

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Техника высоких напряжений

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Направленность образовательной программы

Электрорадиотехника

Форма обучения

очная, очно-заочная

г. Балахна

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.26 Техника высоких напряжений относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПКО-1: Способен участвовать в научно-практических исследованиях объектов профессиональной деятельности	ПКО-1.1: Демонстрирует способности участвовать в научно-практических работах по исследованию и анализу объектов профессиональной деятельности	ПКО-1.1: Знает существо физических явлений, происходящих в установках высоких напряжений. Умеет применять методы расчёта электрических и магнитных цепей, применять знания из курсов естественно-научных дисциплин для анализа, происходящих в высоковольтном электрооборудовании, процессов и явлений Владеет методами и средствами контроля технического состояния и эксплуатации электроэнергетических систем и сетей, источников и схем электропитания радиотехнических систем.	Задачи	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы Задачи
ПКО-3: Способен выполнять и использовать требования техники безопасности при проектировании, конструировании и практических работах с объектами профессиональной деятельности	ПКО-3.1: Использует знания и показывает способности выполнения и применения требований техники безопасности при проектировании, конструировании, техническом сопровождении и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПКО-3.1: Знает требования техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики, электротехники и электрорадиотехническими системами. Умеет применять методы техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики,	Задачи	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы Задачи

		электротехники и электрорадиотехническими системами Владеет методами и средствами практического применения требований техники безопасности.		
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	3	3
Часов по учебному плану	108	108
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	16	10
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32	20
- КСР	1	1
самостоятельная работа	59	77
Промежуточная аттестация	0 Зачёт с оценкой	0 Зачёт с оценкой

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе								
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы		
											Занятия лекционного типа
			ОФ	ОЗФ	ОФ	ОЗФ	ОФ	ОЗФ			
1, Введение	10	10	1	1	1	1	2	2	8	8	
2, Разряды в диэлектриках	15	15	2	1	5	2	7	3	8	12	
3. Высоковольтная изоляция	26	26	4	2	8	5	12	7	14	19	
4, Высоковольтное испытательное оборудование и измерения	30	26	4	3	10	5	14	8	16	18	
5, Перенапряжения и защита от них	26	30	5	3	8	7	13	10	13	20	
Аттестация	0	0									
КСР	1	1						1	1		

Итого	108	108	16	10	32	20	49	31	59	77
-------	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение

Основные виды электрооборудования Техника высоких напряжений.

Методы контроля технического состояния и эксплуатации.

Раздел 2. Разряды в диэлектриках Механизмы пробоя газовых сред Механизмы пробоя в жидких

диэлектриках Механизмы пробоя в твёрдых диэлектриках

Особенности пробоя диэлектриков в различных типах электрических полей Раздел 3. Высоковольтная изоляция

Внешняя изоляция электрооборудования Внутренняя изоляция электроустановок

Дефекты изоляции и механизмы их возникновения. Методы контроля технического состояния и эксплуатации.

Раздел 4. Высоковольтное испытательное оборудование и измерения

Испытания электрооборудования. Методы контроля технического состояния и эксплуатации.

Испытательные установки.

Измерения испытательных напряжений

Раздел 5. Перенапряжения и защита от них Перенапряжения в электрических сетях

Защита от перенапряжений

Техника безопасности при работе с высоковольтным оборудованием

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

-, -.

Открытые онлайн-курсы MOOC:

-, -.

Иные учебно-методические материалы:

-

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПКО-1:

1. 1) Виды электрических полей.
- 2) Классификация ионизационных процессов. Виды ионизации.
- 3) Виды эмиссионных процессов.
- 4) Что такое фотопроцессы?
- 5) Приведите уравнения самостоятельности электрического разряда в газе.
- 6) Каков смысл коэффициентов в уравнении самостоятельности электрического разряда в газе?
- 7) Что такое «стример»? Каков критерий лавинно-стримерного перехода?
- 8) Каковы особенности разряда в резко неоднородных полях?
- 9) Что такое «лидер»? Каков критерий стримерно-лидерного перехода?
- 10) Назовите основные стадии развития молниевых разрядов?
- 11) В чём заключается эффект полярности?
- 12) Основные типы проводимости жидких диэлектриков?
- 13) В чём состоят условия работы и требования, предъявляемые к изоляции высоковольтного электрооборудования? Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 14) Назначение и конструктивные особенности изоляции воздушных ЛЭП.
- 15) Каково исполнение опорных изоляторов для внутренней и наружной установок?
- 16) Особенности назначения и конструктивного исполнения проходных изоляторов
- 17) Высоковольтные вводы: назначение, тип изоляции, конструктивное исполнение. Современные типы высоковольтных вводов. Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 18) Каковы характеристики основных материалов, применяемых в силовых конденсаторах?
- 19) Конструктивные особенности изоляции трансформаторов напряжения.
- 20) Силовые трансформаторы: назначение, конструктивное исполнение изоляции.
- 21) Как классифицируются трансформаторы в высоковольтной технике?
- 22) Какие требования предъявляются к испытательным трансформаторам?
- 23) В силу, каких причин повышение напряжения трансформатора более 750 кВ оказывается нецелесообразным?
- 24) Способы получения постоянных напряжений.
- 25) Приведите схему и поясните принцип работы генератора импульсных токов.
- 26) В чём состоит принципиальное различие в работе ГИН и ГИТ?
- 27) Назовите способы измерения высоких напряжений. В чём состоят сложности при измерении на высоком напряжении? Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 28) В каких областях современной промышленности используется высоковольтное испытательное оборудование? Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 29) Классификация перенапряжений и их кратность.

- 30) В чём состоит принципиальное отличие внешних перенапряжений от внутренних?
- 31) Почему грозовые перенапряжения наиболее опасны для сетей средних классов напряжения, а коммутационные для сетей высших классов напряжений?
- 32) Грозозащита ЛЭП и подстанций. Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 33) Защита подстанций от набегающих волн.
- 34) Зона защиты тросового молниеотвода.
- 35) Каким образом импульсная корона влияет на параметры грозового импульса, распространяющегося по линии электропередачи?
- 36) В чём заключаются принципы работы ограничителя перенапряжений?
- 37) Между двумя точками в изолирующей среде, расположенными на расстоянии 2 мм, действует разность потенциалов 400 В. Определить напряжённость электрического поля на заданном участке.
- 38) Определить диэлектрическую проницаемость кварцевого стекла, если относительная диэлектрическая проницаемость равна 4,0.
- 39) Определить электрическое смещение в точке поля напряжённостью 15 кВ/м, если изолирующей средой является трансформаторное масло, относительная диэлектрическая проницаемость которого равна 2,2.
- 40) Определить ёмкость конденсатора в мкФ, если при частоте 50 Гц ток в цепи с конденсатором равен 5 мА, а напряжение, приложенное к электродам, - 400 В.
- 41) Конденсатор ёмкостью 3 мкФ заряжен до напряжения 4 кВ. Определить величину заряда, накопленного на его электродах.
- 42) Определить электрическое смещение в точке электрического поля напряжённостью 10 кВ/см, если изолирующей средой является воздух.
- 43) Определить величину связанного заряда, индуктированного на проводящей пластине в 1 см², внесённой в электрическое поле перпендикулярно силовым линиям. Напряжённость электрического поля 12 кВ/см. Изолирующей средой является трансформаторное масло с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 2,5.
- 44) Определить напряжённость электрического поля на участке протяжённостью 0,4 мм, если разность потенциалов между точками, ограничивающими участок, 600 В.
- 45) Потенциалы электродов изолированного от земли конденсатора равны +/- 2000 В. Определить напряжение, действующее между его выводами.
- 46) Определить величину заряда конденсатора ёмкостью 2 мкФ, если напряжение между его выводами 100 В.
- 47) Плоский конденсатор с воздушной изоляцией имеет ёмкость 100 пФ и заряжен до напряжения 2 кВ. Определить напряжённость электрического поля между его электродами, имеющими площадь 625 см².
- 48) Одиночная сфера в воздухе имеет ёмкость 29 пФ и заряжена до напряжения 30 кВ. Определить напряжённость электрического поля у поверхности сферы, если ее радиус 20 см.
- 49) Для измерения напряжения 110 кВ применена схема ёмкостного делителя, состоящая из двух последовательно соединённых конденсаторов С1 и электростатического вольтметра на напряжение 10 кВ, шунтированного конденсатором ёмкостью С2 = 100 пФ. Определить ёмкость каждого из конденсаторов С1, если ёмкость вольтметра 20 пФ.

- 50) Плоский конденсатор с воздушной изоляцией и дисковыми электродами с закруглёнными краями имеет расстояние между электродами 2 см. определить напряжённость электрического поля в изоляции, если приложенное напряжение равно 40 кВ. Расчёт повторить для случая, когда между электродами при том же расстоянии введена стеклянная пластина толщиной 1 см с относительной диэлектрической проницаемостью, равной 6.
- 51) Плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами 0,5 см заряжен до напряжения 10 кВ. Определить изменение напряжения между электродами, если развести пластины на 5 см, предположив, что заряд при это не изменится.
- 52) Проходной цилиндрический изолятор имеет сечение токоведущего стержня 4 см². Изоляция – текстолит ($\epsilon'_{пр} = 80$ кВ/см). Напряжение между стержнем и фланцем 140 кВ. Коэффициент запаса прочности 1,4. Определить внутренний радиус крепящего фланца. Произвести расчёт радиусов стержня и фланца, исходя из минимальной толщины слоя изоляции, при сохранении прочих заданных условий.
- 53) Определить ёмкость одножильного маслонаполненного кабеля на 110 кВ длиной 1000 м, с внешним диаметром его полый жилы 22,7 мм и наружным диаметром бумажной изоляции 46,7 мм при относительной диэлектрической проницаемости 3,5.
- 54) Определить ёмкость цилиндрического воздушного конденсатора и допустимое напряжение между его электродами, если диаметр внутреннего цилиндра 20 см, а наружного в 2 раза больше. Допустимую напряжённость электрического поля принять $E_{\max} = 30$ кВ/см, длину конденсатора 100 см.
- 55) Определить ёмкость одножильного маслонаполненного кабеля на 110 кВ длиной 1000 м, с внешним диаметром его полый жилы 22,7 мм и наружным диаметром бумажной изоляцией 46,7 мм при относительной диэлектрической проницаемости 3,5.
- 56) Одножильный кабель напряжением 40 кВ имеет радиус заземлённой свинцовой оболочки 3,6 см. Определить: характер изменения напряжённости электрического поля у поверхности токоведущей жилы при постепенном увеличении её радиуса от 0,6 до 3,6 см; распределение потенциала в толще изоляции при неизменном радиусе внутренней жилы 0,6 см.
- 57) Определить пробивное напряжение проходного цилиндрического изолятора, работающего в установке напряжением 110 кВ. Изолятор имеет три слоя изоляции: бакелизированная бумага, масло и фарфор с пробивными напряжённостями электрического поля 110; 63,7 и 65 кВ/см, при диэлектрических проницаемостях: 4,3; 2,5; 5,5, соответственно.
- 58) Определить ёмкость провода и напряжённость электрического поля вблизи поверхности с радиусом 6 мм, протянутого на уровне 2 м над землёй. Потенциал провода равен 20 кВ.
- 59) Под проводом линии электропередачи с напряжением 220 кВ подвешен надёжно изолированный провод. Определить потенциал, наведённый на этом проводе, если радиусы проводов одинаковы и равны 10 мм, а расстояние между проводами и нижним проводом и землёй 3 м.
- 60) Воздушный промежуток в 1 см между плоскими электродами характеризуется давлением 760 мм.рт.ст. и напряжённостью электрического поля 29 кВ/см. Определить число электронов, достигающих анода, если с катода отрывается 1 эл/с, а в промежутке происходит процесс ударной ионизации.
- 61) Для измерения напряжения, близкого к 200 кВ, используются шаровые разрядники. Определить, исходя из величины допустимой погрешности измерения, наименьшей и наибольшей диаметры их сфер.
- 62) Определить пробивные напряжения между двумя изолированными стержнями, удалёнными друг от друга в воздухе на расстоянии 120, 220, 800 см. Содержание влаги 20 г/м³, температура воздуха 30 °С и давление 740 мм.рт.ст.

- 63) Трансформатор на 220 кВ установлен на открытой части распределительного устройства. Определить минимально допустимое приближение токоведущих частей трансформатора к металлическим частям конструкций, если воздушный промежуток имеет запас прочности 4.
- 64) Определить длину волны излучения неона при тлеющем разряде в высоковольтной газосветной трубке, если известно, что при давлении в трубке 7 - 8 мм.рт.ст. большинство электронов совершает переходы с орбиты с энергетическим уровнем 29,810-12 эв на орбиту с уровнем 26,610-12 эв.
- 65) Определить потери активной мощности на корону для линии электропередачи при напряжении 154 кВ, если протяжённость линии 100 км, провод АС-50 с радиусом 0,48 см, провода расположены треугольником с расстоянием между ними 500 см. Температура воздуха 0 °С, давление 710 мм.рт.ст., коэффициент негладкости 0,85, погода ясная.
- 66) Определить защитный уровень линии, если средняя высота подвеса нижнего провода линии 9,2 м, а геометрический коэффициент связи между тросами и нижними проводами 0,18.
- 67) Определить защитный уровень линии напряжением 110 кВ на деревянных опорах с двумя тросами. Удар молнии произошёл в вершину опоры. Гирлянды состоят из шести изоляторов типа П-4,5. Длина смежных пролётов 180 м, высота опоры 18 м, средняя высота подвеса проводов над землёй 10 м, расстояние между проводами равно 4 м. Расчёт произвести с использованием вольтсекундных характеристик изоляции и долевого распределения тока между тросами и телом опоры.
- 68) От узловой подстанции на 110 кВ отходит воздушная линия с проводами АС-120 расстояние между проводами (среднее) 3,5 м. На расстоянии 40 км от подстанции в точке разветвления линии решено установить ОПН. Сопротивление заземления опоры в импульсном режиме 10 Ом. По пределам отключаемых токов определить тип ОПН, если известно, что ток однофазного и трёхфазного короткого замыкания на шинах узловой подстанции равен соответственно 5000 и 8000 А. Режим работы электрической сети постоянный.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенций ПКО-3:

1. 1) Общие принципы безопасности выполнения работ с техникой высоких напряжений.
- 2) В чём состоят условия работы и требования, предъявляемые к изоляции высоковольтного электрооборудования? Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 3) Высоковольтные вводы: назначение, тип изоляции, конструктивное исполнение. Современные типы высоковольтных вводов. Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 4) Назовите способы измерения высоких напряжений. В чём состоят сложности при измерении на высоком напряжении? Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 5) В каких областях современной индустрии используется высоковольтное испытательное оборудование? Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 6) Почему грозовые перенапряжения наиболее опасны для сетей средних классов напряжения, а коммутационные для сетей высших классов напряжений?
- 7) Грозозащита ЛЭП и подстанций. Технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 8) Защита подстанций от набегающих волн.
- 9) Зона защиты тросового молниеотвода.
- 10) Отдельно стоящий молниеотвод высотой 40 м должен защищать подстанцию шириной 10 м, длиной 25 м и высотой 10 м. Удаление молниеотвода от торцевой части подстанции 6 м. Проверить

величину радиуса защитной зоны на высоте объекта и убедиться в том, что молниеотвод действительно защищает здание.

- 11) Участок подхода линии напряжением 35 кВ к подстанции защищён стержневыми молниеотводами, стоящими по обеим сторонам линии в шахматном порядке. Расстояние от молниеотводов до опор принято в соответствии с руководящими указаниями по защите от перенапряжений равным 5 м, высота опор линии 11 м, пролёт 60 м, габарит линии 6,5 м, расстояние между крайними проводами 3 м. Определить высоту молниеотводов и проверить с помощью расчёта, защищены ли провода от поражения грозovým разрядом при указанном расположении и высоте молниеотводов.
- 12) Стержневой молниеотвод высотой 30 м защищает от прямого поражения молнией цилиндрический бак с горючим, целиком врытый в землю. Определить максимально допустимый диаметр бака.
- 13) Общие принципы и технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ.
- 14) Методы контроля технического состояния и эксплуатации электроэнергетических систем и сетей, источников и схем электропитания радиотехнических систем, радиоэлектронного оборудования.
- 15) Методы контроля технического состояния и эксплуатации электронной автоматики, релейной защиты и автоматизации электротехнических систем, радиоэлектронного оборудования.
- 16) Средства контроля технического состояния и эксплуатации электроэнергетических систем и сетей, источников и схем электропитания радиотехнических систем, радиоэлектронного оборудования.
- 17) Средства контроля технического состояния и эксплуатации электронной автоматики, релейной защиты и автоматизации электротехнических систем, радиоэлектронного оборудования.
- 18) Требования техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики, электротехники и электрорадиотехническими системами.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	-
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	-
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

Оценка	Критерии оценивания
ПЛОХО	-

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКО-1

- 1) Опишите физические механизмы, приводящие к пробоям изоляции (газы, жидкости, твёрдые диэлектрики).
- 2) Опишите механизм пробоя газового промежутка с однородным электрическим полем. Закон П
- 3) Опишите механизм пробоя газового промежутка с резко неоднородным электрическим полем.
- 4) Опишите механизм пробоя газового промежутка при импульсном напряжении.
- 5) Опишите процесс перекрытия изоляции по границе двух сред.
- 6) Опишите состав групп изоляторов, различающихся по расположению токоведущей части, конструк
- 7) Перечислите основные характеристики изоляторов и опишите виды разрядных напряжений.
- 8) Перечислите основные характеристики изоляторов и опишите их геометрические и механические параметры. М
- 9) Дайте характеристику линейных и подстанционных изоляторов.

10) Опишите распределение напряжений вдоль гирлянд подвесных изоляторов и опишите мероприятия по его выравниванию.
11) Дайте описание изоляции силовых трансформаторов. Методы контроля её технического состояния и эксплуатации.
12) Дайте описание изоляции вводов высокого напряжения. Методы контроля технического состояния и эксплуатации.
13) Дайте описание изоляции силовых конденсаторов. Методы контроля её технического состояния и эксплуатации.
14) Дайте описание изоляции силовых кабелей традиционных типов. Методы контроля технического состояния и эксплуатации.
15) Дайте описание изоляции электрических машин высокого напряжения. Методы контроля её технического состояния и эксплуатации.
16) Перечислите основные процессы старения изоляции. Опишите процесс электрического старения.
17) Перечислите основные процессы старения изоляции. Опишите процессы теплового и механического старения и их влияние на электрические свойства.
18) Опишите методику испытания повышенным напряжением изоляции силовых трансформаторов.
19) Опишите принцип действия и конструкцию испытательной установки высокого переменного напряжения.
20) Опишите принцип действия и конструкцию испытательной установки высокого постоянного напряжения.
21) Опишите принцип действия и конструкцию генераторов коммутационных импульсов.
22) Опишите принцип действия и конструкцию генераторов импульсных напряжений.
23) Опишите методику применения измерительного шарового разрядника.
24) Опишите методику применения электростатического вольтметра.
25) Опишите методику применения измерительных преобразователей и низковольтных вольтметров.
26) Опишите методику применения добавочных резисторов.
27) Опишите способы измерения высоких импульсных напряжений.
28) Перечислите основные характеристики перенапряжений. Как перенапряжения дифференцируются по месту приложения и причинам возникновения.
29) Дайте характеристику внешних и внутренних перенапряжений.
30) Опишите физические процессы, сопровождающие грозовую деятельность.
31) Назовите характерные стадии развития грозового облака и основные параметры молнии.
32) Как связаны между собой перенапряжения на оборудовании и характер нагрузки, подключённой к линиям.

33) Опишите процессы возникновения перенапряжений при гашении дуги.
34) Опишите процессы, связанные с коммутационными перенапряжениями.
35) В чём заключается процесс, называемый «координация изоляции».
36) Опишите конструкцию и область применения искровых промежутков и роговых разрядников.
37) Опишите конструкцию и область применения трубчатых разрядников. Методы контроля их технического состояния и эксплуатации.
38) Опишите конструкцию и область применения вентильных разрядников. Методы контроля их технического состояния и эксплуатации.
39) Опишите конструкцию и область применения ОПН. Методы контроля технического состояния и эксплуатации.
40) Опишите основные принципы грозозащиты линий. Методы контроля её технического состояния и эксплуатации.
41) Опишите основные принципы грозозащиты подстанций. Методы контроля её технического состояния и эксплуатации.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПКО-3

1) Сформулируйте понятие техники безопасности.	
2) Сформулируйте особенности требований техники безопасности в электроэнергетике и электротехнике.	
3) Дайте характеристику основных видов профилактических испытаний изоляции.	
4) Дайте общую характеристику испытаний изоляции повышенным напряжением.	
5) Опишите методику испытания повышенным напряжением изоляции	

кабелей.	
6) Опишите методику испытания повышенным напряжением изоляции силовых трансформаторов.	

7) Дайте общую характеристику мероприятий по защите от перенапряжений.	
8) Охарактеризуйте нормативные документы и их требования к работе с высоковольтным оборудованием.	
9) Опишите технологии, обеспечивающие безопасность выполнения работ с высоковольтным оборудованием.	
10) Сформулируйте требования техники безопасности при работах с объектами электроэнергетики и электротехники.	
11) Сформулируйте особенности требований техники безопасности при работах с электрорадиотехническими системами.	

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	-
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	-
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	-

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПКО-1

1. Стержневой молниеотвод высотой 30 м защищает от прямого поражения молнией цилиндрический бак с горючим, целиком врытый в землю. Определить максимально допустимый диаметр бака.
2. Горизонтальный четырёхлучевой заземлитель предназначен для заземления трубчатого разрядника на подходе к распределительной подстанции, выполнен из стального прута

диаметром 1 см. Длина каждого луча 10 м, глубина заложения 0,5 м.

Определить сопротивление заземления в импульсном режиме, если удельное сопротивление грунта, измеренное в сухую погоду, оказалось 110^4

Ом см. Ток молнии 80 кА. Коэффициент возможного увеличения сопротивления принят в соответствии с руководящими указаниями равным 1,4. Ввод тока в заземлитель осуществляется в центральную часть.

3. Горизонтальный двухлучевой заземлитель с подводом тока в среднюю точку и длиной каждого луча 10 м, проложен в грунте с удельным сопротивлением, измеренным в сухую погоду, 110^4 Ом/183 см. Определить сопротивление заземляющего устройства в импульсном режиме, если ток молнии принят равным 100 кА. Заземлитель выполнен из стального прута диаметром 1 см. Глубина заложения заземлителей стандартная, равная 0,5 м.
4. Заземлитель из трёх вертикальных труб длиной 3 м, расположенных по окружности диаметром 4 м и объединённых горизонтальным кольцом из полосовой стали, находится в грунте с удельным расчётным сопротивлением 210^4 Ом см. Диаметр труб 60 мм. Определить сопротивление заземлителя в импульсном режиме, если ток молнии 40 кА.
5. Двухцепная линия электропередачи напряжением 110 кВ на металлических опорах с расположением проводов по схеме обратная ёлка и пролётом 300 м защищена двумя тросами. Разряд молнии с током 125 кА происходит в вершину опоры. Импульсное сопротивление заземления опоры равно 6 Ом. Гирлянды собраны из изоляторов 7хП-
6. Определить защитный уровень линии, если средняя высота подвеса нижнего провода линии 9,2 м, а геометрический коэффициент связи между тросами и нижними проводами 0,18.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПКО-3

1. Определить защитный уровень линии напряжением 110 кВ на деревянных опорах с двумя тросами. Удар молнии произошёл в вершину опоры. Гирлянды состоят из шести изоляторов типа П-4,5. Длина смежных пролётов 180 м, высота опоры 18 м, средняя высота подвеса проводов над землёй 10 м, расстояние между проводами равно 4 м. Расчет произвести с использованием вольтсекундных характеристик изоляции и долевого распределения тока между тросами и телом опоры.
2. От узловой подстанции на 110 кВ отходит воздушная линия с проводами АС-120 расстояние между проводами (среднее) 3,5 м. На расстоянии 40 км от подстанции в точке разветвления линии решено установить ОПН. Сопротивление заземления опоры в импульсном режиме 10 Ом. По пределам отключаемых токов определить тип ОПН, если известно, что ток однофазного и трёхфазного короткого замыкания на шинах узловой подстанции равен соответственно 5000 и 8000 А. Режим работы электрической сети постоянный.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	-
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	-
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	-

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Веремеев А. А. Техника высоких напряжений : учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 электроэнергетика и электротехника / Веремеев А. А. - Оренбург : ОГУ, 2018. - 124 с. - Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ОГУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7410-2160-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=747461&idb=0>.
2. Солдатов В. А. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Солдатов В. А. - пос. Караваево : КГСХА, 2021. - 88 с. - Рекомендовано методической комиссией электроэнергетического факультета в качестве учебного пособия для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность «Электроснабжение», очной и заочной форм обучения. - Книга из коллекции КГСХА - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=806114&idb=0>.
3. Электробезопасность. Теория и практика / Долин П.А., Медведев В.Т., Корочков В.В., Монахов А.Ф. - Москва : МЭИ, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646562&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Чумаков Г. И. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Чумаков Г. И., Насникова И. Г. - Иркутск : ИРНИТУ, 2019. - 198 с. - Книга из коллекции ИРНИТУ - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=801088&idb=0>.
2. Монахов Владимир Константинович (МИРЭА - Российский технологический университет).

Электробезопасность: теория и практика : Монография / МИРЭА - Российский технологический университет. - 2. - Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 184 с. - ВО - Специалитет. - ISBN 978-5-9729-1324-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=888879&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Операционная система Microsoft Windows
Пакет прикладных программ Microsoft Office
Правовая система «Консультант плюс»
Браузер Google Chrome

Интернет-ресурсы

Федеральный портал. Российское образование: <http://www.edu.ru/>;
Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: <http://www.gost.ru/>.
<http://elektromehanika.org/>
Сайт Министерства энергетики РФ. - www.minenergo.gov.ru
Известия вузов «Электромеханика», <http://electromeh.npi-tu.ru/ru/archive/>.
Новости энергетики <http://novostienergetiki.ru>

Профессиональные базы данных

Информационный проект для работников энергетических служб и студентов электротехнических вузов <http://electrichelp.ru>
Электроэнергетика и электричество <https://pomegerim.ru>
Электричество и электроснабжение <http://engineer-electric.ru>
«Техэксперт» – профессиональные справочные системы <http://техэксперт.рус/>
База данных «Электрик» <http://www.electrik.org/> [26.10.19]
ИС «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». Разделы:
Энергетика http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.27
Электротехника http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.30
Онлайн электрик: база данных <https://online-electric.ru/dbase.php>
База данных Energy & Power Source для профессионалов в области энергетики и исследователей - <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple> [26.10.19]
Банк изобретений, технологий и научных открытий: <http://www.ntpo.com>
Научная электронная библиотека www.elibrary.ru
База данных рецензируемой литературы Scopus <https://www.scopus.co>
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com>

информационные справочные системы

ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал <http://www.garant.ru/>
Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника.

Автор(ы): Богатырева Анна Валерьевна, кандидат технических наук.

Заведующий кафедрой: Беянин Игорь Владимирович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.01.24, протокол № 5.