

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор/Декан
института механики и энергетики
Мастепаненко Максим Алексеевич

«__» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

Б1.В.09 Техника высоких напряжений

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, сельского хозяйства и их
объектов

бакалавр

очная

1. 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	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.1 Предпроектное обследование объекта капитального строительства, для которого предназначена система электроснабжения	знает Процессы эксплуатации и старения изоляции электрооборудования
		умеет Определять условия работы изоляции высоковольтного электрооборудования
		владеет навыками Навыками прогнозирования технического состояния электрооборудования
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.2 Подготовка к выпуску проектной документации системы электроснабжения объектов капитального строительства	знает Основные нормативно-технические документы по техническому состоянию изоляции электрооборудования
		умеет составлять программы испытаний состояния электрооборудования систем электроснабжения
		владеет навыками навыками разработки технических требований для проверки состояния изоляции электрооборудования
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.3 Разработка концепции системы электроснабжения объекта ПД	знает Причины возникновения перенапряжений в электроустановках и методов их ограничений
		умеет составлять схемы расположения оборудования для защиты электроустановок от перенапряжений
		владеет навыками навыками проверки состояния схем и оборудования для защиты электроустановок от перенапряжений
ПК-2 Способен участвовать в разработке проекта и/или части проекта системы электроснабжения объектов ПД	ПК-2.4 Разработка проектной и рабочей документации проекта системы электроснабжения объектов ПД	знает Основные методики выполнения работ по проверке состояния изоляции электрооборудования
		умеет руководить работами по подготовке к испытаниям изоляции электрооборудования и устройств защиты от перенапряжений
		владеет навыками навыками организации технологических процессов при диагностике состояния электрооборудования систем электроснабжения

			знает Нормы и требования, стандарты по испытаниям оборудования, пусконаладке
			умеет Проводить техническое освидетельствование оборудования
			владеет навыками навыками работы с приборами для измерения параметров изоляции
ПК-3 Способен проводить инженерно-техническое сопровождение деятельности технического обслуживанию ремонту объектов ПД	ПК-3.2 Обоснование планов и программ технического обслуживания и ремонта электрооборудования объектов ПД		знает Принципы устройства изоляции электрооборудования напряжением выше 1000 В
			умеет сбирать схемы измерения параметров изоляции электрооборудования
			владеет навыками навыками определения объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту на основании данных о состоянии оборудования подстанций, сведений об отказах оборудования
ПК-3 Способен проводить инженерно-техническое сопровождение деятельности технического обслуживанию ремонту объектов ПД	ПК-3.3 Разработка нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования объектов ПД		знает Требования нормативной, конструкторской, производственно-технологической и технической документации
			умеет Вести техническую и отчетную документацию
			владеет навыками Применения и испытания индивидуальных электротехнических средств

2. Перечень оценочных средств по дисциплине

№	Наименование раздела/темы	Семестр	Код индикаторов достижения компетенций	Оценочное средство проверки результатов достижения индикаторов компетенций
1.	1 раздел. Изоляция электроэнергетического оборудования			
1.1.	Электрическая прочность газов и коронный разряд на линиях электропередач	7	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3	Устный опрос, Задачи
1.2.	Изоляционные конструкции электроэнергетического оборудования	7	ПК-3.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4	Устный опрос, Задачи

1.3.	Контроль изоляции электрооборудования. Изоляция кабельных линий, трансформаторов, подстанционного оборудования	7	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4	Устный опрос, Задачи
2.	2 раздел. Перенапряжения и методы их ограничений			
2.1.	Перенапряжения в энергосистемах и методы защиты от них	7	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4	Устный опрос, Задачи
	Промежуточная аттестация			За

3. Оценочные средства (оценочные материалы)

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде (Оценочные материалы)
Текущий контроль			
Для оценки знаний			
1	Устный опрос	Средство контроля знаний студентов, способствующее установлению непосредственного контакта между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.	Перечень вопросов для устного опроса
Для оценки умений			
Для оценки навыков			
Промежуточная аттестация			
2	Зачет	Средство контроля усвоения учебного материала практических и семинарских занятий, успешного прохождения практик и выполнения в процессе этих практик всех учебных поручений в соответствии с утвержденной программой с выставлением оценки в виде «зачтено», «незачтено».	Перечень вопросов к зачету

4. Примерный фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) "Техника высоких напряжений"

Примерные оценочные материалы для текущего контроля успеваемости

**Примерные оценочные материалы
для проведения промежуточной аттестации (зачет, экзамен)
по итогам освоения дисциплины (модуля)**

Типовые вопросы для сдачи контрольной точки №1

- 1 Зависимость электрической прочности газа от расстояния между электродами.
- 2 Зависимость электрической прочности газа от формы электродов.
- 3 Зависимость электрической прочности газа от температуры.
- 4 Зависимость электрической прочности газа от давления.
- 5 Развитие пробоя в газах.
- 6 Лавина электронов.
- 7 Развитие стримера.
- 8 Однородные и неоднородные поля, коэффициент неоднородности.
- 9 Коронный разряд.
- 10 Ударная ионизация.
- 11 Закон Пашена.
- 12 Влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газа.
- 13 Особенности разряда по поверхности твердого диэлектрика.
- 14 Различие в моделях проходного и опорного изолятора.
- 15 Симметричные и несимметричные системы электродов.

Типовые вопросы для сдачи контрольной точки №2

- 16 Зависимость электрической прочности трансформаторного масла от его электропроводности.
- 17 Зависимость электрической прочности трансформаторного масла от наличия нерастворимых примесей.
- 18 Зависимость электрической прочности трансформаторного масла от растворимых примесей.
- 19 Влияние эмульгированной влаги на электрическую прочность трансформаторного масла.
- 20 Зависимость пробивного напряжения трансформаторного масла от температуры.
- 21 Импульсный (электрический пробой) твердых диэлектриков.
- 22 Электротепловой пробой твердых диэлектриков.
- 23 Ионизационный (электрохимический) пробой твердых диэлектриков.
- 24 Влияние строения диэлектриков на их электрическую прочность.
- 25 Влияние полярности молекул диэлектрика на его электрическую прочность.
- 26 Влияние температуры диэлектрика на его электрическую прочность.
- 27 Зависимость электрической прочности твердых диэлектриков от времени приложения напряжения.
- 28 Зависимость электрической прочности твердых диэлектриков от их толщины.
- 29 Системы электродов для испытания электрической прочности диэлектриков.
- 30 Температурная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков.
- 31 Устройство ячейки для испытания электрической прочности жидких диэлектриков.
- 32 Для какой цели проводится несколько пробоев на одном и том же образце жидкого диэлектрика.
- 33 Зачем необходимо рассчитывать среднеквадратичную ошибку пробивного напряжения трансформаторного масла.
- 34 Основные факторы, влияющие на электрическую прочность трансформаторного масла.
- 35 В оборудовании какого класса напряжения может быть применено трансформаторное масло, исследованное в лабораторной работе.
- 36 Изоляция воздушных линий электропередач, основные составляющие и принципы построения.
- 37 Виды внешних воздействий на изоляцию линий электропередач.
- 38 Устройство подвешенного изолятора. Виды подвесных изоляторов.

- 40 Основные параметры и маркировка подвесных изоляторов.
- 41 Гирлянды подвесных изоляторов и распределение напряжения по изоляторам.
- 42 Схема замещения гирлянды подвесных изоляторов.
- 43 Пути развития разряда вдоль гирлянды подвесных изоляторов.
- 44 Методы улучшения распределения напряжения по гирлянде подвесных изоляторов.
- 45 Методы контроля изоляторов в гирлянде.
- 46 Расчет числа изоляторов в гирлянде на основе допустимой длины пути утечки.
- 47 Распределение напряжения по гирлянде изоляторов при постоянном напряжении.
- 48 Особенности работы изоляции на постоянном напряжении.
- 49 Допустимые испытательные постоянные напряжения для оборудования переменного тока.
- 50 Контроль изоляции с применением повышенного постоянного напряжения.
- 51 Методы контроля изоляции электроэнергетического оборудования
- 52 Тангенс угла диэлектрических потерь и методы его измерения
- 53 Прямая и инверсная схема измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Области применения, особенности.
- 54 Методика проведения профилактических испытаний изоляции высоковольтного оборудования.
- 55 Допустимые значения тангенса угла диэлектрических потерь электроэнергетического оборудования.
- 56 Схемы подключения оборудования при изменении тангенса угла диэлектрических потерь электрооборудования на примере однофазного трансформатора напряжения.
- 57 Особенности работы изоляции на постоянном напряжении.
- 58 Допустимые испытательные постоянные напряжения для оборудования переменного тока.
- 59 Контроль изоляции с применением повышенного постоянного напряжения.
- 60 Маркировка силовых кабелей.
- 61 Кабели на напряжение до 1 кВ.
- 62 Кабели с полиэтиленовой изоляцией.
- 63 Кабели с бумажно-масляной изоляцией.
- 64 Особенности конструкции кабелей на напряжение 35 кВ и выше.
- 65 Электрический расчет кабеля.
- 66 Последовательность теплового расчета кабеля.

Типовые задачи для сдачи контрольной точки №1

1. Трансформатор на 220 кВ установлен в непосредственной близости от разъединителя (заземленная плоскость). Определить минимально допустимое расстояние между трансформатором и разъединителем, если по условиям возможных перенапряжений выбран четырехкратный запас прочности этого промежутка при нормальных атмосферных условиях.

2. Из изоляторов типа ИШД-35 и СО-35 составлена опорная колонка. Определить напряжение перекрытия по воздуху колонки, если известно, что изолятор ИШД-35 имеет емкость 50 пф и перекрывается при нормальных условиях напряжением 140 кВ, а изолятор СО-35, имея емкость 6 пф, перекрывается напряжением 130 кВ.

3. Рассчитать пробивное напряжение воздушного промежутка с однородным полем при следующих условиях: давление 3 кгс/см², межэлектродное расстояние 10 см, температура +35°С.

4. Устройство по очистке дымовых газов котельной состоит из системы цилиндрических труб с внутренним диаметром 16 см. По оси каждой из этих труб натянут цилиндрический провод с диаметром 4 мм. Определить критическую напряженность электрического поля и критическое напряжение, при которых появится общая корона, если температура отходящих газов составляет величину 150°С, давление 101 кПа.

5. Определить критическое напряжение и максимальную напряженность электрического поля на поверхности провода линии передачи с номинальным напряжением 220 кВ. Провода марки АС-300 расположены в горизонтальной плоскости с расстоянием между ними 7 м. Погода ясная, атмосферные условия нормальные, диаметр провода 24,2 мм.

6. Определить среднегодовые потери мощности на корону для одноцепной линии на высоте

1000 м над уровнем моря с проводами 4хАСО-300 при напряжении 500 кВ. Линия имеет горизонтально расположенные провода с расстоянием между ними 7,5 м и два троса. Средняя высота подвеса провода над землей 9 м, радиус провода 2,42 см, шаг расщепления 45 см. Длительность хорошей погоды = 4000 ч, длительность тумана $h_t=760$ ч, дождя $h_D=2000$, снега $h_{сн}=1500$, измороси $h_i=500$, средние температуры при хорошей погоде, тумане, дожде, снеге и измороси $+10^{\circ}\text{C}$, $+1^{\circ}\text{C}$, $+5^{\circ}\text{C}$, -10°C , 0°C соответственно. Количество осадков: дождя $H_D=1500$ мм, снега $H_{сн}=500$ мм.

Типовые задачи для сдачи контрольной точки №2

7. Рассчитать количество изоляторов в гирлянде для линии напряжением в 110 кВ на железобетонных опорах, степень загрязнения атмосферы – 4.

8. Определить необходимое количество изоляторов гибкой ошиновки ОРУ 330 кВ, степень загрязнения атмосферы – 3.

9. Провести расчет допустимого тока группы из трех кабелей на напряжение 330 кВ, проложенных по вершинам треугольника, глубина прокладки кабелей в земле 1,2 м. кабели выполненными бронированными, толщина брони 3 мм, толщина свинцовой оболочки 3 мм, толщина защитных покровов 6 мм. Изоляция – бумажно-масляная под высоким давлением.

10. Провести электрический расчет кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 35 кВ, сечением 400 мм².

Типовые вопросы для сдачи контрольной точки №3

1. Перечислите основные элементы схем ГИН и ГИТ, их назначение и принципиальные особенности.

2. На какие элементы ГИН следует воздействовать для изменения длительности интервалов между импульсами?

3. Какими параметрами разрядной схемы ГИН определяется продолжительность волны и ее фронта?

4. В каких случаях желательно получение импульсов стандартной формы?

5. Что дополнительно предусматривается в схеме ГИН, работающей по принципу управляемого разряда?

6. Какова область применения установки ГИН и ГИТ?

7. Что определяет собой коэффициент использования ГИН?

8. Принцип действия трубчатого разрядника.

9. Устройство и принцип действия вентильного разрядника.

10. Основные характеристики вентильных разрядников.

11. Схемы расположения вентильных разрядников при защите электроэнергетического оборудования.

12. Маркировка вентильных разрядников.

13. Ограничители перенапряжений, их устройство и характеристики.

14. Опишите качественно прохождение прямоугольной волны по линии электропередач.

15. Качественно охарактеризуйте процессы отражения и преломления волн перенапряжения на узлах энергосистемы.

16. Какое сопротивление должен иметь заземлитель молниеотвода подстанции.

17. Каковы причины возникновения перенапряжений при коммутациях линий, конденсаторов, реакторов и трансформаторов?

18. Что называют координацией изоляции?

19. Каковы принципы защиты изоляции искровыми промежутками и роговыми разрядниками?

20. Каковы принципы защиты изоляции трубчатыми и вентильными разрядниками и ОПН?

21. Как выполняется защита от перенапряжений изоляции линий электропередачи?

22. Как выполняется защита от перенапряжений изоляции контактной сети?

23. Как выполняется защита от перенапряжений изоляции оборудования подстанций?

24. Что означают понятия «длинная линия», «цепь с распределенными параметрами»?

25. Выведите телеграфные уравнения двухпроводной линии и покажите их решение для линии без потерь.

- 26 Покажите, как происходит падение волны перенапряжения на резистивную, емкостную и индуктивную нагрузки.
- 27 Представьте анализ процессов, происходящих в обмотке трансформатора при воздействии волны грозового перенапряжения.
- 28 Объясните причины емкостного эффекта, приводящего к повышению напряжения на конце ненагруженной линии электропередачи.
- 29 В чем причины смещения нейтрали в сети с компенсированной нейтралью?
- 30 Почему гашение электрической дуги приводит к перенапряжениям?
- 31 Каковы причины возникновения перенапряжений при коммутациях линий, конденсаторов, реакторов и трансформаторов?
- 32 Что называют координацией изоляции?
- 33 Каковы принципы защиты изоляции искровыми промежутками и роговыми разрядниками?
- 34 Каковы принципы защиты изоляции трубчатыми и вентильными разрядниками и ОПН?
- 35 Как выполняется защита от перенапряжений изоляции линий электропередачи?
- 36 Как выполняется защита от перенапряжений изоляции контактной сети?
- 37 Как выполняется защита от перенапряжений изоляции оборудования подстанций?

Типовые задачи для сдачи контрольной точки №3

1. Рассчитать значения резисторов в схеме моста переменного тока, если эквивалентное активное сопротивление в параллельной схеме замещения исследуемого конденсатора 100 кОм, емкость 0,5 мкФ, емкость образцового конденсатора 50 пФ.

2. Генератор импульсных напряжений собран из конденсаторов с номинальным напряжением 150 кВ и емкостью 0,7 мкФ каждый. Определить расчетные параметры ГИН, если он должен создавать импульсную волну с напряжением 3 МВ, падающую на трансформатор, входная емкость которого 2000 пФ. Разрядная емкость, обычно включаемая параллельно объекту, в данной схеме не используется.

3. Определить максимальное напряжение на изоляции электрооборудования, если длина защищенного подхода по линии 110 кВ равна 2 км, линия выполнена тросами АСО 240, расстояние от разрядника до защищаемого трансформатора на подстанции 5 м, ошиновка выполнена проводами АСО 300, расстояние между проводами ошиновки 3 м, защита изоляции трансформатора осуществляется разрядником вентильным на напряжение 110 кВ.

4. Определить длину необходимого защищенного подхода на линии 110 кВ, линия выполнена проводами АСО 240, расстояние от разрядника до защищаемого трансформатора на подстанции 15 м, ошиновка выполнена проводами АСО 300, расстояние между проводами ошиновки 5 м, защита изоляции трансформатора осуществляется разрядником вентильным на напряжение 110 кВ, максимальная кратность перенапряжений на изоляции трансформатора – 3,5.

Вопросы к зачету

1. Зависимость электрической прочности газа от расстояния между электродами.
2. Зависимость электрической прочности газа от формы электродов.
3. Зависимость электрической прочности газа от температуры.
4. Зависимость электрической прочности газа от давления.
5. Развитие пробоя в газах.
6. Лавина электронов.
7. Развитие стримера.
8. Коронный разряд.
9. Ударная ионизация.
10. Закон Пашена.
11. Влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газа.
12. Особенности разряда по поверхности твердого диэлектрика.
13. Различие в моделях проходного и опорного изолятора.
14. Симметричные и несимметричные системы электродов.
15. Изоляция воздушных линий электропередач, основные составляющие и принципы

построения.

16. Виды внешних воздействий на изоляцию линий электропередач.
17. Устройство подвесного изолятора. Виды подвесных изоляторов.
18. Основные параметры и маркировка подвесных изоляторов.
19. Гирлянды подвесных изоляторов и распределение напряжения по изоляторам.
20. Схема замещения гирлянды подвесных изоляторов.
21. Пути развития разряда вдоль гирлянды подвесных изоляторов.
22. Методы улучшения распределения напряжения по гирлянде подвесных изоляторов.
23. Методы контроля изоляторов в гирлянде.
24. Расчет числа изоляторов в гирлянде на основе допустимой длины пути утечки.
25. Распределение напряжения по гирлянде изоляторов при постоянном напряжении.
26. Изоляция высоковольтных вводов и их виды, области применения.
27. Изоляция высоковольтных выключателей и их типы.
28. Изоляция трансформаторов напряжения и трансформаторов тока.
29. Изоляция конденсаторов.
30. Изоляция вращающихся машин.
31. Изоляция силовых трансформаторов и особенности ее работы.
32. Методы контроля изоляции электроэнергетического оборудования
33. Тангенс угла диэлектрических потерь и методы его измерения
34. Работа с мостом СА7100-3 при измерении тангенса угла диэлектрических потерь
35. Прямая и инверсная схема измерения тангенса угла диэлектрических потерь. Области применения, особенности.
36. Оборудование рабочего места при проведении профилактических испытаний изоляции высоковольтного оборудования.
37. Техника безопасности при проведении профилактических испытаний изоляции высоковольтного оборудования.
38. Методика проведения профилактических испытаний изоляции высоковольтного оборудования.
39. Допустимые значения тангенса угла диэлектрических потерь электроэнергетического оборудования.
40. Схемы подключения оборудования при изменении тангенса угла диэлектрических потерь электрооборудования на примере однофазного трансформатора напряжения
41. Особенности работы изоляции на постоянном напряжении.
42. Допустимые испытательные постоянные напряжения для оборудования переменного тока.
43. Контроль изоляции с применением повышенного постоянного напряжения.
44. Измерение токов абсорбции и коэффициента абсорбции.
45. Работа с мостом СА7100-3 при измерении сопротивления изоляции
46. Схемы подключения оборудования при измерении сопротивления изоляции на примере однофазного трансформатора напряжения
47. Маркировка силовых кабелей.
48. Кабели на напряжение до 1 кВ.
49. Кабели с полиэтиленовой изоляцией.
50. Кабели с бумажно-масляной изоляцией.
51. Особенности конструкции кабелей на напряжение 35 кВ и выше.
52. Электрический расчет кабеля.
53. Градирование изоляции. Принцип регулирования электрических полей в изоляции.
54. Выбор расчетных напряжений при электрическом расчете кабеля.
55. Особенности работы кабельной изоляции при постоянном напряжении.
56. Координация изоляции.
57. Молния и ее основные характеристики.
58. Принципы построения молниезащиты воздушных линий электропередач.
59. Принципы молниезащиты электростанций и подстанций.
60. Защитные промежутки, их конструкция, преимущества и недостатки.
61. Трубчатые разрядники, принцип их устройства, преимущества и недостатки.
62. Вентильные разрядники, основные характеристики.

63. Ограничители перенапряжений.
64. Источники внутренних перенапряжений в электроэнергетических системах.
65. Схемы замещения электроэнергетической системы при оценке внутренних перенапряжений.
66. Перенапряжения при включении и отключении ненагруженных линий электропередач.
67. Перенапряжения при отключении нагруженных линий электропередач.
68. Феррорезонансные перенапряжения, причины возникновения и методы ограничения.
69. Методы борьбы с внутренними перенапряжениями.

Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)