

	<b>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования</b> «Башкирский государственный аграрный университет»	Приложение к ОПОП СПО
		ФОС

**Фонд оценочных средств**  
**по междисциплинарному курсу**  
**МДК.01.01 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И АППАРАТЫ**

программа подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)

Специальность  
**13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и  
электромеханического оборудования (по отраслям)**

Профиль получаемого образования  
**Технический**

Квалификация (степень) выпускника  
**Техник**

Уфа 2023

Составитель:  преподаватель Акчурин С.В.

Фонд оценочных средств учебной дисциплины МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты» разработан на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (далее – ФГОС СПО) по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), утвержденного Приказом Минобрнауки России от 7 декабря 2017 г. № 1196.

Фонд оценочных средств учебной дисциплины МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты» обсужден и одобрен на заседании кафедры электрических машин и электрооборудования «23» марта 2023 г. (протокол № 8).

И.о. заведующего кафедрой  
электрических машин и электрооборудования  
канд.техн. наук, доцент

 Акчурин С.В.

Рассмотрена и одобрена на заседании методической комиссии энергетического факультета «23» марта 2023 г. (протокол № 8).

Председатель методической комиссии  
энергетического факультета,  
канд.техн. наук, доцент

 Ахметшин А.Т.

Согласовано:  
Руководитель ОПОП СПО  
канд. техн. наук, доцент

 Я.Д. Осипов



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт фонда оценочных средств	4
2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке	8
3. Оценка освоения учебной дисциплины	9
4. Контрольно-оценочные материалы для аттестации и проверки остаточных знаний	12

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств предназначен для проверки результатов освоения учебной дисциплины МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты» (далее УД) программы подготовки специалистов среднего звена (далее ППССЗ) по специальности ФГОС СПО 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)», относящейся к общепрофессиональному циклу дисциплин ОПЦ ОПОП СПО.

Фонд оценочных средств разработан на основе требований:

- ФГОС СПО 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), утвержденного Приказом Минобрнауки России от 7 декабря 2017 г. № 1196;
- Положения «Положение о порядке проведения промежуточной аттестации обучающихся», «Положение о фонде оценочных средств по дисциплине»;
- Рабочей программы по дисциплине МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты», утвержденная ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

В результате освоения учебной дисциплины МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты» обучающийся должен обладать предусмотренными в ФГОС по специальности СПО 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)», следующими умениями и знаниями, которые формируют общие (ОК) и профессиональные (ПК) компетенции:

Код ПК, ОК	Умения	Знания
<b>ОК 01.</b> Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам	<ul style="list-style-type: none"><li>– распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;</li><li>– анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;</li><li>– определять этапы решения задачи;</li><li>– выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;</li><li>– составить план действия; определить необходимые ресурсы;</li><li>– владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;</li><li>– реализовать составленный план;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить;</li><li>– основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте;</li><li>– алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях;</li><li>– методы работы в профессиональной и смежных сферах;</li><li>– структуру плана для решения задач;</li><li>– порядок оценки результа-</li></ul>

	– оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника).	тов решения задач профессиональной деятельности.
<b>ОК 02.</b> Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определять задачи для поиска информации;</li> <li>– определять необходимые источники информации;</li> <li>– планировать процесс поиска;</li> <li>– структурировать получаемую информацию;</li> <li>– выделять наиболее значимое в перечне информации;</li> <li>– оценивать практическую значимость результатов поиска;</li> <li>– оформлять результаты поиска.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– номенклатура информационных источников применяемых в профессиональной деятельности;</li> <li>– приемы структурирования информации;</li> <li>– формат оформления результатов поиска информации.</li> </ul>
<b>ОК 03.</b> Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;</li> <li>– применять современную научную профессиональную терминологию;</li> <li>– определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– содержание актуальной нормативно-правовой документации;</li> <li>– современная научная и профессиональная терминология;</li> <li>– возможные траектории профессионального развития и самообразования.</li> </ul>
<b>ОК 04.</b> Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организовывать работу коллектива и команды;</li> <li>– взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– психологические основы деятельности коллектива, психологические особенности личности;</li> <li>– основы проектной деятельности.</li> </ul>
<b>ОК 05.</b> Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.	– грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– особенности социального и культурного контекста;</li> <li>– правила оформления документов и построения устных сообщений.</li> </ul>
<b>ОК 07.</b> Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбереже-	<ul style="list-style-type: none"> <li>– соблюдать нормы экологической безопасности;</li> <li>– определять направления ресурсосбережения в рамках професси-</li> </ul>	– правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности; основные ресурсы, за-

нию, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	ональной деятельности по специальности.	действованные в профессиональной деятельности; – пути обеспечения ресурсосбережения.
<b>ОК 09.</b> Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности	– применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач; – использовать современное программное обеспечение.	– современные средства и устройства информатизации; – программное обеспечение порядок их применения и в профессиональной деятельности.
<b>ОК 10.</b> Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках	– понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы; – участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы; – строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности; – кратко обосновывать и объяснить свои действия (текущие и планируемые); – писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы.	– правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы; – основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика); – лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности; – особенности произношения; – правила чтения текстов профессиональной направленности.
<b>ПК 1.1.</b> Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования	– организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; – использовать материалы и оборудование для осуществления наладки, регулировки и проверки электрического и электромеханического оборудования; – использовать основные виды монтажного и измерительного инструмента.	– технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин; – классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли; – элементы систем автоматизации, их классификацию, основные характеристики и принципы построения систем автоматического управления электрическим и электромеханическим оборудованием; – классификацию и назначение электроприводов, физические процессы в электроприводах; – выбор электродвигателей и схем управления.

Перечень требуемого компонентного состава компетенции:

**уметь:**

У1 - составить план действия; определить необходимые ресурсы;

У2 - оценивать практическую значимость результатов поиска;

У3 - применять современную научную профессиональную терминологию;

У4 - взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности;

У5 - грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе;

У6 - соблюдать нормы экологической безопасности; определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности.

У7 - применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;

У8 - понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы;

У9 - организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования;

У10 - использовать материалы и оборудование для осуществления наладки, регулировки и проверки электрического и электромеханического оборудования.

**знать:**

З1 - алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях;

З2 - современная научная и профессиональная терминология;

З3 - правила оформления документов и построения устных сообщений.

З4 - пути обеспечения ресурсосбережения;

З5 - программное обеспечение порядок их применения и в профессиональной деятельности;

З6 - лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности;

З7 - технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин;

З8 - классификацию основного электрического и электромеханического оборудования отрасли;

З9 - классификацию и назначение электроприводов, физические процессы в электроприводах.

Формой аттестации по учебной дисциплине является экзамен.



## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПРОВЕРКЕ

В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также динамика формирования общих компетенций.

Результаты обучения	Критерии оценки	Формы и методы оценки
<b>Знание:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях;</li> <li>- современная научная и профессиональная терминология;</li> <li>- правила оформления документов и построения устных сообщений.</li> <li>- пути обеспечения ресурсосбережения;</li> <li>- программное обеспечение порядок их применения и в профессиональной деятельности;</li> <li>- лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности;</li> <li>- технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин;</li> <li>- классификацию основного электрического и электро-механического оборудования отрасли;</li> <li>- классификацию и назначение электроприводов, физические процессы в электроприводах.</li> </ul>	Полнота ответов, точность формулировок, не менее 75% правильных ответов. Не менее 75% правильных ответов. Актуальность темы, адекватность результатов поставленным целям, полнота ответов, точность формулировок, адекватность применения профессиональной терминологии.	<b>Текущий контроль при проведении:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устного опроса во время практических и лабораторных занятий;</li> <li>- тестирования по итогам занятий и самостоятельного изучения теоретического материала.</li> </ul> <b>Промежуточная аттестация:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспертная оценка письменных и устных ответов на экзамене.</li> </ul>
<b>Умения:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составить план действия; определить необходимые ресурсы;</li> <li>- оценивать практическую значимость результатов поиска;</li> <li>- применять современную научную профессиональную терминологию;</li> <li>- взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности;</li> <li>- грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе;</li> <li>- соблюдать нормы экологической безопасности; определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по специальности.</li> <li>- применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;</li> <li>- понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные</li> </ul>	Правильность, полнота выполнения заданий, точность формулировок, точность расчетов, соответствие требованиям. Адекватность, оптимальность выбора способов действий, методов, техник, последовательностей действий и т.д. Точность оценки, самооценки выполнения. Соответствие тре-	<b>Текущий контроль:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценки качества и активности работы на практических и лабораторных занятиях;</li> <li>- оценки качества и ритмичности выполнения курсовой работы;</li> <li>- экспертная оценка демонстрируемых умений, выполняемых действий, при защите отчетов по практическим занятиям.</li> </ul> <b>Промежуточная</b>

темы; - организовывать и выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; - использовать материалы и оборудование для осуществления наладки, регулировки и проверки электрического и электромеханического оборудования.	бованиям ин- струкций, регла- ментов. Рациональность действий и т.д.	<b>аттестация:</b> - экспертная оценка при выпол- нении практиче- ских заданий на экзамене.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3. ОЦЕНКА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)» по дисциплине МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты» направленные на формирование общих и профессиональных компетенций.

Текущий контроль проводится с целью оценки систематичности учебной работы обучающегося, включают в себя ряд контрольных мероприятий, реализуемых в рамках аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося.

Промежуточная аттестация проводится с целью установления уровня и качества подготовки обучающихся ФГОС СПО по специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)» в части требований к результатам освоения программы учебной дисциплины МДК.01.01 «Электрические машины и аппараты» и определяет:

- полноту и прочность теоретических знаний;
- сформированность умений применять теоретические знания при решении практических задач.

Формой аттестации учебной дисциплины является экзамен. Экзамен проводится в соответствии с графиком учебного процесса и определяется согласно учебного плана, за счет времени отводимого на освоение дисциплины.

Экзамен проводится в виде письменных и устных ответов на вопросы в билетах.

Для проведения экзамена сформирован комплект контрольно-оценочных средств в виде билетов.

Оценочные средства составлены на основе рабочей программы учебной дисциплины и охватывают наиболее актуальные разделы и темы рабочей программы.

Перечень вопросов и компоновка билетов выносимых на проведение экзамена, разработаны преподавателем учебной дисциплины, рассмотрены на заседании кафедры и утверждены на методической комиссии факультета.

**Мониторинг эффективности образовательного процесса по учебной дисциплине.**

Контроль образовательных достижений обучающихся в виде срезов знаний проводится:

- для определения уровня знаний и умений обучающихся;
- для получения данных свидетельствующих о возможном снижении/повышении качества преподавания и корректировки программы дисциплины;
- для обеспечения самооценки качества реализации ППСЗ по специальности.

### Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые У, З, ПО	Форма кон- троля	Проверяемые У, З, ПО	Форма кон- троля	Проверяемые У, З, ПО
Тема 1. Общие вопро- сы теории электроме- ханического преобра- зования энергии	Устный опрос <i>Тестовые задания</i> Самостоятельная работа Лабораторная работа	У1 - У10, 31 - 39	Письменная контрольная работа	У1 - У10, 31 - 39	Экзамен	У3, У5, У6, У8, 32, 34, 36-39
Тема 2. Трансформа- торы						
Курсовая работа «Расчёт трансформа- тора»		У1 - У10, 31 - 39				
Тема 3. Асинхронные машины	Устный опрос <i>Тестовые задания</i> Самостоятельная работа Лабораторная работа	У1 - У10, 31 - 39	Письменная контрольная работа	У1 - У10, 31 - 39		
Тема 4. Синхронные машины						
Тема 5. Машины по- стоянного тока						
Тема 6. Электриче- ские аппараты						

## 4. КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ

### ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам

1. *Опытное определение мощности магнитных потерь энергии в трансформаторах.* Для определения магнитных потерь (потерь в стали) проводится опыт холостого хода. При разомкнутой цепи вторичной обмотки на первичную обмотку подается номинальное напряжение. С пренебрежением электрических потерь в первичной обмотке из-за их малости в данном режиме, можно считать, что измеряемая ваттметром потребляемая мощность и есть мощность магнитных потерь (потерь в стали, потерь холостого хода).

2. *Опытное определение мощности электрических потерь энергии в трансформаторах.* Для определения электрических потерь (потерь в меди, потерь в обмотках) проводится опыт короткого замыкания. При накоротко замкнутых выводах вторичной обмотки на первичную обмотку подаётся такое малое напряжение, при котором токи в обмотках будут равны номинальным токам. С пренебрежением магнитных потерь в магнитопроводе из-за их малости в данном режиме, можно считать, что измеряемая ваттметром потребляемая мощность и есть мощность электрических потерь (потерь в меди, потерь короткого замыкания).

### ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности

3. *Закон электромагнитной индукции.* В проводнике длиной  $l$  [м - метр], движущемся в однородном магнитном поле со скоростью  $v$  [м/с – метр в секунду] перпендикулярно линиям магнитной индукции  $B$  [Тл - Тесла], индуцируется ЭДС, равная  $e = B \times l \times v$  [В – Вольт].

4. *Закон электромагнитного взаимодействия.* Этот закон устанавливает закономерность возникновения электромагнитной (или электродинамической) силы, действующей на проводник длиной  $l$  [м - метр] с электрическим током  $i$  [А - Ампер], расположенных в магнитном поле с магнитной индукцией  $B$  [Тл - тесла]. Эта сила равна  $F = B \times l \times i$  [Н – Ньютон].

5. *Правило «буравчика» в электромеханике.* Это правило служит для определения направления силовых линий магнитного поля, возникающего вокруг проводника с электрическим током. Если острие буравчика (штопора, винта и т.п.) направить вдоль вектора тока, то ориентация линий магнитной индукции совпадёт с направлением, в сторону которого вращается ручка буравчика в традиционном исполнении этого инструмента (с правым винтом).

6. *Правило «правой руки» в электромеханике* - правило для определения направления индуцируемой ЭДС (согласно закона электромагнитной индукции – закона Фарадея) и тока в проводнике, движущемся в магнитном поле: если расположить правую ладонь так, чтобы отставленный в сторону

большой палец показывал направление движения проводника, а силовые линии магнитного поля входили в ладонь, то направление индукционного тока совпадет с направлением вытянутых пальцев.

*7. Правило «левой руки» в электромеханике.* Правило «левой руки» применяется для определения направления электромагнитного усилия, возникающего согласно закона электромагнитного взаимодействия (Ампера Био-Савара-Лапласа) и состоит в следующем: если поместить левую руку между полюсами магнита так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а четыре пальца руки совпадали с направлением тока в проводнике, то большой палец покажет направление движения проводника.

### **ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.**

*8. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.* При включении силовых трансформаторов на параллельную работу, должны соблюдаться следующие условия:

- 1) Группы соединения обмоток одинаковые;
- 2) Коэффициенты трансформации отличаются не более чем на  $\pm 0,5\%$ ;
- 3) Напряжения КЗ трансформаторов (УК) отличаются не более чем на  $\pm 10\%$ ;
- 4) Соотношение номинальных мощностей трансформаторов не более 1:3.

*9. Группа соединения обмоток трансформаторов.* Группой соединения обмоток трансформатора называют условное число, характеризующее сдвиг фаз одноименных линейных напряжений обмоток НН, СН и ВН. Это число умноженное на  $30^\circ$ , показывает угол сдвига в градусах векторов линейных напряжений обмоток НН и СН по отношению к векторам соответствующих линейных напряжений обмотки ВН. Теоретически для трёхфазных трансформаторов существует 12 групп: с 0 по 11. В обозначении трансформатора номер группы соединения указывается после обозначения схемы соединения обмоток, Y/Y-0, или Y/ $\Delta$ -11 и др.

### **ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.**

*10. Причины изменения напряжения на выводах трансформатора.*

Изменением напряжения  $\Delta U$  трансформатора называется арифметическая разность между номинальным вторичным напряжением ( $U_{2ном}$  и вторичным напряжением  $U_2$ , которое получается (устанавливается) на зажимах вторичной обмотки при нагрузке трансформатора и заданном коэффициенте мощности нагрузки  $\cos\varphi_2$ . Изменение напряжения происходит вследствие наличия активных и реактивных падений напряжений в первичной и вторич-

ной обмотках трансформатора. Изменение вторичного напряжения трансформатора зависит не только от величины, но и от характера нагрузки.

11. *Причины несимметрии напряжения на трансформаторах.* Несимметричный режим работы трёхфазной цепи - это режим, при котором напряжения в разных фазах не равны. Причины возникновения несимметрии напряжений:

- 1) Неодинаковые нагрузки в различных фазах;
- 2) Неполнофазная работа линий или других элементов сети;
- 3) Различные параметры линий в разных фазах;
- 4) Однофазное или межфазное короткое замыкание.

Наиболее часто несимметрия напряжений возникает из-за неравенства нагрузок на фазах.

**ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.**

12. *Характеристики синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку.* Основными характеристиками синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку, являются:

- характеристика холостого хода;
- характеристика короткого замыкания;
- нагрузочная характеристика;
- внешняя характеристика;
- регулировочная характеристика.

Первые три используются для определения индуктивных сопротивлений генератора и других параметров.

Характеристика холостого хода представляет зависимость ЭДС от тока возбуждения при постоянной частоте вращения.

Характеристика короткого замыкания снимается при замкнутых зажимах фаз обмотки статора накоротко и показывает зависимость тока статора (тока якоря, тока нагрузки) от тока возбуждения.

Нагрузочная характеристика показывает зависимость напряжения на выводах якоря от тока возбуждения при постоянном значении тока якоря и показывает, как изменяется напряжение генератора с изменением тока возбуждения при условии постоянства тока якоря и коэффициента мощности.

13. *Синхронизация синхронного генератора с сетью.*

При включении синхронного генератора на параллельную работу с сетью стремятся к тому, чтобы при включении не возникало больших бросков тока. Большие толчки тока вызывают большие моменты, действующие как на ротор, так и на статор, силы, которые могут привести к разрушению обмотки статора.

Для того чтобы исключить броски тока существуют два способа синхронизации: способ точной синхронизации и способ самосинхронизации

(грубой синхронизации).

При точной синхронизации перед включением генератора в сеть, необходимо выполнить следующие условия:

- 1) равенство ЭДС генератора  $E_0$  и напряжения сети  $U_C$ ;
- 2) равенство частот генератора  $f_G$  и сети  $f$ ;
- 3) ЭДС генератора  $E_0$  и напряжение сети  $U_C$  должны находиться в противофазе;
- 4) чередование фаз ЭДС генератора и напряжения сети должно быть одинаковым (для трехфазных генераторов).

14. *Самосинхронизация (грубая синхронизация) синхронного генератора с сетью.* Для ускорения (по сравнению с точной синхронизацией) процесса включения синхронного генератора в сеть применяют способ самосинхронизации. Сущность метода заключается в том, что генератор включается в сеть в невозбужденном состоянии ( $U_G=0$ ) при скорости вращения, близкой к синхронной (допускается отклонение до 2%). При этом отпадает необходимость в точном выравнивании частот, значения и фазы напряжений, благодаря чему процесс синхронизации предельно упрощается и возможность ошибочных действий исключается. После включения невозбужденного генератора в сеть немедленно включается ток возбуждения, и генератор втягивается в синхронизм (т. е. его скорость достигает синхронной)

#### **ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.**

15. *Причины электрических потерь энергии в электрических машинах.* Обусловлены наличием активного сопротивления в обмотках электрических машин. При прохождении по этим обмоткам электрического тока, часть энергии преобразуется в тепловую энергию и рассеивается в окружающую среду. Мощность электрических потерь пропорциональна активному сопротивлению обмотки и квадрату силы тока.

16. *Причины магнитных потерь энергии в электрических машинах.* Магнитные потери, или, как их чаще называют, потери в стали, возникают в участках магнитопровода с переменным магнитным потоком. Основные потери в стали состоят из потерь на гистерезис и потерь на вихревые токи. Рассеивается в окружающую среду в виде тепловой энергии. Они зависят от марки стали, толщины листов магнитопровода, частоты перемагничивания и индукции.

17. *Причины механических потерь энергии в электрических машинах.* Механические потери в электрических машинах состоят из потерь всех видов механического трения, потерь на привод вспомогательных механизмов, на осуществление газообмена, вентиляционных потерь, возникающих при движении подвижных частей электрических машинах при больших скоростях в воздушной среде.

18. *Причины добавочных потерь энергии в электрических машинах.*



Добавочные потери – это те потери, которые возникают при протекании вторичных электромагнитных процессов. К таким потерям относятся потери из-за пульсирующего характера магнитного потока, потери вследствие наличия высших гармоник в кривых МДС ротора и статора, потери, обусловленные потоками рассеяния обмоток и др.

#### **ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности**

19. *Измерительные трансформаторы напряжения.* Служат для включения вольтметров и других приборов, реагирующих на значение напряжения (например, катушек напряжения ваттметров, счетчиков, фазометров и различных реле). Их выполняют в виде двухобмоточного понижающего трансформатора. Для обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала вторичную обмотку тщательно изолируют от первичной и заземляют. Так как сопротивления обмоток вольтметров и других приборов, подключаемых к трансформатору на-пряжения, велики, то он практически работает в режиме холостого хода.

20. *Измерительные трансформаторы тока.* Служат для включения амперметров и других приборов, реагирующих на значение тока (например, токовых катушек ваттметров, счетчиков, фазометров и различных реле). Их выполняют в виде двухобмоточного повышающего трансформатора или в виде проходного трансформатора, у которого первичной обмоткой служит провод, проходящий через окно магнитопровода. В некоторых конструкциях магнитопровод и вторичная обмотка смонтированы на проходном изоляторе, служащем для ввода высокого напряжения в силовой трансформатор или другую электрическую установку. Первичной обмоткой трансформатора служит медный стержень, проходящий внутри изолятора. Сопротивления обмоток амперметров и других приборов, подключаемых к трансформатору тока, обычно малы. Поэтому он практически работает в режиме короткого замыкания.

21. *Конструктивные особенности импульсных трансформаторов.* Импульсные трансформаторы (ИТ) — важный элемент, устанавливаемый практически во всех современных блоках питания. На первичную обмотку поступают импульсные сигналы, имеющие прямоугольную форму. Это вызывает периодическое возрастание индуктивности и её спад, в результате чего на вторичной обмотке индуцируется ЭДС (напряжение). Благодаря высокой частоте импульсов, масса и габариты трансформатора значительно меньше, чем при промышленной частоте 50 Гц. Электротехническая сталь в ИТ должен содержать меньше добавок кремния, поскольку он становится причиной потерь мощности на вихревые токи. В ИТ тороидального исполнения сердечник может производиться из рулонной или ферритмагнитной стали. Пластины для набора электромагнитного сердечника подбираются толщиной в зависимости от частоты. Чем больше частота тока (импульсов), тем тонь-

ше должны быть пластины.

22. *Трансформатор с подвижным сердечником.* Назначение: для плавного регулирования вторичного напряжения, в том числе в качестве измерителя перемещения.

Первичная обмотка этого трансформатора выполнена из двух катушек, уложенных в кольцевых выемках магнитопровода. Катушки включены так, что создают магнитные потоки, направленные встречно друг другу. Внутри неподвижной части магнитопровода расположен подвижный сердечник (ПС) со вторичной обмоткой. При среднем положении ПС во вторичных обмотках не наводится ЭДС, так как действие первичных катушек взаимно компенсируется. При смещении подвижного сердечника влево или вправо относительно среднего положения вторичной обмотки в последней наводится ЭДС. При этом фаза (направление) зависит от того, в зоне какой из первичных катушек находится вторичная обмотка. При перемещении этой обмотки из зоны одной первичной катушки в зону другой катушки фаза ЭДС изменится на  $180^\circ$ .

23. *Пик-трансформаторы.* Назначение: для преобразования напряжения синусоидальной формы в импульсы напряжения пикообразной формы с узким профилем. Принцип работы основан на явлении магнитного насыщения ферромагнитного материала. Т.к. магнитопровод такого трансформатора имеет расщеплённый участок, часть которого имеет воздушный зазор. Пик напряжения приходится на момент быстрого нарастания индукции в тот момент, когда синусоида проходит через нулевое значение. Происходит практически моментально увеличение ЭДС, благодаря чему и появляется пиковое напряжение на вторичной обмотке. Во все остальные моменты ЭДС близок к нулевому значению.

Наибольшее применение пиковые трансформаторы получили в автоматизации технологических процессов. Например, в качестве источника управляющих импульсов для открывания тириستоров.

**ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках**

24. *Номинальные параметры электрических машин.* Номинальные величины трансформатора – мощность, напряжения, токи, частота вращения и т. д. – указываются на заводской табличке. Так же в паспорте электрической машины указываются номинальный КПД, номинальные температурные условия охлаждающей среды и т. д. Под номинальной мощностью понимается такая максимальная мощность, при котором электрическая машина может работать длительное время без опасения её перегрева с учётом условий окружающей среды. Номинальное напряжение – это напряжение, на которое рассчитана электрическая машина. Остальные номинальные параметры связаны так же с мощностью, напряжением и условиями окружающей среды.

25. *Требования к магнитопроводам.* Требования к магнитопроводам в электрических машинах следующие:

1) Материал должен иметь магнитные характеристики, соответствующие

щие расчётным. Обычно применяются марки из ряда электротехнической стали;

2) Воздушные зазоры – рабочие должны быть возможно ближе к расчётными, а нерабочие должны быть минимальны, для обеспечения необходимой величины намагничивающей силы;

3) Шихтованные и ленточные магнитопроводы должны иметь возможно меньшие потери, для этого необходимо:

- чтобы толщина материала не превышала расчётную;
- заусенцы не должны замыкать соседние пластины и увеличивать потери на вихревые токи, а так же уменьшать коэффициент заполнения пакета;
- электромагнитные экраны – короткозамкнутые витки не должны создавать больших потерь;
- коэффициент заполнения пакета железом должен быть возможно больше (в противном случае увеличиваются потери вследствие повышения магнитной индукции).

### **ПК 1.1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования**

26. *Конструкция трансформатора.* Современный трансформатор состоит из различных конструктивных элементов: магнитопровода, обмоток, вводов, бака и др. Магнитопровод с расположенными на его стержнях обмотками составляет активную часть трансформатора. Остальные элементы трансформатора называют неактивными (вспомогательными) частями. Магнитопровод в трансформаторе выполняет две функции: во-первых, он составляет магнитную цепь, по которой замыкается основной магнитный поток трансформатора, а во-вторых, он предназначен для установки и крепления обмоток, отводов, переключателей.

27. *Коэффициент трансформации трансформатора.* Коэффициентом трансформации трансформатора называется отношение ЭДС обмотки высшего напряжения (ВН) к ЭДС обмотки низшего напряжения (НН), что равно отношению числа витков обмотки ВН к числу витков обмотки НН. При практических расчетах коэффициент трансформации с некоторым допущением принимают равным отношению номинальных напряжений обмоток высшего и низшего напряжений. Отношение тока обмотки низшего напряжений к току обмотки высшего так же примерно равно коэффициенту трансформации.

28. *Автотрансформаторы, особенности конструкции.* У автотрансформаторов помимо магнитной связи между обмотками имеется еще и электрическая связь, поэтому мощность с первичной обмотки во вторичную передается не только по магнитопроводу, но и через электрическую связь. Обмотка автотрансформатора имеет несколько выводов (как минимум 3), подключаясь к которым, можно получать разные напряжения. Регулировка напряжения в автотрансформаторах осуществляется как переключателями,

изменяющими вводимое число витков во вторичной цепи, так и посредством скользящего контакта, перемещающегося непосредственно по виткам обмотки.

29. *Автотрансформаторы, достоинства по сравнению с обычными трансформаторами.* Достоинства автотрансформаторов проявляются лишь при значениях коэффициента трансформации равном или менее двух. К ним относятся:

- Меньший расход металла на устройство обмоток и магнитопровода;
- Меньшие в них потери и, следовательно, более высокий КПД по сравнению с обычным трансформатором.
- Меньший расход изоляционных материалов и меньшая стоимость по сравнению с трансформаторами той же мощности.
- Меньшая масса и габариты позволяют создавать трансформаторы больших мощностей.
- Имеют лучшие условия охлаждения.

30. *Автотрансформаторы, недостатки по сравнению с обычными трансформаторами.* Недостатком автотрансформатора является необходимость выполнения изоляции обеих обмоток на большее напряжение, так как обмотки имеют электрическую связь. Существенный недостаток автотрансформаторов – гальваническая связь между первичной и вторичной цепями, что не позволяет использовать их в качестве силовых в сетях 6 – 10 кВ при понижении напряжения до 0,38 кВ, так как напряжение 380 В подводится к оборудованию, на котором работают люди. Необходимость глухого заземления нейтрали, что приводит к увеличению токов однофазного КЗ. Сложность регулирования напряжения. Опасность перехода атмосферных перенапряжений с одной обмотки на другую из-за электрической связи обмоток.

31. *Конструкция асинхронных машин.* Асинхронная машина имеет статор и ротор, разделённые воздушным зазором. Её активными частями являются обмотки и магнитопровод (сердечник); все остальные части — конструктивные, обеспечивающие необходимую прочность, жёсткость, охлаждение, возможность вращения и т. п. Ротор может иметь короткозамкнутую обмотку или фазную обмотку с выводами через контактные кольца и щетки.

32. *Принцип работы асинхронных машин.* В основе работы асинхронной машины лежит создание вращающегося магнитного поля статора, которое создается за счет прохождения переменного трехфазного тока через обмотку статора. Это магнитное поле индуцирует напряжение в обмотке ротора, а ток, генерируемый обмоткой ротора, индуцирует магнитный поток, который передается на статор. Связанный магнитный поток вызывает силу, действующую на ротор, и, следовательно, вращение ротора.

33. *Коэффициент скольжения в асинхронных машинах.* Величина определяющая разность скоростей вращения магнитных полей ротора и статора, называется скольжение. Так как ротор асинхронного двигателя всегда вращается медленнее, чем поле статора - оно обычно меньше единицы. Мо-

жет измеряться в относительных единицах или процентах. Высчитывается она по формуле:  $s = (n_1 - n_2) / n_1$ , где  $n_1$  - это частота вращения магнитного поля,  $n_2$  - частота вращения магнитного поля ротора, об./мин.

Скольжение, это важная характеристика, характеризующая нормальную работу асинхронного электродвигателя.

34. *Механической характеристикой электродвигателя.* Механической характеристикой электродвигателя называется зависимость его угловой скорости (частоты вращения) от вращающегося момента  $\omega = f(M)$ . Почти все электродвигатели обладают тем свойством, что скорость их является убывающей функцией момента двигателя. Это относится к двигателям постоянного тока независимого, последовательного и смешанного возбуждения, к асинхронным коллекторным и бесколлекторным двигателям постоянного тока.

35. *Механическая характеристика асинхронной машины.* Механическая характеристика асинхронного двигателя – зависимость скорости вращения (или частоты  $n_2$  вращения) двигателя от момента сопротивления  $M$  на его валу при постоянном напряжении сети  $U_1$ , то есть,  $n_2 = f(M)$ , при  $U_1 = \text{const}$ . Для построения механической характеристики асинхронного двигателя не используется аналитическая зависимость  $n_2$  от  $M$ , а используются два выражения: зависимости  $M = f(s)$  и  $n_2 = n_1 (1 - s)$ .

36. *Основные требования к обмоткам асинхронных машин.* Обмотка в электрической цепи машины переменного тока должна удовлетворять одновременно двум требованиям:

- 1) создавать ЭДС, требуемую для работы;
- 2) образовывать необходимое для процесса преобразования энергии вращающееся магнитное поле.

Вращающееся поле создаётся обмоткой статора, которая подключается к сети. Большинство асинхронных машин имеют трёхфазные обмотки.

37. *Способы пуска асинхронного двигателя.* При пуске двигателя по возможности должны удовлетворяться основные требования: пусковой момент должен быть достаточно большим, а пусковые токи - по возможности малыми. Иногда к этим требованиям добавляют и другие, обусловленные особенностями конкретных приводов, в которых используют двигатели: необходимость плавного пуска, максимального пускового момента и пр. Практически используют следующие способы пуска:

- 1) Не посредственное подключение обмотки статора к сети (прямой пуск);
- 2) Понижение напряжения, подводимого к обмотке статора при пуске;
- 3) Подключение к обмотке ротора пускового реостата;
- 4) Уменьшение частоты вращения магнитного поля увеличением количества полюсов обмотки статора;
- 5) Уменьшение частоты вращения магнитного поля уменьшением частоты питающего напряжения.

У каждого способа пуска есть свои достоинства и недостатки, опираясь

на которые на практике выбирается тот или иной способ.

38. *Способы регулирования скорости асинхронного двигателя.* Способы регулирования скорости практически повторяют способы пуска, кроме прямого пуска, разумеется:

- 1) Понижение напряжения, подводимого к обмотке статора при пуске;
- 2) Подключение к обмотке ротора пускового реостата;
- 3) Уменьшение частоты вращения магнитного поля увеличением количества полюсов обмотки статора;
- 4) Уменьшение частоты вращения магнитного поля уменьшением частоты питающего напряжения.

У каждого способа регулирования скорости есть свои достоинства и недостатки, опираясь на которые на практике выбирается тот или иной способ.

39. *Генераторный режим асинхронной машины.* Если ротор разогнать с помощью внешнего момента (например, каким-либо двигателем), быстрее частоты вращения магнитного поля, то изменится направление ЭДС в обмотке ротора и активной составляющей тока ротора, то есть асинхронная машина перейдет в генераторный режим. При этом изменит направление и электромагнитный момент, который станет тормозным. Асинхронный генератор будет преобразовывать механическую мощность в электрическую и отдавать в сеть.

40. *Асинхронные генераторы с самовозбуждением.* Асинхронные генераторы с самовозбуждением возбуждаются: а) с помощью конденсаторов, включенных в цепь статора или ротора, или одновременно; б) посредством вентильных преобразователей с естественной и искусственной коммутацией вентилей. Асинхронный генератор представляет собой нелинейную автоколебательную систему с двумя накопителями энергии емкостью и индуктивностью. При определенных условиях в цепи не возбужденной вращающейся машины возникают незатухающие колебания, амплитуда которых возрастает до определенного значения, зависящего от параметров колебательного контура.

41. *Особенности конструкций однофазных асинхронных двигателей.* Однофазные асинхронные двигатели - машины небольшой мощности, которые по конструктивному исполнению напоминают аналогичные трехфазные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Однако они отличаются от трехфазных двигателей устройством статора, где в пазах магнитопровода находится двухфазная обмотка, состоящая из основной (или рабочей) с фазной зоной  $120^\circ$ , и вспомогательной (или пусковой) с фазной зоной  $60^\circ$ . Магнитные оси этих фаз обмотки смещены относительно друг друга на угол  $\theta = 90^\circ$ .

42. *Особенности конструкций двухфазных асинхронных двигателей.* В двухфазных асинхронных двигателях обе фазы обмотки статора с фазными

зонами по 90 эл. град являются рабочими. Они расположены в пазах магнитопровода статора так, что их магнитные оси образуют угол 90°. Эти фазы обмотки статора отличаются друг от друга не только числом витков, но и номинальными напряжениями и токами, хотя при номинальном режиме двигателя полные мощности их одинаковы. В одной из фаз обмотки статора постоянно находится конденсатор, который в условиях номинального режима двигателя обеспечивает имитацию кругового вращающегося магнитного поля.

43. *Особенности конструкций асинхронных двигателей с расщепленными или экранированными полюсами.* В однофазных асинхронных двигателях с расщепленными или экранированными полюсами, каждый полюс расщеплен глубоким пазом на две неравные части и несет на себе однофазную обмотку, охватывающую весь магнитопровод полюса, и короткозамкнутые витки, расположенные на его меньшей части. Ротор у этих двигателей имеет короткозамкнутую обмотку.

Под влиянием токов короткозамкнутых витков соответствующая им МДС, возбуждает магнитное поле. Магнитные поля экранированных и неэкранированных частей полюсов не совпадают по фазе во времени и, будучи смещенными в пространстве, образуют результирующее эллиптическое вращающееся магнитное поле. Взаимодействие этого поля с токами, индуцированными в обмотке ротора, вызывает появление вращающего момента.

44. *Особенности конструкции синхронных машин.* Синхронная машина состоит из двух частей так же как и асинхронные машины: из статора и ротора. На которых располагаются обмотки индуктора и якоря. Индуктором называют часть машины, в которой создается первичное магнитное поле. Якорем называют часть машины, в которой индуцируется ЭДС. Наибольшее распространение получили синхронные машины, в которых якорь неподвижен, а индуктор вращается. В классической конструкции синхронной машины якорь является статором, а индуктор является вращающимся ротором. Статор такой машины по конструкции аналогичен статору асинхронной машины и состоит из трех основных частей: корпуса (станины), сердечника и обмоток. В синхронных машинах применяют роторы двух конструкций: явнополюсные и неявнополюсные.

45. *Особенности конструкции бесщёточного синхронного генератора.* Бесщёточный синхронный генератор - синхронная машина, работающая только в генераторном режиме, ротор которой не имеет коллекторно-щёточного узла, а ток в обмотке возбуждения (в роторе) индуцируется за счёт переменного магнитного поля, создаваемого основной и/или дополнительной обмоткой статора. Переменный магнитный поток индуцирует переменное напряжение, поэтому на обмотку возбуждения оно подается через выпрямитель, который располагается на роторе и вращается вместе с ним.

46. *Режимы работы синхронных машин* Синхронные машины так же, как и большинство других электрических машин можно использовать в ре-

жиме двигателя и в режиме генератора, вырабатывающего электроэнергию. Кроме того, в виду физических особенностей синхронного электродвигателя, кроме активной мощности он может потреблять из сети реактивную мощность или вырабатывать его и снабжать сеть реактивной мощностью, что позволяет существенно улучшить  $\cos\varphi$  системы, практически приближая его к 1,0. На практике режим синхронного компенсатора используется как для улучшения коэффициента мощности, так и для стабилизации параметров напряжения сети.

47. *Реакция якоря синхронного генератора.* Магнитная система синхронного генератора в режиме холостого хода (без нагрузки) состоит из магнитного потока полюсов, который индуцирует ЭДС в обмотке статора. После включения нагрузки в трехфазной обмотке статора возникает ток, который, как известно, создает свое вращающееся магнитное поле. Скорость вращения этого поля равна скорости вращения магнитного поля полюсов. Следовательно, полный магнитный поток синхронной машины при нагрузке складывается из магнитных потоков ротора и статора. Магнитное поле статора, накрадываясь на магнитное поле ротора, может либо ослаблять, либо усиливать его. Результат взаимодействия этих полей определяется величиной и характером нагрузки. Влияние магнитного поля статора на магнитное поле, создаваемое вращающимися полюсами ротора, называется реакцией якоря.

48. *Синхронный компенсатор.* Синхронный компенсатор (СК) представляет собой синхронную машину, предназначенную для генерирования реактивной мощности. Синхронный компенсатор включают в электрическую систему с целью повышения ее коэффициента мощности. Принцип происходящих при этом явлений состоит в том, что необходимую для работы некоторых потребителей реактивную мощность вырабатывает не синхронный генератор, установленный на электростанции, а синхронный компенсатор, установленный в непосредственной близости к потребителю. Синхронный компенсатор, включенный в сеть, работает как синхронный двигатель без нагрузки, т. е. в режиме холостого хода, и вырабатывает реактивную мощность, необходимую для компенсации реактивной мощности потребителя.

49. *V-образные характеристики синхронной машины.* V-образные (или U-образные) характеристики представляют собой зависимость тока якоря  $I_1$  и коэффициента мощности  $\cos\varphi$  машины от тока возбуждения  $I_B$  при постоянных значениях напряжения обмотки якоря  $U$  и его частоты  $f$  и постоянной отдаваемой механической мощности  $P_2$ . Эти характеристики отражают важную особенность синхронных машин - возможность регулирования их реактивной мощности и  $\cos\varphi$ .

50. *Электромагнитный момент, развиваемый синхронной машиной.* Момент, действующий на ротор синхронной машины, создается за счет взаимодействия между магнитным полем ротора и вращающимся магнитным полем статора. Момент синхронной машины имеет две составляющие: активный (основной) и реактивный моменты.



51. *Способы пуска синхронного двигателя.* Пуск синхронного двигателя непосредственным включением в сеть невозможен, т. к. ротор из-за своей значительной инерции не может быть сразу увлечён вращающимся полем статора, частота вращения которого устанавливается мгновенно. В результате устойчивая связь между статором и ротором не возникает. Для пуска синхронного двигателя приходится применять специальные способы, сущность которых состоит в предварительном приведении ротора во вращение до синхронной или близкой к ней частоте, при которой между статором и ротором устанавливается устойчивая магнитная связь. В настоящее время практическое применение имеют два способа пуска синхронных двигателей: 1) Пуск посредством частотного регулирования; 2) Асинхронный пуск; 3) Ранее так же применяли разгон с помощью другого вспомогательного двигателя.

52. *Асинхронный пуск синхронного двигателя.* При этом методе синхронный двигатель пускают как асинхронный, для этого она должна быть снабжена специальной короткозамкнутой пусковой обмоткой, типа «беличье колесо». Эта обмотка располагается в полюсных наконечниках ротора (аналогична демпферной обмотке синхронного генератора). Невозбуждённый синхронный двигатель включают в сеть. Возникшее при этом вращающееся магнитное поле наводит в стержнях пусковой обмотки ЭДС, которые создают токи  $I_2$ . Взаимодействие этих токов с полем статора приводит ротор во вращение и разгоняет его до частоты вращения, близкой к синхронной  $n_1$  ( $n_2 \approx 0,95n_1$ ). Затем обмотку возбуждения подключают к источнику постоянного тока, а пусковая обмотка после этого выполняет роль демпферной обмотки. Этот способ имеет наибольшее практическое применение.

53. *Способы регулирования скорости синхронного двигателя.* Частота вращения синхронного двигателя  $n_2$  равна частоте вращающегося магнитного поля  $n_2 = n_1 = f / (p \times 60)$ . Следовательно, её на практике можно регулировать только путём изменения питающего напряжения  $f$ . Частотное регулирование частоты вращения синхронных двигателей применяют только при малых мощностях, когда нагрузочные моменты невелики, а инерция приводного механизма мала. Для синхронных двигателей, применяемых в электроприводах с большим моментом инерции приводного механизма, необходимо очень плавно изменять частоту питающего напряжения, чтобы двигатель не выпал из синхронизма.

54. *Особенности конструкции машин постоянного тока.* В классической конструкции на неподвижной части машины постоянного тока (на статоре) располагается обмотка индуктора (возбуждения), на вращающейся части (роторе) - обмотка якоря, поэтому его чаще называют «якорь». Статор состоит из станины и полюсов индуктора. Станина служит для крепления полюсов и подшипниковых щитов и является частью магнитопровода, так как через нее замыкается магнитный поток машины. Якорь состоит из вала, сердечника с обмоткой и коллектора.

Коллектор является одним из сложных узлов машины постоянного то-

ка. Он состоит из большого числа электрически изолированных друг от друга пластин, которые штампуют из профильной меди.

*55. Назначение щеточно-коллекторного узла в конструкции машин постоянного тока.* Назначение щеточно-коллекторного узла состоит в том, что в режиме генератора он представляет собой выпрямитель механического типа: в обмотке якоря ток переменный, а на выходе он выпрямленный. А в режиме двигателя, где питание осуществляется постоянным током, щеточно-коллекторный узел преобразует его в переменный ток, протекающий по обмотке якоря. Если этого не сделать, то не будет происходить непрерывное вращение.

*56. Щетки в электрических машинах постоянного тока.* Скользящий электрический контакт может быть осуществлен двумя способами: либо в виде кольцевого скользящего контакта, либо в виде коллекторного скользящего контакта. В обоих случаях для работы электрической машины нужны специальные устройства - щетки. В настоящее время для машин постоянного тока применяют почти исключительно угольные щетки с примесью графита, носящие, в зависимости от процентного содержания графита и от способа изготовления щеток, названия угольно-графитовых, графитовых, либо электрографитовых.

Изготовление этих щеток ведется таким образом, чтобы щетка обладала возможно лучшей проводимостью в осевом направлении, в котором проходит рабочий ток машины, и плохой проводимостью (большое электрическое сопротивление) в поперечном направлении, в котором происходит при коммутации замыкание добавочных токов коммутируемых секций.

*57. ЭДС машины постоянного тока.* Под электродвижущей силой (ЭДС) машины понимают ЭДС одной параллельной ветви якорной обмотки, т.к. независимо от числа параллельных ветвей все они параллельно подсоединены к общим зажимам машины через щетки и коллектор. ЭДС одной параллельной ветви складывается из ЭДС, наводимых во всех последовательно соединенных активных проводниках  $N$ , входящих в одну ветвь  $a$ :

$$E = E_{cp} N / (2a),$$

где  $E_{cp}$  – среднее значение ЭДС одного проводника:

$$E_{cp} = B_{cp} \cdot l \cdot v,$$

где  $B_{cp}$  - среднее значение магнитной индукции в воздушном зазоре, Тл;

$l$  - длина активной части проводника, м;

$v$  - окружная скорость на поверхности якоря, м/сек.

После преобразования получим окончательное уравнение ЭДС машины:

$$E = p \cdot N \cdot \Phi \cdot \omega / (2\pi \cdot a) = C_0 \Phi \cdot \omega,$$

где  $C_0$  – конструктивная постоянная машины, для каждой электрической машины она постоянная, так как зависит исключительно от конструктивных данных машины.

ЭДС машины постоянного тока прямо пропорциональна угловой ско-

рости  $\omega$  и магнитному потоку  $\Phi$ .

58. *Момент машины постоянного тока.* Ток якоря, взаимодействуя с магнитным полем полюсов, создает электромагнитный момент  $M_{\text{эм}}$ .

При работе машины в режиме генератора электромагнитный момент, противодействуя вращению якоря, создает тормозной момент. В режиме двигателя – момент является вращающим.

Электромагнитный момент  $M$  образуется всеми проводниками якоря, прямо пропорционален току якоря  $I_{\text{я}}$  и магнитному потоку  $\Phi$  машины:

$$M = C_o \Phi \cdot I_{\text{я}},$$

где  $C_o$  – конструктивная постоянная машины, для каждой электрической машины она постоянная, так как зависит исключительно от конструктивных данных машины.

59. *Реакция якоря в машине постоянного тока, способы компенсации реакции якоря.* Реакцией якоря называется воздействие тока якоря на магнитное поле машины. Реакция якоря – явление нежелательное, искажающее главное магнитное поле и тем самым ухудшающее условия работы машины, поэтому при разработке машины предусматриваются меры для уменьшения ее влияния. Когда по обмотке якоря не проходит ток, магнитный поток в машине создается только МДС обмотки возбуждения. Этот магнитный поток распределяется симметрично относительно оси машины. Если машина работает под нагрузкой и по обмотке якоря проходит ток, то МДС оказывает воздействие на магнитное поле полюсов – реакция якоря.

60. *Явление коммутации в машинах постоянного тока.* Под коммутацией в машинах постоянного тока понимают процесс переключения секций обмотки якоря из одной параллельной ветви в другую, сопровождающийся изменением направления тока в секциях. В результате изменения тока в коммутирующей секции возникает ЭДС самоиндукции.

Для увеличения механической прочности щеток их ширину выбирают обычно больше ширины коллекторной пластины. Вследствие этого щеткой замыкаются накоротко и одновременно коммутируются несколько секций. Поскольку секция замкнута щеткой накоротко, это приводит к заметному дополнительному току в щетках, в результате чего плотность тока под щеткой становится неодинаковой, что приводит к искрению под щеткой. Если не принять специальных мер для улучшения условий коммутации (уменьшения искрения под щетками), то наиболее ответственная часть машины – коллектор – через непродолжительное время выходит из строя.

61. *Конструкция магнитного пускателя.* Устройство магнитного пускателя довольно простое. Он состоит из сердечника, на котором помещена втягивающая катушка, якоря, пластмассового корпуса, механических индикаторов включения, а также основных и вспомогательных контактов.

62. *Способы пуска двигателей постоянного тока.* При пуске двигателя по возможности должны удовлетворяться основные требования: пуско-

вой момент должен быть достаточно большим, а пусковые токи - по возможности малыми. Для двигателей постоянного тока могут быть применены три способа пуска:

- 1) Прямой, при котором обмотка якоря подключается непосредственно к сети;
- 2) Реостатный, при котором в цепь якоря включается пусковой реостат для ограничения тока;
- 3) Путем плавного повышения питающего напряжения, которое подается на обмотку якоря.

#### *63. Способы возбуждения двигателей постоянного тока.*

По способу возбуждения двигатели постоянного тока делятся на четыре группы:

- 1) С независимым возбуждением - обмотка возбуждения питается от независимого источника
- 2) С параллельным возбуждением - обмотка возбуждения включается параллельно источнику питания обмотки якоря
- 3) С последовательным возбуждением - обмотка возбуждения включена последовательно с обмоткой якоря
- 4) Со смешанным возбуждением - у двигателя есть две обмотки: параллельная и последовательная.

*64. Способы регулирования скорости двигателей постоянного тока.* Регулирование скорости двигателя постоянного тока может проводиться тремя способами:

- 1) Введением добавочного резистора в цепь якоря;
- 2) Изменением напряжения питания якорной цепи двигателя при постоянном потоке возбуждения;
- 3) Изменением тока возбуждения, т.е. изменением магнитного потока двигателя.

*65. Принцип работы магнитного пускателя.* Принцип действия пускателя заключается в следующем: при включении пускателя по катушке проходит электрический ток, сердечник намагничивается и притягивает якорь, при этом главные контакты замыкаются, по главной цепи протекает ток. При отключении пускателя катушка обесточивается, под действием возвратной пружины якорь возвращается в исходное положение, главные контакты размыкаются.

*66. Конструкция автоматического выключателя.* Автоматический выключатель (АВ) - относительно простое по своей конструкции устройство. Основные элементы автоматического выключателя: контакты, дугогасительная камера, зажимы к которым подключаются силовые провода, тепловой расцепитель - биметаллическая пластина, электромагнитный расцепитель - катушка. Основное отличие от классических предохранителей в том, что в АВ для разрыва цепи не применяются одноразовые плавкие вставки, то есть включать и выключать АВ можно много раз.

67. *Принцип работы автоматического выключателя.* Принцип действия автоматического выключателя (АВ) состоит в контроле силы электрического тока через, в случае необходимости, разрыве цепи (отключении нагрузки) с той или иной скоростью (задержкой), начиная с момента превышения тока и в зависимости от «серьезности» (кратности) этого превышения. АВ снабжаются электромагнитным расцепителем для мгновенного выключения при токах короткого замыкания (они в несколько раз могут превышать номинальный ток), тепловым расцепителем для выключения с задержкой при токах перегрузки (превышение от 10 до 100 % номинального тока).

68. *Механизм взвода и расцепления автоматического выключателя.* Механизм взвода и расцепления – механическая система из пружин и рычажков, выполняющая две основные функции: удержание контактов в сомкнутом состоянии при штатном режиме работы, и, при возникновении аварийной ситуации, по командам расцепителей или оператора (ручное отключение) быстро отвести подвижный контакт от неподвижного.

69. *Электромагнитный расцепитель автоматического выключателя.* Электромагнитный расцепитель – это катушка индуктивности (соленоид) с подвижным сердечником: при многократном мгновенном возрастании проходящего по обмотке катушки тока образуется мощное магнитное поле, под воздействием которого сердечник перемещается внутри катушки и нажимает на рычаг механизма взвода-расцепления, выключая аварийный участок цепи.

70. *Тепловой расцепитель автоматического выключателя.* Тепловой расцепитель – это биметаллическая пластина, один конец которой закреплен в токопроводящем кронштейне, к другому концу присоединен гибкий медный проводник. При прохождении тока полосы металла с разным линейным коэффициентом теплового расширения нагреваются, вызывая изгибание пластины. При воздействии тока, превышающего номинальный в 1,13–1,45 раз, незакрепленный конец биметаллической пластины изгибается достаточно сильно, чтобы достичь рычага механизма взвода-расцепления и вызвать срабатывание выключателя. Нагрев биметаллической пластины происходит не мгновенно – тепловой расцепитель автоматического выключателя срабатывает с некоторой задержкой.

71. *Электрические аппараты управления.* Аппараты управления, предназначены для пуска, реверсирования, торможения, регулирования скорости вращения, напряжения, тока электрических машин, станков, механизмов или для пуска и регулирования параметров других потребителей электроэнергии в системах электроснабжения. Основная функция этих аппаратов — это управление электроприводами и другими потребителями электрической энергии. Особенности: частое включение, отключение до 3600 раз в час т.е. 1 раз в секунду.

К ним относятся электрические аппараты ручного управления - пакетные выключатели и переключатели, рубильники, универсальные переключатели, контролеры и командоконтролеры, реостаты и др., и электрические ап-

параты дистанционного управления - электромагнитные реле, пускатели, контакторы и т. д.

*72. Электрические аппараты защиты.* Аппараты защиты, используются для коммутации электрических цепей, защиты электрооборудования и электрических сетей от сверхтоков, т. е. токов перегрузки, пиковых токов, токов короткого замыкания.

К ним относятся плавкие предохранители, тепловые реле, токовые реле, автоматические выключатели и др.

*73. Контролирующие электрические аппараты.* Контролирующие аппараты, предназначены для контроля заданных электрических или неэлектрических параметров. К этой группе относятся датчики. Эти аппараты преобразуют электрические или неэлектрические величины в электрические и выдают информацию в виде электрических сигналов. Основная функция этих аппаратов заключается в контроле за заданными электрическими и неэлектрическими параметрами.

К ним относятся датчики тока, давления, температуры, положения, уровня, фотодатчики, а также реле, реализующие функции датчиков, например, реле контроля скорости, реле времени, напряжения, тока.

*74. Классификация электрических аппаратов по принципу действия.*

По принципу действия электроаппараты разделяются на:

- 1) Коммутационные электрические аппараты для замыкания и размыкания электрических цепей при помощи контактов, соединенных между собой для обеспечения перехода тока из одного контакта в другой или удаленных друг от друга для разрыва электрической цепи (рубильники, переключатели и т.д.);
- 2) Электромагнитные электрические аппараты, действие которых зависит от электромагнитных усилий, возникающих при работе аппарата (контакторы, реле и т.д.);
- 3) Индукционные электрические аппараты, действие которых основано на взаимодействии тока и магнитного поля (индукционные реле);
- 4) Катушки индуктивности (реакторы, дроссели насыщения).

*75. Классификация электрических аппаратов по длительности работы.* По длительности работы электрические аппараты различают в зависимости от режима той цепи, в которой они установлены:

- 1) Аппараты, работающие длительно;
- 2) Предназначенные для кратковременного режима работы;
- 3) Работающие в условиях повторно-кратковременной нагрузки.

## **Типовые критерии оценки сформированности компетенций**

### *Критерии оценки для проведения экзамена по дисциплине*

Оценка «5» Обучающийся освоил 90-100% оцениваемой компетенции, умеет связывать теорию с практикой, применять полученный практический опыт, анализировать, делать выводы, принимать самостоятельные решения в конкретной ситуации, высказывать и обосновывать свои суждения. Демонстрирует умение вести беседы, консультировать граждан, выходить из конфликтных ситуаций. Владеет навыками работы с нормативными документами. Владеет письменной и устной коммуникацией, логическим изложением ответа.

Оценка «4» Обучающийся освоил 70-89% оцениваемой компетенции, умеет применять теоретические знания и полученный практический опыт в решении практической ситуации. Умело работает с нормативными документами. Умеет аргументировать свои выводы и принимать самостоятельные решения, но допускает отдельные неточности, как по содержанию, так и по умениям, навыкам работы с нормативно-правовой документацией.

Оценка «3» Обучающийся освоил 50-69% оцениваемой компетенции, показывает удовлетворительные знания основных вопросов программного материала, умения анализировать, делать выводы в условиях конкретной ситуационной задачи. Излагает решение проблемы недостаточно полно, непоследовательно, допускает неточности. Затрудняется доказательно обосновывать свои суждения.

Оценка «2» Обучающийся освоил менее 50% оцениваемой компетенцией, не раскрывает сущность поставленной проблемы. Не умеет применять теоретические знания в решении практической ситуации. Допускает ошибки в принимаемом решении, в работе с нормативными документами, неуверенно обосновывает полученные результаты. Материал излагается нелогично, бессистемно, недостаточно грамотно.

## Лист согласования

### Дополнения и изменения к ФОС на учебный год

Дополнения и изменения к ФОС на \_\_\_\_\_ учебный год по дисциплине \_\_\_\_\_

В ФОС внесены следующие изменения:

---

---

---

---

Дополнения и изменения в ФОС обсуждены на заседании методической комиссии энергетического факультета  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г. (протокол № \_\_\_\_\_).

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_