

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Бойко Елена Григорьевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 15.10.2023 18:21:13  
Уникальный программный ключ:  
e69eb689122070af7123c354bf0ab9d453ef8f

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Министерство сельского хозяйства РФ  
Инженерно-технологический институт  
Кафедра энергообеспечения сельского хозяйства

«Утверждаю»  
И.о. заведующего кафедрой

 А.С. Кизуров

«01» июля 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
Электрические машины и аппараты

для направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

профиль «Электрооборудование и электротехнологии АПК»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения: очная, заочная

Тюмень, 2022

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 35.03.06 «Агроинженерия» утвержденный Министерством образования и науки РФ «23» августа 2017г., приказ № 813
- 2) Учебный план основной образовательной программы «Электрооборудование и электротехнологии АПК» одобрен Ученым советом ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья от «01» июля 2022. Протокол № 11

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена на заседании кафедры энергообеспечения сельского хозяйства от «01» июля 2022 г. Протокол № 7

И.о.заведующего кафедрой \_\_\_\_\_  А.С. Кизуров

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) одобрена методической комиссией института от «01» июля 2022 г. Протокол № 7

Председатель методической комиссии института \_\_\_\_\_  О.А. Мелякова

**Разработчик:**

Кизуров А.С. к.т.н. доцент кафедры энергообеспечения сельского хозяйства

И.о. директора института: \_\_\_\_\_  Л.Н. Андреев

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Результаты освоения	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-5	Способен консультировать по вопросам технического обеспечения и эксплуатации электрооборудования	ИД-2ПК-5 Определяет неисправности и дефекты, проводит измерения параметров работы электрических машин и аппаратов	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- эксплуатацию машин и технологического оборудования и электроустановок;</li> <li>- технические средства для определения параметров технологических процессов и качества продукции;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать и прогнозировать состояние материалов и причин отказов электрооборудования;</li> <li>- решать инженерные задачи с использованием основных законов</li> <li>- использовать типовые технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками расчета основных электрических параметров для выбора электрического и электротехнологического оборудования, методами и приемами использования инструментов и механизмов для выполнения электромонтажных работ как индивидуально, так и при работе в коллективе.</li> </ul>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к *Блоку 1* части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения дисциплины необходимы знания в области: *теоретические основы электротехники, единая система конструкторской документации.*

*Электрические машины и аппараты* является предшествующей дисциплиной для дисциплин: *электропривод, альтернативные источники энергии, эксплуатационная практика (учебная), эксплуатационная практика (производственная).*

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах по очной форме обучения, на 3 курсе в 5 и 6 семестрах - заочной форме.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов (6 зачетных единиц).

	Очная форма	Заочная форма
--	-------------	---------------

Вид учебной работы	всего часов	семестр		всего часов	семестр	
		5	6		5	6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	96	48	48	28	14	14
<i>В том числе:</i>	-	-	-	-	-	-
Лекционного типа	40	24	16	12	6	6
Семинарского типа	56	24	32	16	8	8
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	102	60	42	170	94	76
<i>В том числе:</i>	-	-	-	-	-	-
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	50	30	20	126	70	56
Самостоятельное изучение тем	10	6	4			
Курсовой работа	18	-	18	20	-	20
Контрольные работы	24	24	-	24	24	-
Вид промежуточной аттестации		зачет	экз.		зачет	экз.
	18		18	18		18
<b>Общая трудоемкость:</b> часов зачетных единиц	<b>216</b> <b>6</b>	108 3	108 3	<b>216</b> <b>6</b>	108 3	108 3

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1.	Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии	Классификация генераторов, двигателей и преобразователей, а также вводится понятие о необходимом условии электромеханического преобразования энергии. Раздел является общим и вводным к изучению последующих разделов.
2.	Трансформаторы	Принцип действия, понятие об идеализированном трансформаторе, уравнения электрического состояния однофазного трансформатора, его электрическая схема замещения, векторная диаграмма. Переход к реальному однофазному трансформатору, аналогично его электрическая схема замещения и векторная диаграмма. Потери в трансформаторах, к.п.д. Трехфазные трансформаторы, группы соединений, внешние характеристики. Электрические аппараты. Трансформаторы токов и напряжений. Режимы работы

		трансформаторов. Включение трансформаторов на параллельную работу.
3.	Машины постоянного тока	Классификация машин постоянного тока, принципы их действия, конструктивные особенности. Роль щеточно-коллекторного механизма в двигателях и генераторах. Уравнения электрического состояния двигателей и генераторов. Реакция якоря и пути ослабления. Остаточная магнитная индукция. Обмотки барабанного якоря. Работа в режиме двигателя и генератора. Характеристики холостого хода, внешняя и регулировочная характеристики. Определение э.д.с. и вращающего момента. Механические характеристики двигателей постоянного тока. Электрические аппараты на основе машин постоянного тока. Коллекторные машины переменного тока.
4.	Асинхронные машины	Принцип действия асинхронных машин, скольжение, возникновение вращающегося магнитного поля, определение синхронной частоты вращения. Машины с короткозамкнутым фазным ротором. Определение сопротивления пускового реостата. Потери мощности в асинхронных двигателях, активная и реактивная мощности. Вращающий момент и э.д.с. ротора и статора, критическое скольжение. Векторные диаграммы. Электрические схемы замещения. Определение пускового, номинального и максимального моментов. Круговые диаграммы, определение скольжения, коэффициента мощности, токов. Электрические аппараты (индукционные преобразователи и фазорегуляторы, асинхронные тахогенераторы и т.п.). Применение асинхронных машин в сельском хозяйстве, современные их модификации.
5.	Синхронные машины	Принцип действия синхронных машин, режимы двигателя и генератора, классификация. Получение синусоидальной э.д.с. генератора, векторные диаграммы, уравнение электрического состояния. Вращающий момент, полезная мощность и угол рассогласования. Синхронный генератор в системе большой мощности. Угловая и седлообразная характеристики генератора. Пуск синхронных двигателей. Синхронные двигатели малой мощности.

#### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекционного типа	Семинарского типа	СР	Всего, часов
1	2	3	4	5	6

	5 семестр	24	24	60	108
1.	Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии	4	4	8	16
2.	Трансформаторы	10	10	26	46
3.	Машины постоянного тока	10	10	26	46
	6 семестр	16	32	42	90
4.	Асинхронные машины	8	16	22	46
5.	Синхронные машины	8	16	20	44
	Экзамен	-	-	-	18
	Итого:	40	56	102	216

#### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекционного типа	Семинарского типа	СР	Всего, часов
1	2	3	4	5	6
	5 семестр	6	8	94	108
1.	Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии	2	-	20	24
2.	Трансформаторы	2	4	36	40
3.	Машины постоянного тока	2	4	38	44
	6 семестр	6	8	76	108
4.	Асинхронные машины	2	4	38	44
5.	Синхронные машины	4	4	38	46
	Экзамен	-	-	-	18
	Итого:	12	16	170	216

#### 4.3. Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема	Трудоемкость (час)	
			очная	заочная
1	2	3	4	5
		5 семестр (заочная 5 семестр)		
1.	2	Исследование параметров однофазного двухобмоточного трансформатора	2	2

2.	3	Исследование генератора постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения	2	4
3.	3	Исследование электродвигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения	2	2
	итого		6	8
6 семестр (заочная 6 семестр)				
4.	4	Исследование принципа действия и конструкции асинхронных двигателей	2	2
5.	4	Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2	2
6.	5	Изучение принципа действия и конструкции синхронных машин	-	2
7.	5	Исследование асинхронной машины в режиме синхронного генератора	2	2
	итого		6	8
Итого:			12	16

**4.4. Учебные занятия, развивающие у обучающихся навыки командной работы, межличностные коммуникации, принятие решений, лидерские качества**  
не предусмотрено ОПОП

**4.5. Учебные занятия в форме практической подготовки**  
не предусмотрено ОПОП

#### **4.6. Примерная тематика курсовых работ**

1. Расчет трансформаторов
2. Расчет асинхронных машин
3. Расчет синхронных машин
4. Расчет машины постоянного тока

### **5. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

#### **5.1. Типы самостоятельной работы и её контроль**

Тип самостоятельной работы	Форма обучения		Текущий контроль
	очная	заочная	
Проработка материала лекций, подготовка к занятиям	50	126	собеседование
Самостоятельное изучение тем	10		собеседование
Курсовой проект (работа)	18	20	защита
Контрольные работы	24	24	собеседование
всего часов:	102	170	

## 5.2. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы:

1. Методические рекомендации по дисциплине "Электрические машины и аппараты" для самостоятельной работы для студентов очной формы обучения и студентов ИДО по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» профиль 2 «Электрооборудование и электротехнология в АПК», Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2016. - 46 с.

2. Методическое пособие к выполнению тестовых заданий по дисциплине "Электрические машины и аппараты" для студентов очной формы обучения и студентов ИДО по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» профиль 2 «Электрооборудование и электротехнология в АПК», Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2016. - 66 с.

3. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Электрические машины и аппараты" для студентов очной формы обучения и студентов ИДО по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» профиль 2 «Электрооборудование и электротехнология в АПК», Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2016. - 36 с.

## 5.3. Темы, выносимые на самостоятельное изучение:

(согласно таблице пункта 5.1)

1. Введение в электромеханику. Исторические этапы и современное состояние электромашиностроения.
2. Определение понятия «электрическая машина» и «аппараты»
3. Основопологающие законы электромеханического преобразования энергии в индуктивных машинах.
4. Классификация машин постоянного тока.
5. Регулирование напряжения в трансформаторах.
6. Классификация асинхронных машин.
7. Способы регулирования частоты вращения ротора
8. Специальные типы синхронных машин.
9. Компенсация реактивной мощности синхронными машинами.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1 Перечень компетенций и оценочные средства индикатора достижения компетенций

Код компетенции	Индикатор достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Наименование оценочного средства
ПК-5	ИД-2ПК-5 Определяет неисправности и дефекты, проводит измерения параметров работы электрических машин и аппаратов	<b>Знать:</b> - эксплуатацию машин и технологического оборудования и электроустановок; - технические средства для определения параметров технологических процессов и качества продукции; <b>Уметь:</b>	Тест



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать и прогнозировать состояние материалов и причин отказов электрооборудования;</li> <li>- решать инженерные задачи с использованием основных законов</li> <li>-использовать типовые технологии технического обслуживания, ремонта и восстановления изношенных деталей машин и электрооборудования;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками расчета основных электрических параметров для выбора электрического и электротехнологического оборудования, методами и приемами использования инструментов и механизмов для выполнения электромонтажных работ как индивидуально, так и при работе в коллективе.</li> </ul>	
--	--	---	--

## 6.2. Шкалы оценивания

### Шкала оценивания тестирования на зачете

% выполнения задания	Результат
50 – 100	зачтено
менее 50	не зачтено

### Шкала оценивания тестирования на экзамене

% выполнения задания	Балл по 5-бальной системе
86 – 100	5
71 – 85	4
50 – 70	3
менее 50	2

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

Указаны в приложении 1.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература\_\_

1. Харламов, В. В. Расчет основных параметров силового трансформатора : учебно-методическое пособие / В. В. Харламов, Д. И. Попов. — Омск : ОмГУПС, 2020 — Часть 1 — 2020. — 44 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165719>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература

1. Антонов, Ю.Ф. Сверхпроводниковые топологические электрические машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю.Ф. Антонов, Я.Б. Данилевич. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2100>. — Загл. с экрана.

2. Кузнецов Н.Л. Сборник задач по надежности электрических машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов Н.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2008.— 408 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33098.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### **7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"** (базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, интернет ресурсы)

[www.agris.ru](http://www.agris.ru) (международная информационная система по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям).

[www.agro-prom.ru](http://www.agro-prom.ru) (информационный портал по сельскому хозяйству и аграрной науке).

[www.agronews.ru](http://www.agronews.ru) (Российский информационный портал о сельском хозяйстве).

## **8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

1. Михайлов П.М. Электрические машины и аппараты: /Методические указания и задание к курсовой работе /электронное издание/: - Тюмень: ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. 2013. – 33 с.

2. Михайлов П.М. Электрические машины и аппараты: /Учебно-методическое пособие для самостоятельного изучения дисциплины /электронное издание//: - Тюмень: ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. 2013. – 46 с.

3. Михайлов П.М. Электрические машины и аппараты: /Учебно-методическое пособие (лабораторный практикум) [электронное издание]: – Тюмень: ФГБОУ ВПО ГАУ Северного Зауралья. 2013. – 78 с.

## **9. Перечень информационных технологий**

Microsoft Windows 10 Professional

Microsoft Office Standard

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Мультимедийное оборудование Panasonic LB55, интерактивная доска Smart Board  
Приборы электромагнитной и магнитоэлектрических систем СЛФ-1, осциллограф электронный HDS, полупроводниковые приборы "Комплект электронщика 2", лабораторные стенды «Промэлектроника», электродвигатели (авторское исполнение), стенды с магнитными пускателями, стенд для измерения вращающего тормозного моментов электропривода (авторское исполнение).

Стенд: Типовой комплект учебного оборудования «Электрические аппараты» (1 шт.)

## **12. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы), использование версии сайта для слабовидящих ЭБС IPR BOOKS и специального мобильного приложения IPR BOOKS WV-Reader (программы не визуального доступа к информации, предназначенной для мобильных устройств, работающих на операционной системе Android и iOS, которая не требует специально обученного ассистента, т.к. люди с ОВЗ по зрению работают со своим устройством привычным способом, используя специальные штатные программы для незрячих людей, с которыми IPR BOOKS WV-Reader имеет полную совместимость);

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Институт Инженерно-технологический институт  
Кафедра энергообеспечения сельского хозяйства

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине «Электрические машины и аппараты»  
для направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»  
профиль «Электрооборудование и электротехнологии АПК»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Разработчик: доцент, к.т.н. А.С. Кизуров

Утверждено на заседании кафедры

протокол № 7 от «01» июля 2022г.

Заведующий кафедрой  А.С. Кизуров

Тюмень, 2022

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОЦЕНКИ  
знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы  
формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

**5 семестр**

**1 Вопросы для подготовки к зачету**

<i>Коды компетенции</i>	<i>Вопросы к зачету</i>
<p align="center"><b>ПК-5</b></p> <p align="center">Способен консультировать по вопросам технического обеспечения и эксплуатации электрооборудования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения о трансформаторах. Классификация трансформаторов. Мощность потерь.</li> <li>2. Идеализированный трансформатор. Магнитодвижущая сила и ЭДС.</li> <li>3. Внешние характеристики трансформатора.</li> <li>4. Трехфазные трансформаторы и их особенности.</li> <li>5. Группы соединений трансформаторов.</li> <li>6. Конструкции магнитопроводов и обмоток трансформаторов.</li> <li>7. Измерительные трансформаторы (трансформаторы тока и напряжения).</li> <li>8. Устройство машин постоянного тока. Способы возбуждения машин постоянного тока.</li> <li>9. Способы укладки обмоток якоря машины постоянного тока.</li> <li>10. Реакция якоря машин постоянного тока и способы ее ослабления.</li> <li>11. Генератор с независимым возбуждением и его регулировочная характеристика.</li> <li>12. Самовозбуждение генераторов постоянного тока.</li> <li>13. Генераторы постоянного тока с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением и их внешние характеристики.</li> <li>14. Параллельная работа генераторов постоянного тока с параллельным возбуждением.</li> <li>15. Режим двигателя машин постоянного тока. Реверсирование двигателя.</li> <li>16. Естественная и искусственная механическая характеристика двигателя с параллельным возбуждением. Регулирование частоты вращения.</li> <li>17. Двигатели постоянного тока со смешанным возбуждением и их механическая характеристика.</li> <li>18. Коллекторные машины переменного тока.</li> <li>19. Устройство трехфазной асинхронной машины. Особенности ротора.</li> <li>20. Режим работы трехфазной асинхронной машины. Скольжение и его значение.</li> <li>21. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.</li> <li>22. Однофазные и двухфазные асинхронные двигатели.</li> <li>23. Индукционный регулятор и фазорегулятор. Асинхронный тахогенератор.</li> <li>24. Общие сведения и устройство синхронной машины.</li> <li>25. Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии.</li> </ol>

### Процедура оценивания зачета

Зачет проходит в форме тестирования использованием электронной среды lms-test. В соответствии с расписанием (графиком промежуточной аттестации) открывается доступ к прохождению тестирования для всех студентов группы. Студенту предоставляется первая попытка длительностью в 40 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает первую попытку. Не менее чем через 10 после завершения первой попытки, студенту предоставляется вторая попытка длительностью в 40 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает вторую попытку. При оценке решения тестирования учитывается наилучший результат.

Оценка выставляется:

«зачтено», если обучающийся успешно выполнил контрольную работу. при этом наилучшая попытка решения тестирования характеризуется результатом не ниже 50%;

«не зачтено», если обучающийся не решил контрольную работу и результат наилучшей попытки решения тестирования характеризуется результатов менее 50%.

### Шкала оценивания тестирования на зачете

% выполнения задания	Результат
50 – 100	зачтено
менее 50	не зачтено

### 2 Проработка материала лекций и подготовка к занятиям (примерные инженерные задачи)

1. Определить сечение магнитопровода трансформатора с коэффициентом трансформации  $n=25$ , подключенного к сети переменного тока с напряжением  $U_1=10000$  В и с частотой  $f=50$  Гц, если магнитная индукция в магнитопроводе  $B=1$  Тл, а число витков вторичной обмотки  $w_2=300$ .

2. Трансформатор подключили к сети переменного тока с напряжением  $U=220$  В и частотой  $f=50$  Гц. Определить коэффициент трансформации, если сердечник имеет активное сечение  $S=7,6$  см<sup>2</sup>, наибольшая магнитная индукция  $B_m=0,95$  Тл, а число витков вторичной обмотки  $w_2=40$ .

3. Первичная обмотка трансформатора подключена к сети переменного тока напряжением  $U=220$  В. К трем вторичным обмоткам трансформатора  $w_1, w_2, w_3$  подключены резисторы с сопротивлением  $R_1= R_2= R_3=20$  Ом, в которых проходят токи  $I_1=0,25$  А,  $I_2=0,315$  А,  $I_3=0,6$  А. Определить коэффициенты трансформации для трех вторичных обмоток.

4. Сопротивление первичной обмотки трансформатора постоянному току  $R_1=2$  Ом, потери холостого хода  $P_x=75$  Вт. Определить активную мощность, если ток холостого хода  $I_x=0,5$  А. Оцените ошибку в определении потерь в стали, если вся мощность при холостом ходе расходуется в стали магнитопровода.

5. Однофазный трансформатор с номинальной мощностью  $1600$  кВ·А имеет число витков первичной и вторичной обмоток  $w_1=2193$  и  $w_2=232$ , активное сечение сердечника  $S=530$  см<sup>2</sup>. Вычислить магнитную индукцию в сердечнике трансформатора, активную и

реактивную составляющие напряжения короткого замыкания, ЭДС, наводимую во вторичной обмотке, если первичная обмотка включена в сеть переменного тока с напряжением 6300 В. Напряжение короткого замыкания составляет 5,5%, потери при коротком замыкании трансформатора  $P_k=18,0$  кВт, потери холостого хода  $P_x=3,3$  кВт.

6. При испытании однофазного трансформатора мощностью  $S=6,5$  кВ·А были проведены опыты холостого хода и короткого замыкания. При опыте холостого хода получили следующие данные:  $U_1=220$  В,  $I_x=3,0$  А,  $P_x=70$  Вт и  $U_2=13,75$  В, при опыте короткого замыкания –  $U_k=4,0$  В,  $I_{1k}=60$  А и  $P_k=215$  Вт. Найти коэффициент трансформации, потери в стали, коэффициент мощности холостого хода, активное, индуктивное и полное сопротивления короткого замыкания трансформатора, коэффициент мощности короткого замыкания, КПД при номинальной нагрузке и  $\cos \varphi_2 = 1$ .

7. Во вторичную цепь трехфазного трансформатора, номинальная мощность которого  $S_{ном}=75$  кВ·А, включена равномерно смешанная нагрузка с фазными сопротивлениями – активным  $R=2$  Ом и индуктивным  $X=1,5$  Ом, фазное напряжение вторичной обмотки  $U_{2ф}=400$  В. Можно ли подключить к трансформатору еще какую-либо нагрузку или трансформатор нагружен полностью указанными потребителями?

8. Определить ЭДС обмотки якоря машины постоянного тока, если магнитный поток  $\Phi=5 \cdot 10^{-2}$  Вб, число пар полюсов  $p=2$ , частота вращения  $n=1000$  об/мин, число пар параллельных ветвей  $a=2$ , число активных проводников якоря  $N=120$ .

9. Определить число активных проводников в якоре, если известно, что число пар параллельных ветвей равно числу пар полюсов, ЭДС обмотки якоря  $E=212$  В, магнитный поток  $\Phi=0,02$  Вб, частота вращения  $n=3000$  об/мин.

10. Определить напряжение на зажимах четырехполюсного генератора с параллельным возбуждением, если сопротивление обмотки якоря  $R_a=1$  Ом, обмотки возбуждения  $R_b=100$  Ом, отношение числа активных проводников к числу пар параллельных ветвей составляет 510, магнитный поток  $\Phi=1,85 \cdot 10^{-2}$  Вб, частота вращения  $n=1450$  об/мин.

11. Двигатель последовательного возбуждения включен в сеть с напряжением  $U=220$  В и вращается с частотой  $n=750$  об/мин; при этом ЭДС, индуцируемая в обмотке якоря,  $E=205$  В. Определить магнитный поток, падение напряжения в цепи якоря и ток двигателя, если сопротивление цепи якоря  $R_a=0,05$  Ом, число проводников обмотки якоря  $N=210$ , число пар полюсов  $p=2$ , число параллельных ветвей обмотки якоря  $a=2$ .

12. Двигатель с последовательным возбуждением при напряжении  $U=220$  В развивает на валу вращающий момент  $M=70$  Н·м при токе  $I_1=60$  А и частоте вращения  $n=1500$  об/мин. Тот же двигатель при том же напряжении развивает вращающий момент  $M=162$  Н·м при токе  $I_2=90$  А и частоте вращения  $n=1000$  об/мин. Определить отношение потребляемых мощностей, мощностей на валу, токов и КПД.

13. Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором вращается с частотой  $n_2=1440$  об/мин. Определить число пар полюсов и скольжение, если синхронная частота вращения магнитного поля  $n_1=1500$  об/мин.

17. В режиме холостого хода ток в первичной обмотке трансформатора с активным сопротивлением  $R=15$  Ом и индуктивностью  $L=0,16$  Гн равен 2,5 А. Найти действующее значение напряжения на первичной и вторичной обмотках и коэффициент мощности, если коэффициент трансформации равен 60.

18. Трехфазный трансформатор работает на осветительную сеть с нагрузкой 40 кВт. Вторичное напряжение при этой нагрузке  $U_2=220$  В, а первичное  $U_1=10000$  В. Определить

вторичный и первичный токи трансформатора, если обмотки в нем соединены по схеме Y/Y, а КПД и  $\cos \varphi$  равны 0,9.

19. Определить напряжение на вторичной обмотке трехфазного трансформатора при номинальных индуктивной и емкостной нагрузках и  $\cos \varphi_2=0,8$ , если номинальная мощность трансформатора  $S_{ном}=100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1 ном}=6 \text{ кВ}$ , вторичной  $U_{2 ном}=380 \text{ В}$ , потери при холостом ходе  $P_x=365 \text{ Вт}$ , при коротком замыкании  $P_k=1970 \text{ Вт}$ , напряжение короткого замыкания  $U_k=4,5\% U_{1 ном}$ .

### Примерная тематика контрольных работ

1. Электрические аппараты и их параметры;
2. Асинхронные машины и определение их параметров;
3. Синхронные машины и определение их параметров.
4. Машины постоянного тока и определение их параметров.

### Задания к контрольным работам

Контрольная работа выполняется студентами самостоятельно на бумажном носителе (тетрадь формата A5/A4 или альбомные листы белой бумаги формата A4).

Вариант задания студент определяет самостоятельно по последним двум цифрам зачетной книжки (студенческого билета) в соответствии с таблицей выбора задания.

Таблица 1 – таблица выбора вариантов контрольной работы.

		Последняя цифра шифра(единицы)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
предп оследн я цифра шифра (десят ки)	1	1;3.	2;4	5;7	37;4	6;2	30;21	12;14	24;34	33;13	18;19
	2	9;6	7;39	8;10	11;17	16;18	19;20	21;31	32;15	15;16	17;18
	3	22;23	27;45	32;33	34;18	44;20	48;32	26;24	22;36	16;22	35;13
	4	18;19	46;23	1;3.	17;16	32;31	32;34	35;31	15;30	18;27	17;31
	5	32;15	2;49	5;7	8;4	6;2	15;21	12;14	24;34	33;13	19;23
	6	19;20	7;50	8;10	24;25	16;18	25;12	21;31	34;12	33;23	17;18
	7	11;17	27;28	32;33	34;18	18;20	21;32	26;24	47;17	16;22	33;13
	8	30;21	22;23	1;3.	17;43	42;31	32;34	35;41	40;30	46;27	17;31
	9	12;13	2;4	5;7	8;4	6;2	15;21	12;14	24;34	33;13	19;23
	0	24;25	16;18	15;16	27;28	32;33	34;18	18;20	21;32	26;24	22;17

1. Классификация электрических машин и аппаратов.
2. Виды трансформаторов и их основные конструктивные элементы.
3. Принцип действия однофазных трансформаторов.
4. Уравнения идеализированного однофазного трансформатора.
5. Схема замещения и векторная диаграмма идеализированного однофазного трансформатора.
6. Схема замещения и векторная диаграмма реального однофазного трансформатора.



- 7.Режим холостого хода трансформатора.
- 8.Режим короткого замыкания трансформатора.
- 9.Внешние характеристики трансформатора.
- 10.Мощность потерь в трансформаторе и к.п.д.
- 11.Особенности трехфазных трансформаторов.
- 12.Группы соединений обмоток трансформаторов.
- 13.Параллельная работа трансформаторов.
- 14.Однофазные и трехфазные трансформаторы.
- 15.Многообмоточные трансформаторы.
- 16.Конструкции магнитопроводов и обмоток трансформаторов.
- 17.Нагревание и охлаждение трансформаторов.
- 18.Трансформаторы тока и напряжения и их использование.
- 19.Устройство машин постоянного тока и их классификация.
- 20.Анализ работы щеточного токосъема.
- 21.Обмотки барабанного якоря машин постоянного тока.
- 22.Электродвижущая сила и электромагнитный момент машин постоянного тока.
- 23.Реакция якоря в машинах постоянного тока.
- 24.Генератор с независимым возбуждением и его использование.
- 25.Самовозбуждение генераторов.
- 26.Генераторы с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением и их основные характеристики.
- 27.Параллельная работа генераторов с параллельным возбуждением.
- 28.Режим двигателя машин постоянного тока и мощность потерь.
- 29.Двигатель с параллельным возбуждением. Способы регулирования частоты вращения якоря.
- 30.Двигатель с последовательным возбуждением и его применение. Способы регулирования частоты вращения якоря.
- 31.Двигатель со смешанным возбуждением.
- 32.Коллекторные машины переменного тока и их применение.
- 33.Устройство трехфазной асинхронной машины.
- 34.Вращающееся магнитное поле асинхронной машины и его особенности.
- 35.Режимы работы трехфазной асинхронной машины.
- 36.Электродвижущая сила, индуцируемая в обмотке статора.
- 37.Уравнение электрического состояния фазы статора.
- 38.Электродвижущая сила и ток в обмотке ротора.
- 39.Частота вращения ротора.
- 40.Векторная диаграмма фазы асинхронного двигателя.
- 41.Схема замещения фазы асинхронного двигателя.
- 42.Энергетический баланс асинхронного двигателя, активная мощность и определение к.п.д.
- 43.Вращающий момент асинхронного двигателя.
- 44.Механическая характеристика асинхронного двигателя.
- 45.Пуск асинхронного двигателя и снижение пусковых токов.
- 46.Рабочие характеристики асинхронного двигателя.
- 47.Универсальная характеристика асинхронной машины.
- 48.Методы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.
- 49.Двухфазные и однофазные асинхронные двигатели.
- 50.Индукционный регулятор и фазорегулятор. Асинхронный тахогенератор.

### **Процедура оценивания контрольной работы**

При выполнении заданий контрольной работы студент должен придерживаться требований, предъявляемых к технической документации согласно ЕСКД. Текст

выполнения контрольной работы должен поясняться схемами, графиками, описаниями методик, представлениями формул с расшифровками величин и их единиц измерения.

При оценке качества выполнения контрольной работы следует обращать внимание на следующие пункты:

1. Текст контрольной работы выполнен аккуратно, без помарок и исправлений;
2. При оформлении задач контрольной работы отдельно выделены пункты: Дано; Найти; Решение; Ответ; Вывод;
3. При наличии, изображена исходная схема задания с соблюдением норм ЕСКД;
4. При решении заданий контрольной работы выбраны верные методики;
5. При выполнении расчетов указаны формулы с расшифровками величин и указанием их единиц измерения;
6. Расчеты выполнены в развернутом виде ( $P=UI=12 \text{ Вт}$  – неверно);
7. Проверка расчетов подтверждает верность выполненных расчетов;
8. Выводы не противоречат полученным результатам расчетов.

Проверка выполнения контрольной работы осуществляется по каждой задаче в отдельности. В случае невыполнения более 2 пунктов требований качества выполнения контрольной работы, задача считается решенной неверно.

Критерии оценивания:

- «положительная» - если все задания контрольной работы выполнены верно согласно требований оценки качества выполнения контрольной работы;

- «отрицательная» - если хотя бы одно задание контрольной работы выполнено верно согласно требований оценки качества выполнения контрольной работы.

### Шкала оценивания контрольной работы

Оценка	Описание
Положительная	все задания контрольной работы выполнены верно согласно требований оценки качества выполнения контрольной работы;
Отрицательная	хотя бы одно задание контрольной работы выполнено верно согласно требований оценки качества выполнения контрольной работы;

### 6 семестр

#### 3 Вопросы для подготовки к экзамену

Коды компетенции	Вопросы к экзамену
<b>ПК-5</b>  Способен консультировать по вопросам технического	1. Электродвижущая сила и электромагнитный момент машин постоянного тока. 2. Определение тока якоря, вращающегося момента и частоты вращения двигателя с параллельным возбуждением. 3. Потери мощности в машинах постоянного тока и определение коэффициента полезного действия. 4. Определение частоты и момента вращения двигателей с последовательным возбуждением. 5. Уравнение электрического состояния фазы статора асинхронной машины. 6. Векторная диаграмма фазы асинхронного двигателя. 7. Рабочие характеристики асинхронного двигателя. 8. Универсальная характеристика асинхронной машины. 9. Режимы работы синхронной машины.

<p>обеспечения и эксплуатации электрооборудования</p>	<p>10. Уравнение электрического состояния фазы синхронного генератора.  11. Схема замещения и упрощенная векторная диаграмма фазы синхронного генератора.  12. Электромагнитный момент и угловая характеристика синхронного генератора.  13. U – образная характеристика синхронного генератора.  14. Регулирование активной и реактивной мощности синхронного генератора.  15. Включение синхронного генератора на параллельную работу с системой.  16. U – образная характеристика синхронного двигателя.  17. Регулирование активной и реактивной мощностей синхронного двигателя.  18. Пуск синхронного двигателя.  19. Синхронные двигатели малой мощности.</p>
---	--

#### 4 Проработка материала лекций и подготовка к занятиям (примерные инженерные задачи)

1. Определить ЭДС, индуцируемые в фазах обмоток статора и ротора трехфазного асинхронного двигателя при неподвижном и вращающемся роторе, если известны следующие характеристики: скольжение  $s=0,06$ , основной магнитный поток  $\Phi_m=1,36 \cdot 10^{-2}$  Вб, число витков фазы обмотки статора  $w_1=72$ , ротора  $w_2=32$ , обмоточные коэффициенты обмотки статора и ротора считать равными единице, частота тока  $f=50$  Гц.
2. Трехфазный асинхронный двигатель имеет в фазах статора и ротора числа витков соответственно  $w_1=288$  и  $w_2=24$ . Определить ток в обмотке статора и подводимую к двигателю мощность, если известно, что номинальный ток в фазе ротора  $I_2=250$  А, ток холостого хода составляет 10% от номинального значения тока ротора, линейное напряжение  $U_{л}=660$  В, а  $\cos \varphi = 0,9$ .
3. Асинхронный трехфазный двигатель с короткозамкнутым ротором подключен к сети переменного тока с напряжением  $U=380$  В. Обмотки статора соединены по схеме «звезда». При номинальном вращающемся моменте  $M=653$  Н·м и  $\cos \varphi = 0,82$  ротор развивает частоту вращения  $n_2=585$  об/мин. Сумма потерь двигателя составляет 4,2 кВт. Определить КПД, номинальный линейный ток и частоту тока ротора.
4. Определить напряжение на нагрузке, имеющей сопротивление  $R=150$  Ом и подключенной к генератору с последовательным возбуждением, который вращается с частотой  $n=1450$  об/мин и имеет магнитный поток  $\Phi=0,02$  Вб, сопротивление обмотки якоря 0,25 Ом, обмотки возбуждения  $R=2$  Ом и постоянную машины  $c_E=4,2$ .
5. Двигатель параллельного возбуждения имеет следующие паспортные данные: напряжение  $U_{ном}=220$  В, номинальный ток  $I_{ном}=10$  А, ток возбуждения  $I_B=2$  А, сопротивление якоря  $R_я=1$  Ом. Чему равна ЭДС якоря?
6. Двигатель смешанного возбуждения работает от сети с напряжением  $U=220$  В, потребляет из сети мощность  $P=75$  кВт, ток в параллельной обмотке возбуждения  $I_B=4,5$  А и КПД  $\eta=89,5\%$ . Определить потребляемый ток двигателя, ЭДС, наводимую в обмотке якоря, мощность на валу двигателя, вращающий момент, если частота вращения  $n=1500$  об/мин, а сопротивление цепи якоря  $R_я=0,02$  Ом.
7. Восьмиполюсный трехфазный асинхронный двигатель, обмотки которого соединены по схеме «звезда», подключен к сети переменного тока с напряжением  $U=380$  В. При

- номинальной мощности на валу  $P_1=5500$  Вт, вращающем моменте  $M=72,5$  Н·м и  $\cos \varphi=0,72$  сумма потерь  $\Sigma P=970$  Вт. Определить потребляемый ток, КПД и скольжение.
8. Для асинхронного двигателя с фазным ротором рассчитать сопротивление пускового реостата, включаемого в цепь ротора для обеспечения максимального пускового момента, если активное сопротивление ротора  $R_2=0,02$  Ом, номинальное скольжение  $s_{ном}=0,04$ , критическое скольжение  $s_{кр}=0,22$ .
  9. Число пар полюсов синхронного генератора  $p=16$ . Определить частоту вращения магнитного поля статора, если частота генерируемого тока  $f=50$  Гц.
  10. Трехфазный синхронный двигатель, обмотки которого соединены в «звезду», имеет активное и синхронное индуктивное сопротивления на фазу, соответственно равные  $R=1$  Ом и  $X=10$  Ом. Вычислить мощность, подводимую к двигателю, и ЭДС при коэффициенте мощности  $\cos \varphi = 0,8$ , если напряжение на зажимах двигателя  $U=11000$  В, а ток двигателя  $I=60$  А.

### Процедура оценивания экзамена

Экзамен проходит в форме тестирования использованием электронной среды lms-test. В соответствии с расписанием (графиком промежуточной аттестации) открывается доступ к прохождению тестирования для всех студентов группы. Студенту предоставляется первая попытка длительностью в 40 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает первую попытку. Не менее чем через 10 после завершения первой попытки, студенту предоставляется вторая попытка длительностью в 40 минут на решение тестового задания, состоящего из 30 вопросов. После ответов на тестовые задания, студент завершает вторую попытку. При оценке решения тестирования учитывается наилучший результат.

### Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется студенту, если выставляется, при ответе на вопросы продемонстрировал глубокие знания по теоретическим основам электрических машин и аппаратов. Задача – правильно произведен расчет, применены соответствующие формулы и единицы измерения. Правильно выполнена электрическая схема с указанием заданных параметров, при этом наилучшая попытка решения тестирования характеризуется результатом менее 50%;

- оценка «хорошо» выставляется, если студент правильно ответил на вопросы и решил задачу. В электрических схемах допущены нарушения ГОСТа, при этом наилучшая попытка решения тестирования характеризуется результатом не ниже 71 – 84%;

- оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент ответил на вопросы, а задачу решил с ошибками, при этом наилучшая попытка решения тестирования характеризуется результатом не ниже 50 – 70%;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент не смог ответить на вопросы и неправильно решил задачу, при этом наилучшая попытка решения тестирования характеризуется результатом не ниже 50 – 70%;

### Шкала оценивания тестирования на экзамене

% выполнения задания	Балл по 5-бальной системе
86 – 100	5
71 – 84	4

50 – 70	3
менее 50	2

### Примерная тематика курсовых работ

1. Расчет параметров электрических аппаратов;
2. Расчет параметров асинхронные машин;
3. Расчет параметров синхронные машин;
4. Расчет параметров машины постоянного тока.

### Задания к курсовым работам

В каждой задаче предусмотрено 50 вариантов. Свой вариант студент определяет по последним двум цифрам номера зачетной книжки или студенческого билета, если цифра превышает число 50, то номер задания определяется путем вычитания из последних двух цифр зачетной книжки цифры 50. Исходные данные по вариантам приведены в таблицах вместе с условиями задач.

#### 1. Задание для выполнения раздела по трансформаторам и указания по его выполнению

Трехфазный двухобмоточный трехстержневой трансформатор включен в сеть с напряжением  $U_H$  при схеме соединения обмоток  $Y/Y_H$ . Величины, характеризующие номинальный режим работы трансформатора, приведены в таблице 1: полная мощность  $S_H$ , первичное линейное напряжение  $U_{1H}$ ; вторичное линейное напряжение  $U_{2H}$ ; напряжение короткого замыкания  $U_K$ ; мощность потерь короткого замыкания (при номинальном токе)  $p_{KH}$ . Кроме того, заданы значения тока холостого хода  $I_0$  (в % от  $I_{1H}$ ), мощность потерь холостого хода  $p_0$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_2$  и характер нагрузки.

Таблица 1 - Данные к задаче 1

Варианты	$S_H$ , кВ А	$U_{1H}$ , кВ	$U_{2H}$ , кВ	$U_K$ , %	$I_0$ , %	$p_0$ , %	$p_{KH}$ , Вт	$\cos \varphi_2$	Характер нагрузки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	10	0,4	4,5	3,2	125	690	0,9	Активно-индуктивная
2	40	10	0,4	4,7	3,0	180	1000	0,95	Активно-индуктивная
3	63	10	0,4	4,7	2,8	265	1280	0,85	Активно-индуктивная
4	63	20	0,4	5,3	2,8	290	1280	0,80	Активно-индуктивная
5	100	10	0,4	4,7	2,6	365	2270	0,70	Активно-индуктивная
6	100	35	0,4	6,5	2,6	465	2270	0,75	Активно-емкостная
7	160	10	0,4	6,5	2,4	540	3100	0,95	Активно-индуктивная
8	160	35	0,4	6,8	2,4	660	3100	1,0	активная

9	250	10	0,4	6,5	2,3	780	4200	0,9	Активно-индуктивная
10	250	35	0,4	6,8	2,3	960	4200	0,88	Активно-индуктивная
11	400	to	0,4	4,5	2,1	1080	5500	0,8	Активно-индуктивная
12	400	35	0,4	6,5	2,1	1350	5500	1,0	активная
13	630	10	0,4	5,5	2,0	1680	7600	0,95	Активно-емкостная
14	630	35	0,4	6,5	2,0	2000	8500	0,9	Активно-емкостная
15	63	20	0,4	5,0	4,4	390	1280	0,85	Активно-индуктивная
16	160	20	0,4	6,6	4,0	730	2530	0,80	Активно-индуктивная
17	250	20	0,4	6,6	3,7	1050	3580	1,0	активная
18	400	20	0,4	6,2	3,3	1530	5180	1,0	активная
19	630	20	0,4	6,4	3,2	2100	7340	0,88	Активно-индуктивная
20	1000	10	0,4	5,5	1,4	2450	12200	0,82	Активно-индуктивная
21	1000	35	0,4	6,5	1,5	2750	12200	0,89	Активно-емкостная
22	1600	10	0,4	5,5	1,3	3300	18000	0,91	Активно-индуктивная
23	1600	35	0,4	6,5	1,4	3650	18000	0,81	Активно-емкостная
24	2500	10	0,4	6,5	1,0	4600	23500	0,78	Активно-индуктивная
25	2500	36	0,4	6,5	1,1	5100	23600	0,83	Активно-емкостная
26	25	10	0,4	4,0	3,0	120	680	0,80	Активно-индуктивная
27	40	10	0,4	4,5	3,0	170	970	0,90	Активно-емкостная
28	63	10	0,4	4,5	2,8	250	1150	0,80	Активно-индуктивная
29	63	20	0,4	5,0	2,8	270	1150	0,85	Активно-емкостная
30	100	10	0,4	4,5	2,5	350	2200	0,75	Активно-индуктивная
31	100	35	0,4	6,5	2,5	450	2200	0,85	Активно-индуктивная
32	160	10	0,4	6,5	2,3	530	2900	0,80	Активно-емкостная
33	160	35	0,4	6,6	2,3	650	3000	1,0	активная
34	250	10	0,4	6,5	2,3	750	3900	0,85	Активно-индуктивная
35	250	35	0,4	6,6	2,3	950	3900	0,85	Активно-индуктивная
36	400	10	0,4	4,5	2,3	1050	6400	0,80	Активно-емкостная
37	400	10	0,4	6,5	2,1	1300	5400	0,90	Активно-индуктивная
38	630	10	0,4	5,5	2,0	1600	7500	0,90	Активно-емкостная
39	630	35	0,4	6,5	2,0	1900	8400	0,85	Активно-индуктивная
40	63	20	0,4	5,0	4,3	380	1250	0,80	Активно-индуктивная

41	160	20	0,4	6,5	4,0	720	2500	0,85	Активно-емкостная
42	250	20	0,4	6,5	3,6	950	3400	1,0	активная
43	400	20	0,4	6,1	3,4	1500	5000	0,82	Активно-индуктивная
44	630	20	0,4	6,3	3,1	2100	7300	0,75	Активно-индуктивная
45	1000	10	0,4	5,2	1,5	2450	12200	0,80	Активно-емкостная
46	1000	35	0,4	6,4	1,5	2700	12200	0,85	Активно-индуктивная
47	1600	10	0,4	5,5	1,3	3300	1900	0,85	Активно-индуктивная
48	1600	35	0,4	6,5	1,4	3650	18000	0,80	Активно-емкостная
49	2500	10	0,4	5,5	1,0	4600	23500	0,85	Активно-индуктивная
50	2500	35	0,4	6,5	1,1	5100	23500	0,80	Активно-емкостная

### Содержание задания

1 Начертить электромагнитную схему трехфазного трансформатора и определить номинальные токи в обмотках трансформатора  $I_{1\phi}$  и  $I_{2\phi}$ , фазное напряжение обмоток  $U_{1\phi}$  и  $U_{2\phi}$ , коэффициент трансформации фазных напряжений  $k$  и ток холостого хода  $I_0$  в амперах.

2 Определить параметры схемы замещения трансформатора  $R_1, X_1, R'_2, X'_2, R_0, X_0$ .

3 Построить зависимость КПД трансформатора от нагрузки  $\eta = f(\beta)$  при  $\cos \varphi_2 = \text{const}$  и определить оптимальную загрузку его по току  $\beta_{\text{опт}}$ .

4 Построить зависимость изменения вторичного напряжения от изменения нагрузки  $\Delta U = f(\beta)$  и внешнюю характеристику трансформатора  $U_2 = f(\beta)$  при  $U_1 = \text{const}$  и  $\cos \varphi_2 = \text{const}$ .

**Примечание.** При решении задачи все характерные величины трехфазного трансформатора определяют для одной фазы.

## 2. Задание для выполнения раздела по асинхронным машинам серии RA

Трехфазный асинхронный двигатель включен в сеть с напряжением  $U_H = 380\text{В}$  при схеме соединения обмоток статора в звезду. Величины, характеризующие номинальный режим работы двигателя, приведены в таблице 2. полезная мощность на валу  $P_H$ ; потребляемый ток  $I_H$ ; частота вращения ротора  $n_H$ ; коэффициент мощности  $\cos \varphi_H$ , КПД. Кроме того, заданы величины тока холостого хода  $I_0$ , сопротивление обмотки статора  $R_{1x}$  при температуре  $20^\circ\text{C}$ , мощность потерь холостого хода  $p_0$ , мощность потерь короткого замыкания  $p_{кз}$  при токе обмотки статора  $I_H$  и напряжении короткого замыкания  $U_K$ .

Таблица 2 - Данные к задаче 2

Варианты	$P_H$ , кВт	$I_H$ , А	$n_H$ , об/мин	$\eta$ , %	$\cos \varphi_H$	$R_{1x}$ , Ом	$I_0$ , А	$p_0$ , Вт	$p_{кз}$ , Вт	$U_K$ , В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,0	7	1420	81	0,81	1,83	2,5	200	440	60
2	4,0	9	1430	85,5	0,84	0,8	3,3	250	550	58

3	5,5	11	1450	85	0,85	0,59	4,6	350	760	59
4	7,5	15	1455	83	0,83	0,39	6,1	460	871	53
5	11	22	1460	88,5	0,86	0,27	8,0	530	1250	60
6	15	29	1460	90	0,87	0,17	10,5	560	1670	64
7	18,5	35	1460	90,5	0,89	0,15	12,4	720	1680	54
8	22	42	1460	91	0,88	0,10	16	930	2010	51
9	30	59	1475	91	0,86	0,071	21	1400	3500	55

Продолжение таблицы 2

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
10	55	108,5	1440	91,5	0,84	0,038	36,5	1620	4100	46
11	75	149	1450	90	0,85	0,032	47,5	2100	7200	61
12	2,2	5	960	78	0,74	1,68	2,7	145	550	86
13	3	7	960	79	0,79	1,3	3,6	167	620	75
14	4	9	960	80	0,80	1,23	4,5	246	730	71
15	5,5	12	950	82	0,82	0,73	5,6	340	910	69
16	7,5	16	970	87	0,8	0,49	5,8	445	1320	81
17	11	23	970	88,5	0,82	0,34	7,1	510	1570	78
18	15	31	970	89	0,82	0,30	9,0	580	1750	69
19	17	34,7	970	88	0,84	0,2	11	620	2000	65
20	22	45	970	87	0,84	0,12	17	930	2040	52
21	30	59,5	970	91	0,84	0,09	18,7	1100	2210	44
22	40	78,5	975	91	0,85	0,06	23,	1300	3100	49
23	55	108	960	89	0,87	0,058	27	1670	6000	71
24	75	114	960	91	0,84	0,034	38,6	2240	6400	60
25	30	198	1450	91	0,85	0,021	63	3100	8650	61
26	3,0	6,7	1435	81	0,83	1,30	2,7	180	450	70
27	4,0	8,8	1430	83	0,82	0,81	3,5	270	540	68
28	2,2	5,7	950	84	0,83	1,66	2,6	140	410	70
29	3,0	7,6	940	81	0,79	1,19	3,4	230	435	66
30	5,5	11,5	1450	82	0,81	0,58	4,3	310	680	65
31	7,5	15,1	1450	83	0,82	0,38	5,6	360	780	67



32	4,0	9,8	955	84	0,81	1,14	4,4	250	680	69
33	5,5	12,3	965	81	0,80	0,72	6,2	320	830	72
34	3,0	7,8	710	79	0,79	1,42	3,2	190	550	70
35	4,0	10,6	710	82	0,83	1,03	5,3	330	680	68
36	11,0	22,0	460	85	0,84	0,28	8,8	570	1200	65
37	15,0	29,3	465	86	0,85	0,21	11,5	720	1800	66
38	7,5	6,5	970	82	0,84	0,48	6,1	390	980	67
39	11,0	22,6	975	83	0,83	0,32	8,4	550	1350	64
40	5,5	13,6	720	81	0,81	0,62	7,1	430	820	70
41	7,5	17,7	730	82	0,83	0,39	8,5	500	1060	72
42	18,5	35,7	1465	86	0,85	0,22	14,0	930	2200	65
43	22,5	41,3	1470	87	0,86	0,17	18,0	1340	2600	66
44	15,0	30,0	975	86	0,85	0,24	11,0	650	2050	68
45	18,5	36,8	875	87	0,85	0,19	13,8	750	2350	66
46	11,0	25,6	730	84	0,83	0,27	13,0	800	1600	67
47	15,0	32,0	730	85	0,84	0,24	16,5	920	2250	70
48	37,0	68,8	1475	88	0,87	0,13	20,0	1200	4520	69
49	5,5	100	1480	89	0,88	0,10	35,0	1900	6050	63
50	30,0	56,0	980	87	0,85	0,13	17,5	1260	3630	67

#### *Содержание задания*

- 1 Начертить электромагнитную схему асинхронного двигателя.
- 2 Построить рабочие характеристики  $n$ ,  $M$ ,  $I$ ,  $P_1$ ,  $\eta$ ,  $\cos \varphi = f(P_2)$  и механическую характеристику асинхронного двигателя  $n = f(M)$ .

### **3. Задание для выполнения раздела по синхронным машинам**

Трёхфазный синхронный генератор включен в сеть и нагружен симметричной нагрузкой. Значения величин в относительных единицах (о. е.), характеризующих номинальный режим работы генератора, составляют напряжение на выводах обмотки статора  $U_H = 1$  о.е. и коэффициент мощности нагрузки  $\cos \varphi_H$  (см. таблицу 4). Кроме того, в таблице заданы значения других величин в относительных единицах: активного  $R_a$  и индуктивного  $X_\sigma$  сопротивлений обмотки статора магнитодвижущей силы (МДС)

продольной реакции якоря  $F_0$  при номинальном токе статора и заданном значении  $\cos \varphi_n$  нагрузки. По условию также задана нормальная характеристика холостого хода генератора (таблица 3).

Таблица 3 - Нормальная характеристика холостого хода синхронного генератора

$I_b$ о.е.	0	0,5	1,0	1,5	2,0
$E$ , о.е.	0	0,53	1,00	1,23	1,30

*Содержание задания*

1 Начертить эскиз магнитной системы и построить векторную диаграмму Потье для режима номинальной нагрузки генератора. Определить по диаграмме Потье повышение напряжения при полном сбросе нагрузки генератора.

2 Построить с помощью векторной диаграммы Потье внешнюю  $U=f(I)$  и регулировочную  $I_b = f(I)$  характеристики синхронного генератора при заданном значении  $\cos \varphi_n$ .

Таблица 4 – Данные для построения нормальной характеристики холостого хода генератора

№ варианта параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$R_a$ о.е.	0,03	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,06
$X_G$ о.е.	0,11	0,14	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,13	0,12	0,14	0,11	0,09	0,10	0,13
$F_a$ о.е.	0,72	0,83	0,68	0,70	0,85	0,75	0,82	0,73	0,83	0,74	0,84	0,75	0,85	0,76
$\cos \varphi_n$	0,82	0,9	0,85	0,8	0,74	0,8	0,82	0,84	0,9	0,7	0,88	0,84	0,75	0,87
№ варианта параметры	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$R_a$ о.е.	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,04
$X_G$ о.е.	0,11	0,14	0,12	0,11	0,13	0,10	0,09	0,12	0,10	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12

$F_a$ о.е.	0,86	0,77	0,87	0,78	0,88	0,68	0,90	0,69	0,91	0,70	0,90	0,72	0,75	0,78
$\cos \varphi_H$	0,88	0,9	0,75	0,85	0,79	0,82	0,80	0,79	0,86	0,81	0,91	0,8	0,9	0,7

Продолжение таблицы 4

№ варианта параметры	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
$R_a$ о.е.	0,05	0,02	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,05	0,02
$X_G$ о.е.	0,13	0,14	0,15	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
$F_a$ о.е.	0,81	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80	0,67	0,67	0,73	0,76	0,79	0,82	0,69
$\cos \varphi_H$	0,88	0,9	0,77	0,88	0,75	0,88	0,85	0,9	0,85	0,75	0,70	0,9	0,88	0,7
№ варианта параметры	43	44	45	46	47	48	49	50						
$R_a$ о.е.	0,03	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04						
$X_G$ о.е.	0,15	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,10	0,11						
$F_a$ о.е.	0,72	0,75	0,78	0,70	0,72	0,75	0,78	0,81						
$\cos \varphi_H$	0,88	0,75	0,88	0,9	0,88	0,9	0,85	0,88						

#### 4.Задание для выполнения раздела по машинам постоянного тока

Электродвигатель постоянного тока с параллельным (независимым) возбуждением включен в сеть с напряжением  $U_n$ . Величины, характеризующие номинальный режим работы двигателя, приведены в таблице 7: полезная мощность на валу  $P_n$ ; потребляемый ток  $I_n$ , частота вращения якоря  $n_n$ . Кроме того, заданы величины сопротивления цепи якоря  $R_я$  и цепи возбуждения  $R_в$ ; величина постоянных потерь мощности  $p_0$  и кратность пускового тока двигателя  $K_п = I_п / I_n$ .

Таблица 5 - Данные к задаче 4 раздела для машин постоянного тока на базе серии 4П

Варианты	$P_n$ , кВт	$U_n$ , В	$I_n$ , А	$n_n$ , об/м и	$R_я$ , Ом	$R_в$ , Ом	$P_0$ , Вт	$K_п$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,5	220	9,0	3000	1,99	600	95	1,55
2	2,2	220	12,5	3000	1,03	712	135	1,4
3	3,2	220	17,5	3000	0,64	295	190	1,35
4	4,5	220	24,3	3000	0,35	280	310	1,45
5	6,0	220	33,0	3000	0,30	270	370	1,70
6	1,5	220	8,7	1500	2,45	470	86	1,6
7	2,2	220	12,0	1500	1,21	358	127	1,5
8	3,1	220	18,4	1500	1,03	298	181	1,65
9	4,5	220	25,4	1500	0,78	228	270	1,75
10	6,0	220	33,5	1500	0,47	132	360	1,55
11	4,5	220	25,2	1000	0,63	184	261	1,45
12	6,0	220	32,6	1000	0,49	158	348	1,4
13	8,0	220	43,0	1000	0,33	136	463	1,3
14	10,0	220	63,0	1000	0,33	85	630	1,2

15	12,5	229	78,0	1000	0,24	108	720	1,45
16	10,0	220	58,0	750	0,36	92,5	580	1,75
17	14,0	220	79,0	750	0,24	92	790	1,8
18	17,0	220	93,0	750	0,16	73,3	980	1,6
19	25	220	136	750	0,10	44	600	1,35
20	32	220	169	750	0,08	31,8	850	1,5
21	19	220	106	600	0,20	44	100	1,65
22	25	220	136	600	0,11	48,4	450	1,7

Продолжение таблицы 5

23	42	220	223	600	0,07	32,5	2430	1,35
24	55	220	287	600	0,04	28	3190	1,2
25	70	220	361	600	0,03	24	4060	1,4
26	1,5	220	9,0	3000	1,86	570	90	1,35
27	2,2	220	12,5	3000	1,00	690	125	1,30
28	3,2	220	17,5	3000	0,60	280	180	1,15
29	4,5	220	24,3	3000	0,32	270	290	1,30
30	6,0	220	33	3000	0,29	260	350	1,55
31	1,5	220	8,7	1500	2,35	460	83	1,20
32	2,2	220	12,0	1500	1,18	348	117	1,35
33	3,2	220	18,4	1500	1,01	286	171	1,40
34	4,5	220	25,4	1500	0,76	220	260	1,55

35	6,0	220	33,2	1590	0,45	127	350	1,50
36	4,5	220	25,2	1000	0,61	181	253	1,40
37	6,0	220	32,6	1000	0,48	152	453	1,25
38	10,0	220	63	1000	0,29	84	590	1,35
39	12,5	220	78	1000	0,23	103	690	1,30
40	10,0	220	58	750	0,34	89	562	1,55
41	14,0	220	79	750	0,23	88	770	1,50
42	17,0	220	93	750	0,17	72	965	1,30
43	25,0	220	136	750	0,11	45	1560	1,25
44	32,0	220	169	750	0,09	33	1880	1,35
45	19,0	220	106	600	0,21	42	1080	1,50
46	25	220	136	600	0,12	51	1480	1,45
47	42	220	223	600	0,03	31	2410	1,25
48	55	220	287	600	0,04	26	3070	1,20
49	70	220	361	600	0,03	23	3980	1,25
50	14	220	79	750	0,21	89	762	1,35

*Содержание задания*

1. Вычертить электромагнитную схему и электрическую схему включения двигателя, определить пределы измерения электрических величин, выбрать контрольно-измерительные приборы и оценить величину сопротивления пускового реостата.

2. Определить для номинального режима работы двигателя ток якоря  $I_{\text{ЯН}}$  и ток возбуждения  $I_{\text{ВН}}$ ; противо - ЭДС обмотки якоря  $E_{\text{н}}$ , электромагнитную мощность  $P_{\text{эм}}$  и

вращающий момент  $M_n$ ; а также частоту вращения якоря  $n_0$  в режиме идеального холостого хода.

3. Построить механические характеристики двигателя  $n = f(M)$ .

**Примечания:**

1. Влиянием реакции якоря пренебречь.
1. Сопротивления обмоток якоря и возбуждения, указанные в задании при температуре  $\Theta_x = 20^\circ\text{C}$ , привести к расчетной температуре  $\Theta_p = 75^\circ\text{C}$  по формуле до второго знака после запятой

$$R_{[75]} = \frac{310}{235 + \Theta_x} R_{[\Theta_x]} \quad (1)$$

Во всех случаях пользоваться приведенными значениями сопротивлений.

**Примерные вопросы к защите курсовой работы**

*Расчет трансформатора (первая задача)*

1. Электромагнитная схема трехфазного трансформатора.
2. Коэффициент трансформации.
3. Параметры схемы замещения трансформатора.
4. Зависимость КПД трансформатора от нагрузки  $\eta = f(\beta)$ .
5. Т-образная схема замещения трансформатора.
6. Построение зависимости  $\eta = f(\beta)$ .
7. График  $\Delta U_1 = f(\beta)$ .

*АД (вторая задача)*

1. Задание для выполнения раздела асинхронным машинам.
2. Начертить электромагнитную схему асинхронного двигателя.
3. Рабочие характеристики  $n$ ,  $M$ ,  $I$ ,  $P_1$ ,  $\eta$ ,  $\cos \varphi = f(P_2)$ .
4. Механическая характеристика асинхронного двигателя  $n = f(M)$ .
5. Построение рабочих характеристик и механической характеристики с помощью круговой диаграммы.
6. Круговая диаграмма.
7. Скольжение ( $s$ ) на круговой диаграмме.
8. определения коэффициента мощности  $\cos \varphi$  асинхронного двигателя по круговой диаграмме.
9. Начальный пусковой ток и момент двигателя определить по круговой диаграмме.
10. Механическая характеристика асинхронного двигателя  $n = f(M)$  с помощью круговой диаграммы.

*СГ (третья задача)*

1. Построение векторной диаграммы Потье для режима номинальной нагрузки генератора.
2. Векторная диаграмма электромагнитодвижущих сил синхронного генератора (диаграмма Потье).
3. Порядок построения диаграммы Потье строят в относительных единицах для одной фазы генератора.
4. Внешняя характеристика синхронного генератора  $U = f(I)$ .
5. Регулировочная характеристика генератора.

### *ДПТ (четвертая задача)*

1. Электродвигатель постоянного тока с параллельным (независимым) возбуждением.
2. Электромагнитная схема и электрическая схема включения двигателя.
3. Механические характеристики двигателя с параллельным возбуждением при различных сопротивлениях в цепи якоря.

#### **Процедура оценивания курсовой работы**

При написании курсовой работы студент должен полностью раскрыть тему, соблюсти логику изложения материала, показать умение делать обобщения электротехнических расчетов и выводы. Курсовая работа должна состоять из введения, основной части, заключения, списка использованных источников и графической части. Во введении автор кратко обосновывает актуальность дисциплины и историю ее развития, структуру работы и даёт обзор использованных источников. В основной части выполняются электротехнические расчеты, согласно заданию; основная часть может состоять из двух или более глав (разделов); в конце каждого раздела делаются краткие выводы. В заключении подводятся итог выполненной работы, и делаются общие выводы. В списке использованных источников указываются все публикации, которыми пользовался автор. В графической части представляются векторные диаграммы токов и напряжений к соответствующим разделам курсовой работы.

При оценке уровня выполнения курсовой работы в соответствии с поставленной целью для данного вида учебной деятельности, могут контролироваться следующие моменты:

- умение работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой;
- умение собирать и систематизировать практический материал;
- умение самостоятельно осмысливать проблему на основе существующих методик;
- умение логично и грамотно излагать теоретические предпосылки, применительно к конкретной задаче;
- умение соблюдать структура расчетной деятельности;
- умение пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- умение пользоваться основными прикладными программами.

Оценка оформления пояснительной записки:

1. Содержание работы
2. Порядок проведения расчетов по теме задания;
3. Порядок оформления использованных источников информации ;
4. Объем и оформление работы;
5. Полнота и правильность выводов по выполненной работе;
6. Соответствие графического материала требованиям ЕСКД.

Оценка качества доклада :

- соответствие содержания доклада содержанию работы;
- выделение основной мысли работы;
- качество изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы

По каждому пункту выставляется оценка: оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы. По результатам оценок пунктов курсовой работы определяется среднее арифметическое значение.

Критерии выставления оценок:

– оценка «отлично» выставляется, если среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) больше или равно 4,5;



– оценка «хорошо» выставляется, если среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) больше или равно 3,5, но меньше 4,5;

– оценка «удовлетворительно» выставляется, если среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) больше или равно 2,5, но меньше 3,5;

– оценка «неудовлетворительно» выставляется, если среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) меньше 2,5.

### Шкала оценивания курсовой работы

Оценка	Описание
Отлично	среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) больше или равно 4,5
Хорошо	среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) больше или равно 3,5, но меньше 4,5
Удовлетворительно	среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) больше или равно 2,5, но меньше 3,5
Неудовлетворительно	среднее арифметическое значение оценок по трем параметрам (оформление, полнота решения курсовой работы, защита курсовой работы и ответы на поступившие вопросы) меньше 2,5