ} = 1,16$ Ом и обмотки управления

$R_{l15^\circ} = 4250 \text{ Ом}$, числа витков компенсационной обмотки $w_K = 262$ и обмотки управления $w_l = 4200$, ток обмотки управления $i_l = 10 \text{ мА}$, приведенная магнитная проводимость по продольной оси $\lambda = 790 \cdot 10^{-8}$ и по поперечной $\lambda = 200 \cdot 10^{-8}$.

Требуется

1. Рассчитать внешние характеристики ЭМУ $U_3 = f(I_3)$ при изменении тока нагрузки I_3 от 0 до номинального $I_{3н}$ для трех значений коэффициента компенсации $K_K = 0,99; 1,0; 1,01$.
2. Определить коэффициент усиления K_U для номинального значения тока $I_{3н}$ и трех значений $K_K = 0,99; 1,0; 1,01$.

Задача 9

В синхронной передаче использованы синхронизирующиеся датчик и приемник (сельсины). Обмотка индуктора - сосредоточенная катушечная, число полюсов $2p=2$. Обмотка якоря - двухслойная трехфазная, число пазов якоря $z_\alpha = 24$, число проводников в пазу якоря $s_\alpha = 82$, полное сопротивление одной фазы обмотки якоря $Z = 80 \text{ Ом}$. Частота сети $f = 400 \text{ Гц}$, максимальное значение ЭДС при разомкнутой обмотке якоря $E = 43 \text{ В}$. Принять момент трения на валу $M_{тр} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Требуется

1. Определить минимальный угол рассогласования в статическом режиме, необходимый для преодоления сопротивления трения на валу приемника (момент сопротивления нагрузки приемника равен нулю).
2. Определить угол рассогласования синхронной передачи в режиме вращения при отношении $\omega/\omega_1 = 0,12$, где ω - частота вращения ротора, ω_1 - синхронная частота. Момент сопротивления на валу приемника равен $M_d = 0,6M_m$, где M_m - максимальный момент сельсина.