

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор/Декан  
института механики и энергетики  
Мастепаненко Максим Алексеевич

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.В.02 Диагностика электроэнергетического оборудования**

35.03.06 Агроинженерия

Электрооборудование и электротехнологии

бакалавр

очная

## 1. Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины "Диагностика электроэнергетического оборудования" является формирование у обучающегося системы теоретических знаний и практических навыков о методах и средствах диагностирования электроэнергетического оборудования во время эксплуатации промышленных и сельскохозяйственных объектов

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций ОП ВО и овладение следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2 Способен к выполнению комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами	ПК-2.1 Осуществляет анализ материалов для эскизного, технического и рабочего проектов	<b>знает</b> Правила и требования для выполнения технического проекта <b>умеет</b> Читать конструкторскую документацию автоматизированных систем управления технологическими процессами <b>владеет навыками</b> Подготовкой комплекта конструкторской документации
ПК-2 Способен к выполнению комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами	ПК-2.2 Выполнение работ по расчету проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами.	<b>знает</b> Требования к расчету проектов системы управления <b>умеет</b> Ориентироваться в методиках расчёта проектов <b>владеет навыками</b> Методикой расчета проектов Автоматизированной системы управления
ПК-2 Способен к выполнению комплекта конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов автоматизированных систем управления технологическими процессами	ПК-2.3 Выполнение оформления документации проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами	<b>знает</b> Правила оформления документов для проектов <b>умеет</b> Применять правила оформления документации <b>владеет навыками</b> Выполнять оформление документации проектов автоматизированной системы управления процессами

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Диагностика электроэнергетического оборудования» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений программы.

Изучение дисциплины осуществляется в 8 семестре(-ах).

Для освоения дисциплины «Диагностика электроэнергетического оборудования» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин:

Электробезопасность

Монтаж электрооборудования и средств автоматики

Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики



1.1.	Основные понятия и положения диагностики электроэнергетического оборудования. Глоссарий основных терминов, используемых в области диагностики электроэнергетического оборудования. Методы диагностирования электроэнергетического оборудования	8	2,5	2,5				КТ 1	Устный опрос	ПК-2.1
2.	2 раздел. Организация диагностики электроэнергетического оборудования									
2.1.	Организация системы диагностирования электроэнергетического оборудования. Текущий и капитальный ремонт	8	2	2			11	КТ 1	Устный опрос	ПК-2.1
3.	3 раздел. Методы диагностики различных видов электроэнергетического оборудования									
3.1.	Диагностика оборудования кабельных линий. Диагностика оборудования воздушных линий электропередачи. Диагностика оборудования силовых масляных трансформаторов. Диагностика асинхронных электродвигателей	8	49,5	13,5		36	7	КТ 2	Устный опрос	ПК-2.3
	Промежуточная аттестация	За								
	Итого		72	18		36	18			
	Итого		72	18		36	18			

### 5.1. Лекционный курс с указанием видов интерактивной формы проведения занятий

Тема лекции (и/или наименование раздел) (вид интерактивной формы проведения занятий)/ (практическая подготовка)	Содержание темы (и/или раздела)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка
Основные понятия и положения диагностики электроэнергетического оборудования. Глоссарий основных терминов, используемых в области диагностики электроэнергетического оборудования. Методы диагностирования электроэнергетического оборудования	Основные понятия и положения диагностики электроэнергетического оборудования	2,5/0,5
Организация системы диагностирования электроэнергетического	Организация системы диагностирования электроэнергетического оборудования	2/1

оборудования. Текущий и капитальный ремонт		
Диагностика оборудования кабельных линий. Диагностика оборудования воздушных линий электропередачи. Диагностика оборудования силовых масляных трансформаторов. Диагностика асинхронных электродвигателей	Методы диагностики различных видов электроэнергетического оборудования	13,5/6,5
Итого		18

### 5.2.2. Лабораторные занятия с указанием видов проведения занятий в интерактивной форме

Наименование раздела дисциплины	Формы проведения и темы занятий (вид интерактивной формы проведения занятий)/(практическая подготовка)	Всего, часов / часов интерактивных занятий/ практическая подготовка	
		вид	часы
Диагностика оборудования кабельных линий. Диагностика оборудования воздушных линий электропередачи. Диагностика оборудования силовых масляных трансформаторов. Диагностика асинхронных электродвигателей	1.Диагностика оборудования кабельных линий. 2.Диагностика оборудования воздушных линий электропередачи. 3.Диагностика оборудования силовых масляных трансформаторов. 4.Диагностика асинхронных электродвигателей. 5.Диагностика масляных выключателей. 6.Диагностика элегазовых выключателей.	лаб.	36

### 5.3. Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен

### 5.4. Самостоятельная работа обучающегося

Темы и/или виды самостоятельной работы	Часы
Изучение рекомендованной литературы. Ответы на вопросы. Подготовка к лабораторной работе.	11
Изучение рекомендованной литературы. Ответы на вопросы. Подготовка к лабораторной работе.	7

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования» размещено в электронной информационно-образовательной среде Университета и доступно для обучающегося через его личный кабинет на сайте Университета. Учебно-методическое обеспечение включает:

1. Рабочую программу дисциплины «Диагностика электроэнергетического оборудования».
2. Методические рекомендации для организации самостоятельной работы обучающегося по дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования».
3. Методические рекомендации по выполнению письменных работ () (при наличии).
4. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы студентами заочной формы обучения (при наличии)
5. Методические указания по выполнению курсовой работы (проекта) (при наличии).

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Рекомендуемые источники информации (№ источника)		
		основная (из п.8 РПД)	дополнительная (из п.8 РПД)	метод. лит. (из п.8 РПД)
1	Организация системы диагностирования электроэнергетического оборудования. Текущий и капитальный ремонт. Изучение рекомендованной литературы. Ответы на вопросы. Подготовка к лабораторной работе.	Л1.4	Л2.1	Л3.1
2	Диагностика оборудования кабельных линий. Диагностика оборудования воздушных линий электропередачи. Диагностика оборудования силовых масляных трансформаторов. Диагностика асинхронных электродвигателей. Изучение рекомендованной литературы. Ответы на вопросы. Подготовка к лабораторной работе.	Л1.1, Л1.2, Л1.3, Л1.5	Л2.2	Л3.1

## 7. Фонд оценочных средств (оценочных материалов) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования»

### 7.1. Перечень индикаторов компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2		3		4	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-2.1: Осуществляет анализ материалов для эскизного, технического и рабочего проектов	Автоматизация тепловых процессов							x	
	Автоматизированный электропривод							x	
	Монтаж электрооборудования и средств автоматики						x		

Индикатор компетенции (код и содержание)	Дисциплины/элементы программы (практики, ГИА), участвующие в формировании индикатора компетенции	1		2		3		4	
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Технология ремонта электрооборудования			x					
	Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики						x		
	Электробезопасность					x			
	Энергосбытовая деятельность						x		
ПК-2.2:Выполнение работ по расчету проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами.	Автоматизация тепловых процессов							x	
	Автоматизированный электропривод							x	
	Монтаж электрооборудования и средств автоматики						x		
	Технология ремонта электрооборудования			x					
	Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики						x		
	Электробезопасность					x			
	Энергосбытовая деятельность						x		
ПК-2.3:Выполнение оформления документации проектов автоматизированной системы управления технологическими процессами	Автоматизация тепловых процессов							x	
	Автоматизированный электропривод							x	
	Монтаж электрооборудования и средств автоматики						x		
	Технология ремонта электрооборудования			x					
	Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики						x		
	Электробезопасность					x			
	Энергосбытовая деятельность						x		

## 7.2. Критерии и шкалы оценивания уровня усвоения индикатора компетенций, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования» проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в течение семестра с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а также для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования» проводится в виде Зачет.

За знания, умения и навыки, приобретенные студентами в период их обучения, выставляются оценки «ЗАЧТЕНО», «НЕ ЗАЧТЕНО». (или «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» для дифференцированного зачета/экзамена)

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки качества освоения образовательной программы.

Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся. Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине.

### Состав балльно-рейтинговой оценки студентов очной формы обучения

Для студентов очной формы обучения знания по осваиваемым компетенциям формируются на лекционных и практических занятиях, а также в процессе самостоятельной подготовки.

В соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки, принятой в Университете студентам начисляются баллы по следующим видам работ:

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижения компетенций	Максимальное количество баллов
<b>8 семестр</b>		
КТ 1	Устный опрос	15
КТ 2	Устный опрос	15
<b>Сумма баллов по итогам текущего контроля</b>		<b>30</b>
Посещение лекционных занятий		20
Посещение практических/лабораторных занятий		20
Результативность работы на практических/лабораторных занятиях		30
Итого		100

№ контрольной точки	Оценочное средство результатов индикаторов достижений компетенций	Максимальное количество баллов	Критерии оценки знаний студентов
<b>8 семестр</b>			

КТ 1	Устный опрос	15	<p><b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ВОПРОС 6-5</b> баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы, рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Ответы на поставленные вопросы в билете или дополнительные излагаются логично, последовательно и аргументированно. Всесторонне и глубоко раскрываются теоретические вопросы, определяющие причинно-следственные связи. 4 балла выставляется студенту, который грамотным языком, ясно, четко и понятно излагает состояние и суть вопроса, но при ответе допускает несущественные погрешности. Обучающийся показывает достаточный уровень профессиональных знаний, свободно оперирует понятиями,</p>
------	--------------	----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>методами исследований в профессиональной области, имеет представление о междисциплинарных связях, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые неточности. 3 балла выставляется студенту, если дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи, не способен конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции. На поставленные экзаменатором вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания. 2 балла выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 1 балл выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p>
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины.</p> <p>Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная.</p> <p>Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 0 баллов – при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.</p> <p><b>ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕРКУ УМЕНИЙ 6 баллов</b> выставляется студенту, который демонстрирует четкое понимание задания, определяет все данные, необходимые для решения задачи, а в случае их недостаточности осуществляет самостоятельный поиск информации для выполнения задания, предлагает обоснованный способ решения задания, этапы решения задания последовательны, не содержат ошибок. Предлагает несколько способов решения, но аргументированно выбирает наиболее рациональный или доказывает возможность единственно правильного решения.</p> <p>Дает развернутые комментарии, речь грамотная, последовательная.</p> <p>4 балла выставляется студенту, который грамотным языком, ясно, четко и понятно излагает свое решение, которое не в полной мере соответствует условиям, представленным в задании.</p> <p>Обучающийся использует все данные, которые приведены в содержании задания, но в случае их недостаточности не осуществляет поиск всей необходимой информации. Обучающийся осуществляет попытки проводить сравнение, осуществлять аргументацию, компилировать сведения из предложенных преподавателем источников для поиска решений в предложенных заданиях, однако демонстрирует некоторые неточности и погрешности. Ответ построен</p>
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>логично, материал излагается хорошим языком. 2 балла выставляется студенту, который демонстрирует отсутствие понимания смысла задания, затрудняется устанавливать причинно-следственные связи; соотносить общие и частные вопросы, не умеет проводить поиск информации и ее источников при поиске решения задания. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 0 баллов – при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к заданию. ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕРКУ НАВЫКОВ 8 баллов – Задачи решены в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. 6 баллов – Задачи решены с небольшими недочетами. 4 баллов – Задачи решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы. 2 балла – Задачи решены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов. 0 баллов – Задачи не решены или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

КТ 2	Устный опрос	15	<p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ВОПРОС 6-5 баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы, рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Ответы на поставленные вопросы в билете или дополнительные излагаются логично, последовательно и аргументированно. Всесторонне и глубоко раскрываются теоретические вопросы, определяющие причинно-следственные связи. 4 балла выставляется студенту, который грамотным языком, ясно, четко и понятно излагает состояние и суть вопроса, но при ответе допускает несущественные погрешности. Обучающийся показывает достаточный уровень профессиональных знаний, свободно оперирует понятиями, методами исследований в профессиональной области, имеет представление о междисциплинарных связях, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком, привлекается информативный и иллюстрированный материал, но при ответе допускает некоторые неточности. 3 балла выставляется студенту, если дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи, не способен конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое</p>
------	--------------	----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>оформление требует поправок, коррекции. На поставленные экзаменатором вопросы затрудняется с ответами, показывает недостаточно глубокие знания. 2 балла выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 1 балл выставляется студенту, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 0 баллов – при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.</p> <p><b>ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕРКУ УМЕНИЙ</b> 6 баллов выставляется студенту, который демонстрирует четкое понимание задания, определяет все данные, необходимые для решения задачи, а в случае их недостаточности осуществляет самостоятельный поиск информации для выполнения задания, предлагает обоснованный способ решения задания, этапы</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>решения задания последовательны, не содержат ошибок. Предлагает несколько способов решения, но аргументированно выбирает наиболее рациональный или доказывает возможность единственно правильного решения. Дает развернутые комментарии, речь грамотная, последовательная. 4 балла выставляется студенту, который грамотным языком, ясно, четко и понятно излагает свое решение, которое не в полной мере соответствует условиям, представленным в задании. Обучающийся использует все данные, которые приведены в содержании задания, но в случае их недостаточности не осуществляет поиск всей необходимой информации. Обучающийся осуществляет попытки проводить сравнение, осуществлять аргументацию, компилировать сведения из предложенных преподавателем источников для поиска решений в предложенных заданиях, однако демонстрирует некоторые неточности и погрешности. Ответ построен логично, материал излагается хорошим языком. 2 балла выставляется студенту, который демонстрирует отсутствие понимания смысла задания, затрудняется устанавливать причинно-следственные связи; соотносить общие и частные вопросы, не умеет проводить поиск информации и ее источников при поиске решения задания. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. 0 баллов – при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к заданию. <b>ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕРКУ НАВЫКОВ</b> 8 баллов – Задачи решены в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. 6 баллов – Задачи решены с небольшими недочетами. 4 баллов – Задачи</p>
--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>решены не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы. 2 балла – Задачи решены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов. 0 баллов – Задачи не решены или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Критерии и шкалы оценивания результатов обучения на промежуточной аттестации

При проведении итоговой аттестации «зачет» («дифференцированный зачет», «экзамен») преподавателю с согласия студента разрешается выставлять оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «зачет») по результатам набранных баллов в ходе текущего контроля успеваемости в семестре по выше приведенной шкале.

В случае отказа – студент сдает зачет (дифференцированный зачет, экзамен) по приведенным выше вопросам и заданиям. Итоговая успеваемость (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) не может оцениваться ниже суммы баллов, которую студент набрал по итогам текущей и промежуточной успеваемости.

При сдаче (зачета, дифференцированного зачета, экзамена) к заработанным в течение семестра студентом баллам прибавляются баллы, полученные на (зачете, дифференцированном зачете, экзамене) и сумма баллов переводится в оценку.

### Критерии и шкалы оценивания ответа на зачете

По дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования» к зачету допускаются студенты, выполнившие и сдавшие практические работы по дисциплине, имеющие ежемесячную аттестацию и без привязке к набранным баллам. Студентам, набравшим более 65 баллов, зачет выставляется по результатам текущей успеваемости, студенты, не набравшие 65 баллов, сдают зачет по вопросам, предусмотренным РПД. Максимальная сумма баллов по промежуточной аттестации (зачету) устанавливается в 15 баллов

Вопрос билета	Количество баллов
Теоретический вопрос	до 5
Задания на проверку умений	до 5
Задания на проверку навыков	до 5

#### Теоретический вопрос

5 баллов выставляется студенту, полностью освоившему материал дисциплины или курса в соответствии с учебной программой, включая вопросы рассматриваемые в рекомендованной программой дополнительной справочно-нормативной и научно-технической литературы, свободно владеющему основными понятиями дисциплины. Требуется полное понимание и четкость изложения ответов по экзаменационному заданию (билету) и дополнительным вопросам, заданных экзаменатором. Дополнительные вопросы, как правило, должны относиться к материалу дисциплины или курса, не отраженному в основном экзаменационном задании (билете) и выявляют полноту знаний студента по дисциплине.

4 балла заслуживает студент, ответивший полностью и без ошибок на вопросы экзаменационного задания и показавший знания основных понятий дисциплины в соответствии с обязательной программой курса и рекомендованной основной литературой.

3 балла дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью

преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.

2 балла дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

1 балл дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

0 баллов - при полном отсутствии ответа, имеющего отношение к вопросу.

Задания на проверку умений и навыков

5 баллов Задания выполнены в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет без замечаний. Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

4 балла Задания выполнены в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами.

2 баллов Задания выполнены с задержкой, письменный отчет с недочетами. Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы.

1 баллов Задания выполнены частично, с большим количеством вычислительных ошибок, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

0 баллов Задания выполнены, письменный отчет не представлен или работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

### **7.3. Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Диагностика электроэнергетического оборудования»**

Диагностика электроэнергетического оборудования

1. Дайте определение технической диагностики электроэнергетического оборудования согласно ГОСТ 20911-89. Какие основные задачи решает диагностика в системе управления техническим состоянием?

2. Чем отличается диагностика по техническому состоянию (ресурсный подход) от регламентной диагностики? Приведите преимущества и недостатки каждого подхода.

3. Какие виды диагностики выделяют по времени проведения? Дайте характеристику оперативной, плановой и внеочередной диагностики.

4. Что такое диагностический параметр? Приведите примеры прямых и косвенных диагностических параметров для силового трансформатора.

5. Объясните понятия «предельное состояние» и «критерий отказа» оборудования. Как они используются при планировании ремонтных работ?

Методы и средства диагностики

6. Перечислите основные методы неразрушающего контроля изоляции электрооборудования. Укажите физические принципы, лежащие в основе каждого метода.

7. В чем заключается суть хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле (ГДМ)? Какие дефекты оборудования позволяет выявить этот метод?

8. Какие параметры измеряются при диагностике изоляции методом измерения тангенса угла диэлектрических потерь ( $\tan \delta$ )? Почему этот метод считается более информативным, чем измерение сопротивления изоляции мегаомметром?

9. Опишите принцип работы тепловизионной диагностики электрооборудования. Какие дефекты коммутационного оборудования и контактных соединений можно выявить тепловизионным обследованием?

10. Какие методы используются для диагностики механической части масляных и

вакуумных выключателей? Какие параметры характеризуют исправность привода и контактной системы?

#### Диагностика силовых трансформаторов

11. Перечислите основные диагностические испытания силовых трансформаторов, проводимые при плановом техническом обслуживании согласно ПТЭ ЭСС. Укажите периодичность каждого вида испытаний.

12. Какие газы в составе ГДМ указывают на термические повреждения изоляции, а какие — на частичные разряды? Приведите характерные соотношения газов для разных видов дефектов.

13. Что такое коэффициент абсорбции и индекс поляризации при измерении сопротивления изоляции трансформатора? Как их значения используются для оценки увлажнения изоляции?

14. Какие параметры проверяются при диагностике устройства РПН (регулирования напряжения под нагрузкой)? Какие дефекты можно выявить по анализу переходных процессов при переключении?

15. Как определяется остаточный ресурс изоляции трансформатора на основе комплексной оценки результатов диагностики (ГДМ, механические свойства масла, электрические характеристики изоляции)?

#### Диагностика коммутационного оборудования

16. Какие параметры измеряются при диагностике вакуумных выключателей для оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры? Каковы критерии браковки камеры?

17. Опишите методику измерения временных характеристик масляных и элегазовых выключателей. Какие отклонения временных параметров свидетельствуют о неисправности привода или контактной системы?

18. Какие методы применяются для диагностики состояния контактов разъединителей и отделителей? Как оценивается качество контактных соединений?

19. Что такое «время собственного срабатывания» выключателя и как оно влияет на селективность действия релейной защиты? Какие допустимые отклонения установлены нормативными документами?

20. Какие дефекты элегазового оборудования (выключателей, КРУЭ) выявляются методом контроля чистоты и влажности элегаза?

#### Диагностика изоляции и кабельных линий

21. В чем отличие метода испытания кабельных линий переменным напряжением промышленной частоты от метода испытания напряжением прямого тока? Почему для кабелей с XLPE-изоляцией предпочтителен метод переменного напряжения?

22. Какие методы используются для поиска места повреждения изоляции кабельных линий? Опишите принцип работы рефлектометрического метода.

23. Что такое частичные разряды (ЧР) в изоляции электрооборудования? Какие методы применяются для их регистрации и измерения? Почему контроль ЧР важен для прогнозирования отказов?

24. Как оценивается состояние фарфоровых и полимерных изоляторов при визуальном осмотре и инструментальных методах диагностики? Какие дефекты являются критическими для дальнейшей эксплуатации?

#### Системы мониторинга и обработка данных

25. Какие параметры входят в состав систем непрерывного мониторинга состояния силовых трансформаторов (онлайн-диагностики)? Какие датчики устанавливаются на трансформаторе для реализации такой системы?

26. Что такое «цифровой паспорт оборудования» и как он используется при организации диагностики и прогнозировании остаточного ресурса?

27. Какие методы статистической обработки применяются для анализа диагностических данных при оценке надежности оборудования? Приведите пример использования метода Парето для анализа отказов.

28. Какие программные средства используются для автоматизации обработки результатов диагностики и формирования отчетной документации на предприятиях электроэнергетики?

#### Нормативная база и организация работ

29. Какие основные нормативные документы регламентируют проведение диагностики электрооборудования в России? Укажите не менее 4 документов (ГОСТ, ПТЭ ЭСС, отраслевые стандарты).

30. Опишите организационную структуру проведения диагностических работ на подстанции: какие службы и специалисты участвуют в диагностике, кто отвечает за интерпретацию результатов и принятие решений о ремонте?

Группа 1: Современные методы и технологии диагностики

1. Хроматографический анализ газов, растворенных в масле (ГДМ): от классической лабораторной диагностики к онлайн-мониторингу

Анализ эволюции метода ГДМ, сравнение лабораторных и онлайн-систем (например, HYDRAN, Kelman), интерпретация газовых ключей Роджерса и Дорненбурга, опыт применения на подстанциях Россети.

2. Термовизионная диагностика электрооборудования: возможности и ограничения инфракрасного контроля

Исследование физических основ ИК-диагностики, классификация дефектов по термограммам, влияние внешних факторов (погода, солнечная радиация), требования к квалификации оператора и сертификации оборудования.

3. Диагностика частичных разрядов (ЧР) в изоляции: методы регистрации, нормирование и прогнозирование отказов

Сравнительный анализ электрических и акустических методов регистрации ЧР, использование фазово-амплитудных распределений (ФАР) для идентификации типа дефекта, международные стандарты (МЭК 60270) и отечественный опыт.

4. Применение ультразвуковой диагностики для выявления коронных разрядов и утечек элегаза в КРУЭ

Физические принципы метода, сравнение с акустической и оптической диагностикой, портативные приборы (например, УД-2М), критерии оценки уровня ультразвука для принятия решений о ремонте.

5. Использование методов искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа диагностических данных электрооборудования

Обзор алгоритмов классификации дефектов (нейросети, деревья решений), кейсы применения ИИ для прогнозирования отказов трансформаторов, проблемы качества входных данных и валидации моделей.

Группа 2: Диагностика силовых трансформаторов

6. Комплексная диагностика изоляции силовых трансформаторов: от измерения R60/R15 до спектроскопии диэлектрического отклика (FDS)

Сравнение традиционных и современных методов оценки увлажнения изоляции, преимущества метода FDS для определения содержания влаги в целлюлозной изоляции без вывода трансформатора в ремонт.

7. Диагностика устройств РПН: анализ переходных процессов, измерение переходного сопротивления контактов, выявление износа контакторов

Методики измерения с использованием приборов типа ТМ10, интерпретация осциллограмм переключения, критерии замены контактов и привода РПН на основании диагностических данных.

8. Оценка остаточного ресурса изоляции трансформаторов по результатам комплексной диагностики

Методы расчета ресурса (модель Монтсингера, анализ продуктов старения целлюлозы), влияние перегрузок и температурного режима, рекомендации по продлению срока службы оборудования.

9. Онлайн-мониторинг силовых трансформаторов: системы контроля температуры, влажности масла, газового состава и частичных разрядов

Обзор отечественных (например, «Энергосервис», «Элкотек») и зарубежных систем мониторинга, интеграция с АСУ ТП подстанций, экономическая эффективность внедрения.

10. Диагностика трансформаторов с сухой изоляцией: особенности методов контроля и критерии оценки состояния

Сравнение с масляными трансформаторами, методы контроля температуры обмоток (оптоволоконные датчики), выявление трещин в эпоксидной изоляции, специфика ремонта и восстановления.

Группа 3: Диагностика коммутационного оборудования

11. Диагностика вакуумных выключателей: методы оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры

Анализ методов (измерение контактного сопротивления, проверка на пробой повышенным напряжением, анализ спектра излучения дуги), критерии замены камеры, проблемы импортозамещения ВДК.

12. Измерение временных характеристик высоковольтных выключателей: методики, приборы, интерпретация результатов

Стандартные временные параметры (время включения/отключения, одновременность замыкания/размыкания фаз), влияние состояния привода на временные характеристики, диагностика неисправностей по отклонениям от нормы.

13. Диагностика элегазового оборудования (КРУЭ): контроль чистоты, влажности и разложения элегаза при дуговых процессах

Методы газового анализа (хроматография, ИК-спектроскопия), нормативные значения содержания продуктов разложения ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{HF}$ ), корреляция с состоянием контактной системы и изоляции.

14. Диагностика разъединителей и заземлителей: оценка состояния контактных соединений и механической части

Методы измерения переходного сопротивления, термовизионный контроль, диагностика износа шарнирных соединений и приводных механизмов, особенности диагностики в условиях Крайнего Севера.

15. Сравнительный анализ надежности и диагностической информативности масляных, вакуумных и элегазовых выключателей напряжением 6–35 кВ

Статистика отказов по видам выключателей (данные Россети, ФСК ЕЭС), сравнение стоимости жизненного цикла, перспективы замены масляных выключателей в распределительных сетях РФ.

Группа 4: Диагностика кабельных линий и изоляции

16. Диагностика кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена (XLPE): методы испытаний и поиска повреждений

Проблемы испытаний кабелей постоянным напряжением, преимущества метода резонансных испытаний переменным напряжением (0,1 Гц), современные рефлектометры и трассоискатели.

17. Оценка состояния бумажно-масляной изоляции силовых кабелей по результатам измерения  $\text{tg } \delta$  и емкости изоляции

Методики измерения, влияние влаги и старения на диэлектрические параметры, критерии вывода кабеля в ремонт или замену, опыт продления срока службы кабелей после сушки.

18. Диагностика изоляторов воздушных линий электропередачи: от визуального осмотра до ультразвукового контроля

Методы выявления трещин в фарфоре, контроль состояния полимерных изоляторов (старение гидрофобности), использование дронов для инспекции ВЛ, нормативные требования к замене изоляторов.

19. Системы мониторинга распределительных кабельных сетей 6–20 кВ: контроль температуры жил, частичных разрядов и параметров заземления

Обзор распределенных систем мониторинга (оптоволоконные датчики температуры), интеграция с системами учета потерь электроэнергии, экономическая целесообразность внедрения в городских сетях.

20. Диагностика соединительных и концевых муфт кабельных линий: термовизионный контроль и методы выявления дефектов изоляции

Типичные дефекты муфт (неправильная заделка, увлажнение), методы неразрушающего контроля, статистика отказов по муфтам в распределительных сетях РФ.

Группа 5: Нормативная база, организация и экономика диагностики

21. Эволюция нормативной базы диагностики электрооборудования в России: от РД 34.45-51.300-97 к современным стандартам

Анализ изменений в требованиях к диагностике за последние 20 лет, гармонизация с международными стандартами (МЭК), проблемы применения зарубежных методик к отечественному оборудованию.

22. Сравнительный анализ подходов к диагностике электрооборудования в России, ЕС и Китае

Особенности регламентных сроков ТОиР, роль онлайн-мониторинга, государственная

политика в области импортозамещения диагностического оборудования, опыт цифровизации диагностики.

23. Экономическая эффективность перехода от регламентной диагностики к диагностике по техническому состоянию (ресурсному подходу)

Методики расчета экономии от оптимизации ремонтных программ, кейсы снижения простоев оборудования, влияние на показатели SAIDI/SAIFI в распределительных сетях.

24. Организация службы диагностики на предприятии электроэнергетики: структура, квалификационные требования, взаимодействие со службами эксплуатации и ремонта

Анализ лучших практик Россети и ФСК ЕЭС, требования к аттестации персонала, организация лабораторий и передвижных диагностических комплексов.

25. Проблемы импортозамещения диагностического оборудования и программного обеспечения в электроэнергетике РФ

Обзор отечественных аналогов зарубежных приборов (мегаомметры, анализаторы ГДМ, термовизоры), проблемы совместимости и метрологической поверки, государственная поддержка разработок.

Группа 6: Перспективные направления и специальные темы

26. Цифровой двойник электрооборудования: концепция, технологии реализации и применение для прогнозной диагностики

Архитектура цифрового двойника трансформатора/выключателя, интеграция с IoT-датчиками, использование для симуляции аварийных режимов и оптимизации ремонтных программ.

27. Диагностика оборудования возобновляемых источников энергии: особенности контроля состояния инверторов, трансформаторов и кабельных линий солнечных и ветровых электростанций

Специфика отказов оборудования ВИЭ, влияние климатических факторов на надежность, адаптация традиционных методов диагностики к новым типам оборудования.

28. Использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) для диагностики оборудования открытых распределительных устройств и воздушных линий

Технологии мультиспектральной съемки, автоматическая обработка термограмм, нормативные ограничения применения дронов в охранной зоне ЛЭП, экономическая эффективность.

29. Диагностика оборудования подстанций в условиях Крайнего Севера и других сложных климатических зон РФ

Влияние низких температур на характеристики изоляции и смазочных материалов, специфика методов диагностики в зимний период, адаптация оборудования и приборов к экстремальным условиям.

30. Экологические аспекты диагностики и утилизации электрооборудования: контроль выбросов элегаза, утилизация трансформаторного масла, переработка изоляционных материалов

Международные соглашения (Кигалийская поправка к Монреальскому протоколу), технологии регенерации масла и элегаза, требования к экологической безопасности при диагностике и ремонте.

Методические рекомендации для студентов:

Структура реферата:

Титульный лист и оглавление

Введение (актуальность темы, цель и задачи исследования)

Теоретическая часть (обзор методов, нормативная база)

Практическая часть (анализ кейсов, сравнение методов, расчеты)

Заключение (выводы, перспективы развития)

Список литературы (не менее 15 источников, включая ГОСТы, ПТЭ ЭСС, научные статьи за последние 5 лет)

Приложения (схемы, таблицы, фотографии диагностических приборов)

Ключевые источники:

ПТЭ ЭСС (Приказ Минэнерго РФ № 1070 от 04.10.2022)

ГОСТ Р 57351-2016, ГОСТ 20911-89, ГОСТ 18322-78

РД 34.45-51.300-97 (действует частично, но важен для исторического контекста)

Журналы: «Электрические станции», «Новости электротехники», IEEE Transactions on

## Power Delivery

Отчеты Россети и ФСК ЕЭС по надежности оборудования

Материалы конференций: «Электро», «Росэлектро», CIGRE

Диагностика электроэнергетического оборудования

1. Дайте определение технической диагностики электроэнергетического оборудования согласно ГОСТ 20911-89. Какие основные задачи решает диагностика в системе управления техническим состоянием?

2. Чем отличается диагностика по техническому состоянию (ресурсный подход) от регламентной диагностики? Приведите преимущества и недостатки каждого подхода.

3. Какие виды диагностики выделяют по времени проведения? Дайте характеристику оперативной, плановой и внеочередной диагностики.

4. Что такое диагностический параметр? Приведите примеры прямых и косвенных диагностических параметров для силового трансформатора.

5. Объясните понятия «предельное состояние» и «критерий отказа» оборудования. Как они используются при планировании ремонтных работ?

Методы и средства диагностики

6. Перечислите основные методы неразрушающего контроля изоляции электрооборудования. Укажите физические принципы, лежащие в основе каждого метода.

7. В чем заключается суть хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле (ГДМ)? Какие дефекты оборудования позволяет выявить этот метод?

8. Какие параметры измеряются при диагностике изоляции методом измерения тангенса угла диэлектрических потерь ( $\tan \delta$ )? Почему этот метод считается более информативным, чем измерение сопротивления изоляции мегаомметром?

9. Опишите принцип работы тепловизионной диагностики электрооборудования. Какие дефекты коммутационного оборудования и контактных соединений можно выявить тепловизионным обследованием?

10. Какие методы используются для диагностики механической части масляных и вакуумных выключателей? Какие параметры характеризуют исправность привода и контактной системы?

Диагностика силовых трансформаторов

11. Перечислите основные диагностические испытания силовых трансформаторов, проводимые при плановом техническом обслуживании согласно ПТЭ ЭСС. Укажите периодичность каждого вида испытаний.

12. Какие газы в составе ГДМ указывают на термические повреждения изоляции, а какие — на частичные разряды? Приведите характерные соотношения газов для разных видов дефектов.

13. Что такое коэффициент абсорбции и индекс поляризации при измерении сопротивления изоляции трансформатора? Как их значения используются для оценки увлажнения изоляции?

14. Какие параметры проверяются при диагностике устройства РПН (регулирования напряжения под нагрузкой)? Какие дефекты можно выявить по анализу переходных процессов при переключении?

15. Как определяется остаточный ресурс изоляции трансформатора на основе комплексной оценки результатов диагностики (ГДМ, механические свойства масла, электрические характеристики изоляции)?

Диагностика коммутационного оборудования

16. Какие параметры измеряются при диагностике вакуумных выключателей для оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры? Каковы критерии браковки камеры?

17. Опишите методику измерения временных характеристик масляных и элегазовых выключателей. Какие отклонения временных параметров свидетельствуют о неисправности привода или контактной системы?

18. Какие методы применяются для диагностики состояния контактов разъединителей и отделителей? Как оценивается качество контактных соединений?

19. Что такое «время собственного срабатывания» выключателя и как оно влияет на селективность действия релейной защиты? Какие допустимые отклонения установлены нормативными документами?

20. Какие дефекты элегазового оборудования (выключателей, КРУЭ) выявляются методом контроля чистоты и влажности элегаза?

## Диагностика изоляции и кабельных линий

21. В чем отличие метода испытания кабельных линий переменным напряжением промышленной частоты от метода испытания напряжением прямого тока? Почему для кабелей с XLPE-изоляцией предпочтителен метод переменного напряжения?

22. Какие методы используются для поиска места повреждения изоляции кабельных линий? Опишите принцип работы рефлектометрического метода.

23. Что такое частичные разряды (ЧР) в изоляции электрооборудования? Какие методы применяются для их регистрации и измерения? Почему контроль ЧР важен для прогнозирования отказов?

24. Как оценивается состояние фарфоровых и полимерных изоляторов при визуальном осмотре и инструментальных методах диагностики? Какие дефекты являются критическими для дальнейшей эксплуатации?

## Системы мониторинга и обработка данных

25. Какие параметры входят в состав систем непрерывного мониторинга состояния силовых трансформаторов (онлайн-диагностики)? Какие датчики устанавливаются на трансформаторе для реализации такой системы?

26. Что такое «цифровой паспорт оборудования» и как он используется при организации диагностики и прогнозировании остаточного ресурса?

27. Какие методы статистической обработки применяются для анализа диагностических данных при оценке надежности оборудования? Приведите пример использования метода Парето для анализа отказов.

28. Какие программные средства используются для автоматизации обработки результатов диагностики и формирования отчетной документации на предприятиях электроэнергетики?

## Нормативная база и организация работ

29. Какие основные нормативные документы регламентируют проведение диагностики электрооборудования в России? Укажите не менее 4 документов (ГОСТ, ПТЭ ЭСС, отраслевые стандарты).

30. Опишите организационную структуру проведения диагностических работ на подстанции: какие службы и специалисты участвуют в диагностике, кто отвечает за интерпретацию результатов и принятие решений о ремонте?

## Группа 3: Диагностика коммутационного оборудования

11. Диагностика вакуумных выключателей: методы оценки состояния вакуумной дугогасительной камеры

Анализ методов (измерение контактного сопротивления, проверка на пробой повышенным напряжением, анализ спектра излучения дуги), критерии замены камеры, проблемы импортозамещения ВДК.

12. Измерение временных характеристик высоковольтных выключателей: методики, приборы, интерпретация результатов

Стандартные временные параметры (время включения/отключения, одновременность замыкания/размыкания фаз), влияние состояния привода на временные характеристики, диагностика неисправностей по отклонениям от нормы.

13. Диагностика элегазового оборудования (КРУЭ): контроль чистоты, влажности и разложения элегаза при дуговых процессах

Методы газового анализа (хроматография, ИК-спектроскопия), нормативные значения содержания продуктов разложения ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{HF}$ ), корреляция с состоянием контактной системы и изоляции.

14. Диагностика разъединителей и заземлителей: оценка состояния контактных соединений и механической части

Методы измерения переходного сопротивления, термовизионный контроль, диагностика износа шарнирных соединений и приводных механизмов, особенности диагностики в условиях Крайнего Севера.

15. Сравнительный анализ надежности и диагностической информативности масляных, вакуумных и элегазовых выключателей напряжением 6–35 кВ

Статистика отказов по видам выключателей (данные Россети, ФСК ЕЭС), сравнение стоимости жизненного цикла, перспективы замены масляных выключателей в распределительных сетях РФ.

#### Группа 4: Диагностика кабельных линий и изоляции

16. Диагностика кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена (XLPE): методы испытаний и поиска повреждений

Проблемы испытаний кабелей постоянным напряжением, преимущества метода резонансных испытаний переменным напряжением (0,1 Гц), современные рефлектометры и трассоискатели.

17. Оценка состояния бумажно-масляной изоляции силовых кабелей по результатам измерения  $\tan \delta$  и емкости изоляции

Методики измерения, влияние влаги и старения на диэлектрические параметры, критерии вывода кабеля в ремонт или замену, опыт продления срока службы кабелей после сушки.

18. Диагностика изоляторов воздушных линий электропередачи: от визуального осмотра до ультразвукового контроля

Методы выявления трещин в фарфоре, контроль состояния полимерных изоляторов (старение гидрофобности), использование дронов для инспекции ВЛ, нормативные требования к замене изоляторов.

19. Системы мониторинга распределительных кабельных сетей 6–20 кВ: контроль температуры жил, частичных разрядов и параметров заземления

Обзор распределенных систем мониторинга (оптоволоконные датчики температуры), интеграция с системами учета потерь электроэнергии, экономическая целесообразность внедрения в городских сетях.

20. Диагностика соединительных и концевых муфт кабельных линий: термовизионный контроль и методы выявления дефектов изоляции

Типичные дефекты муфт (неправильная заделка, увлажнение), методы неразрушающего контроля, статистика отказов по муфтам в распределительных сетях РФ.

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

а) Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### **основная**

Л1.1 Привалов Е. Е. Тепловизионная диагностика электроэнергетического оборудования: учеб. пособие. - Москва-Берлин: Direct Media, 2015. - 1,31 МБ

Л1.2 Привалов Е. Е. Диагностика электроэнергетического оборудования: учеб. пособие. - Ставрополь: Параграф-Д, 2015. - 2,85 МБ

Л1.3 Гринченко В. А. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Диагностика электроэнергетического оборудования": направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». - Ставрополь, 2017. - 818 КБ

Л1.4 Гринченко В. А. Организация самостоятельной работы обучающихся по дисциплине "Диагностика электроэнергетического оборудования": учеб. пособие для бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (очная и заочная форма) (акад. и прикл. бакалавриат). - Ставрополь: Бюро новостей, 2019. - 209 КБ

Л1.5 Гринченко В. А. Организация и проведение практических работ по дисциплине "Диагностика электроэнергетического оборудования": учеб. пособие для бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (очная форма) прикл. бакалавриат. - Ставрополь: Бюро новостей, 2019. - 851 КБ

#### **дополнительная**

Л2.1 Хренников А. Ю. Высоковольтное электротехническое оборудование в электроэнергетических системах: диагностика, дефекты, повреждаемость, мониторинг [Электронный ресурс]: учеб. пособие ; ВО - Магистратура. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 186 с. – Режим доступа: <http://new.znaniium.com/go.php?id=982407>

Л2.2 Гринченко В. А. Конспект лекций по дисциплине "Диагностика электроэнергетического оборудования": учеб. пособие направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (очная и заочная форма) (акад. и прикл. бакалавриат). - Ставрополь: Бюро новостей, 2019. - 3,01 МБ

б) Методические материалы, разработанные преподавателями кафедры по дисциплине, в соответствии с профилем ОП.

ЛЗ.1 Гринченко В. А. Организация и проведение лабораторных работ по дисциплине "Диагностика электроэнергетического оборудования": учеб. пособие для бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (очная и заочная форма) акад. бакалавриат. - Ставрополь: Бюро новостей, 2019. - 917 КБ

#### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

№	Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
1	Электротехническое и электроэнергетическое оборудование: Megger, GE Energy, Vaur, Elspec	<a href="http://www.electropergam.ru/">http://www.electropergam.ru/</a>

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

Гринченко, В. А. Конспект лекций по дисциплине «Диагностика электроэнергетического оборудования» : Учебное пособие для бакалавров очной формы обучения по направлению 35.03.06 – «Агроинженерия» / В. А. Гринченко. – Ставрополь : Бюро новостей, 2020. – 146 с.

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства и информационных справочных систем (при необходимости).**

##### *11.1 Перечень лицензионного программного обеспечения*

1. Kaspersky Total Security - Антивирус
2. Microsoft Windows Server STDCORE AllLngLicense/Software AssurancePack Academic OLV 16Licenses LevelE AdditionalProduct CoreLic 1Year - Серверная операционная система
3. OPERA - Система управления отелем

##### *11.3 Перечень программного обеспечения отечественного производства*

1. Kaspersky Total Security - Антивирус

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

#### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Номер аудитор ии	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
-------	---------------------------------------------------------------------------	------------------	---------------------------------------------------------------------------

1	Учебная аудитория для проведения занятий всех типов (в т.ч. лекционного, семинарского, практической подготовки обучающихся), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	206/ЭЭ Ф 307/ЭЭ Ф	<p>Оснащение: специализированная мебель на 117 посадочных мест, персональный компьютер – 1 шт., телевизор LG 65UH LED -1 шт., Звуковая аппаратура – 1 шт., документ-камера портативная Aver Vision – 1 шт., коммутатор Comrex DS – 1 шт., магнитно-маркерная доска 90x180 – 1 шт, учебно-наглядные пособия в виде тематических презентаций, подключение к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, выход в корпоративную сеть университета.</p> <p>Оснащение: специализированная учебная мебель на 24 посадочных мест, Интерактивная доска Smart Board 680 – 1 шт, Автоматическое рабочее место специалиста(тип 5)(Kraftway Credo KC 36) – 1 шт.; Компьютер PC "FALCON" – 1 шт.; Люксметр ТКА-ПКМ (модель 31) – 8 шт.; Люксметр+УФ-Радиометр ТКА-ПКМ – 2 шт.; Проектор BenQ MS621 – 1 шт.; Осциллограф цифровой GOOD WIL GRS -6032A – 2 шт.; Стол регулировщика радиоаппаратуры – 2 шт. подключение к сети «Интернет», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, выход в корпоративную сеть</p>
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, подтверждающее наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования		

### 13. Особенности реализации дисциплины лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения промежуточной аттестации оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на промежуточной аттестации зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

в) для глухих и слабослышащих:

- на промежуточной аттестации присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- промежуточная аттестация проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента промежуточная аттестация может проводиться в письменной форме;

д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента промежуточная аттестация проводится в устной форме.

Рабочая программа дисциплины «Диагностика электроэнергетического оборудования» составлена на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 г. № 813).

Автор (ы)

\_\_\_\_\_ доц. , ктн Бобрышев Андрей Владимирович

Рецензенты

\_\_\_\_\_ доц. , ктн Адошев Андрей Иванович

\_\_\_\_\_ доц. , кфмн Яновский Александр Александрович

Рабочая программа дисциплины «Диагностика электроэнергетического оборудования» рассмотрена на заседании Кафедра электрооборудования и энергообеспечения АПК протокол № 7 от 03.03.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Никитенко Геннадий Владимирович

Рабочая программа дисциплины «Диагностика электроэнергетического оборудования» рассмотрена на заседании учебно-методической комиссии Институт механики и энергетики протокол № 7 от 17.03.2025 г. и признана соответствующей требованиям ФГОС ВО и учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Руководитель ОП \_\_\_\_\_