

**Приложение 2 к РПД Изоляция установок высокого напряжения  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
направленность (профиль) Высоковольтные  
электроэнергетика и электротехника  
Форма обучения – заочная  
Год набора - 2015**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

1.	Кафедра	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
3.	Направленность (профиль)	Высоковольтные электроэнергетика и электротехника
4.	Дисциплина (модуль)	Изоляция установок высокого напряжения
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2015

**2. Перечень компетенций**

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);
- готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5);
- способностью использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда (ПК-10).

### 3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Основные характеристики внешней изоляции	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>Тест,</i>
2. Электрическая прочность внешней изоляции	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>Тест,</i>
3. Способы увеличения электрической прочности внешней изоляции	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>тест, решение задач</i>

4. Изоляторы ЛЭП	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>Тест, доклад</i>
5. Общие сведения о внутренней изоляции	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>Тест, решение задач, тест,</i>
6. Способы увеличения электрической прочности внутренней изоляции	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>Тест,</i>
7. Основные виды и характеристики внутренней изоляции электроустановок	ОПК-2 ПК-5 ПК-10	назначение электрической изоляции оборудования высокого напряжения, требования к ней, принципы построения высоковольтных изоляционных конструкций, их основные характеристики и технические средства обеспечения требуемых сроков службы и показателей надежности;	оценивать габариты изоляционных конструкций, определять их качество по основным параметрам, правильно устанавливать допустимые режимы эксплуатации;	навыками выбора изоляционных расстояний и средств регулирования электрических полей в высоковольтных конструкциях, анализа характеристик изоляции основных видов оборудования высокого напряжения.	<i>доклад, решение задач, тест</i>

## 4. Критерии и шкалы оценивания

### 1.1 Тест

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за решенный тест	10	15	20

### 1.2 Решение задач

20 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

15 баллов выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

10 баллов выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

5 баллов - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

### 1.3 Критерии оценки доклада

Баллы	Характеристики ответа студента
20	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li><li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li><li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- свободно владеет понятиями</li></ul>
15	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>- не допускает существенных неточностей;</li><li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>- аргументирует научные положения;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- владеет системой основных понятий</li></ul>
10	<ul style="list-style-type: none"><li>- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент усвоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li><li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>- слабо аргументирует научные положения;</li><li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>- частично владеет системой понятий</li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>- студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li><li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li><li>- не может аргументировать научные положения;</li><li>- не формулирует выводов и обобщений;</li><li>- не владеет понятийным аппаратом</li></ul>

## 1.4 Подготовка опорного конспекта

Подготовка материалов опорного конспекта является эффективным инструментом систематизации полученных студентом знаний в процессе изучения дисциплины.

Составление опорного конспекта представляет собой вид внеаудиторной самостоятельной работы студента по созданию краткой информационной структуры, обобщающей и отражающей суть материала лекции, темы учебника. Опорный конспект призван выделить главные объекты изучения, дать им краткую характеристику, используя символы, отразить связь с другими элементами. Основная цель опорного конспекта – облегчить запоминание. В его составлении используются различные базовые понятия, термины, знаки (символы) — опорные сигналы. Опорный конспект может быть представлен системой взаимосвязанных геометрических фигур, содержащих блоки концентрированной информации в виде ступенек логической лестницы; рисунка с дополнительными элементами и др.

Критерии оценки опорного конспекта	Максимальное количество баллов
- подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины только в текстовой форме;	5
- подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины в текстовой форме, которая сопровождается схемами, табличной информацией, графиками, выделением основных мыслей с помощью цветов, подчеркиваний.	10

## 2. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 5.1 Типовые тестовые задания

#### 1. Задание

Отметьте правильный ответ

Чему пропорционально количество выделенной тепловой энергии согласно закону Джоуля-Ленца?

- а. напряжению
- б. сопротивлению**
- в. времени протекания

#### 2. Задание

Отметьте правильный ответ

При каком условии ток  $I_d$  определяется с поправкой на температуру и количество прокладываемых кабелей?

- а. если условия окружающей среды отличаются от нормальных
- б. при нормальных условиях окружающей среды**

## **в. при взрывоопасных условиях окружающей среды**

### **3. Задание**

Отметьте правильный ответ

С чем следует сравнивать сечение проводника, соответствующее длительного допустимому току нагрева?

**а. С током срабатывания аппаратов защиты**

б. С током защиты

в. С номинальным током

### **4. Задание**

Отметьте правильный ответ

К чему приводит старение изоляции?

**а. к возникновению К. З.**

б. к уменьшению пропускной способности токоведущих частей

в. к снижению напряжения в сети

### **5. Задание**

Сопоставить термины и их определения

Защитное отключение	Преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока или с глухозаземленной средней точкой источника в сетях постоянного тока
Защитное заземление	Это заземление, предназначенное для создания нормальных условий работы аппарата и электроустановки
Защитное зануление	Это преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством для обеспечения электробезопасности

#### **5.2 Типовая задача**

Определить пробивное напряжение проходного изолятора на номинальное напряжение  $6 \text{ кВ}$ . Наружный диаметр фарфора  $D$ , диаметр токоведущего стержня  $d$ , толщина фарфора  $n$ , прочность фарфора  $E_{пр.ф}$ , относительная диэлектрическая проницаемость фарфора  $\varepsilon$  указаны в табл.3 Прочность воздуха  $E_{пр.в} = 30 \text{ кВ/см}$ .

Вариант	$D, \text{ см}$	$d, \text{ см}$	$n, \text{ мм}$	$\varepsilon$	$E_{\text{пр.ф}}, \text{ кВ/см}$
1	7,5	1,1	8	6	60
2	7,5	1,15	9	6	60
3	8	1,2	10	6	65
4	8,5	1,25	11	6,3	68
5	9,4	1,3	12	6,3	70
6	9,5	1,35	13	6,3	75
7	10	1,37	14	6,5	78
8	11	1,38	15	6,5	80
9	12	1,4	16	6,5	85
10	13	1,42	17	6,8	87
0	14	1,44	18	6,8	90

Требуется определить начальное напряжение появления короны на стержне и начальное напряжение скользящего разряда, отношение пробивного напряжения к напряжению скользящего разряда.

Привести эскиз проходного изолятора и показать пути разряда.

#### Указания к решению задачи

Пробивным напряжением проходного изолятора называется наименьшее напряжение промышленной частоты, при котором происходит пробой между его электродами, а именно между средним фланцем и токоведущим стержнем. Пробой происходит через толщину изолятора, при этом путь пробоя представляет собой сквозной канал, способный проводить ток. В результате пробоя наступает потеря изолирующей способности изолятора, а чаще всего полное повреждение его.

Коронный разряд является одним из видов самостоятельного разряда и возникает в резко неоднородных полях, к которым, в частности, относится и электрическое поле между токоведущим стержнем и средним фланцем.

Напряженность электрического поля в воздухе на поверхности гладкого полированного цилиндра, при которой возникает коронный разряд, т.е. начальная напряженность, определяется по формуле,  $\text{кВ/см}$ :

$$E_0 = 24,5\delta \left[ 1 + \frac{0,65}{(\delta \cdot r)^{0,38}} \right],$$

где  $\delta$  - относительная плотность воздуха;

$r$  - радиус токоведущего стержня,  $\text{см}$ .

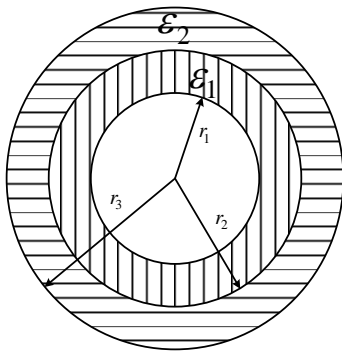
Скользкий разряд представляет собой частичную ионизацию воздуха вдоль поверхности диэлектрика от среднего фланца в виде яркосветящихся нитей, часто разветвленных, быстро перемещающихся (скользящих) по этой поверхности.

Теплер, исследовавший скользящие разряды по поверхности диэлектрика в воздухе, предложил для расчета действующего значения напряжения появления скользящих разрядов,  $\kappa B$ , при промышленной частоте эмпирическую формулу

$$U_{ск} = \frac{1,36}{C^{0,45}} \cdot 10^{-4},$$

где  $C$  - удельная поверхностная емкость,  $\Phi/см^2$ , т.е. емкость единицы поверхности, по которой развивается разряд, по отношению к противоположному электроду.

Для выполнения данной задачи необходимо знание значений максимальной напряженности и емкости слоистой изоляции между цилиндрами:



$$E_1 = \frac{U}{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}} \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2}; \quad E_2 = \frac{U}{r_2 \ln \frac{r_3}{r_2}} \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

$$C_1 = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_1 l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}; \quad C_2 = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_2 l}{\ln \frac{r_3}{r_2}}; \quad C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

### 5.3 Примерные темы докладов

1. Что такое внешняя изоляция?
2. Разряд в резко неоднородном поле. Эффект полярности.
3. Влияние барьера между электродами на величину разрядного напряжения.
4. Коронный разряд. Механизм развития коронного разряда.
5. Корона на проводах при переменном напряжении. Потери на корону.
6. Методы уменьшения потерь на корону.
7. Дуговой разряд.
8. Составляющие времени импульсного разряда.
9. Импульсный пробой газового промежутка.
10. Построение вольт-секундных характеристик и их назначение.
11. Особенности поверхностного разряда.
12. Поверхностный разряд в равномерном и неравномерном поле.



13. Распределение напряжения по поверхности протяженного изолятора.
14. Способы улучшения распределения напряжения по поверхности протяженного изолятора.
15. Кривая старения изоляции при нагреве.
16. Механизм пробоя жидких диэлектриков.
17. Роль барьеров при пробое жидких диэлектриков. Требования к барьерам.
18. Виды твердой изоляции.
19. Механизм электрического пробоя твердых диэлектриков.
20. Механизм теплового пробоя твердых диэлектриков.
21. Визуальное отличие теплового и электрического пробоя твердых диэлектриков.
22. Чем объясняются высокие изоляционные свойства высокопрочных газов?
23. Преимущества, недостатки высокопрочных газов.
24. Чем объясняются высокие изоляционные свойства вакуума?
25. Механизм пробоя искрового промежутка в вакууме.
26. Способы повышения электрической прочности твердых диэлектриков.
27. Конструкция газонаполненного высоковольтного кабеля.
28. Конструкция кабеля с бумажно-масляной изоляцией, маркировка кабелей.

#### **5.4 Вопросы промежуточной аттестации**

1. Изоляция внешняя и внутренняя. Определение.
2. Отличие внешней и внутренней изоляции.
3. Какие напряжения действуют на изоляцию?
4. Коэффициент неоднородности.
5. Виды токов, действующих на изоляцию.
6. Электрическая прочность воздуха.
7. Виды испытаний внешней изоляции.
8. Для чего применяют защитные промежутки.
9. Классификация изоляторов (виды).
10. Свойства материала для изоляторов.
11. Характеристика изоляторов из стекла и фарфора.
12. Основные характеристики изоляторов.
13. Разрядные напряжения изоляторов.
14. Геометрические характеристики изоляторов.
15. Механические характеристики изоляторов.
16. Назначение ребер в конструкции изоляторов.
17. Конструктивная особенность изоляторов для обеспечения требуемого уровня напряжений.
18. Конструкция тарельчатого изолятора.
19. Достоинства тарельчатых изоляторов.
20. Назначение проходных изоляторов.
21. В чем причина неравномерного распределения напряжения по гирлянде изоляторов?
22. Меры для выравнивания распределения напряжения по гирлянде.
23. Понятие о длине пути утечки, эффективной длине пути утечки.
24. Влияние погодных условий на развитие разряда.
25. Основные параметры разряда по поверхности изоляторов.
26. Пути выбора изоляции ВЛ.
27. Эксплуатационный контроль изоляторов (методы контроля).
28. Методы контроля изоляторов.
29. Особенность в конструкции ВЛ для предотвращения коронного разряда.
30. Об экологическом влиянии ВЛ (радиопомехи, акустический шум).

31. Особенности внутренней изоляции (самовосстанавливающаяся и несамовосстанавливающаяся, воздействия на изоляцию)
32. Комбинирование диэлектрических материалов.
33. Основные виды внутренней изоляции (масло-барьерная, бумажно-масляная).
34. Основные виды внутренней изоляции (твердая, неорганическая, органическая, природные смолы).
35. Основные виды внутренней изоляции (газовая, вакуумная).
36. Регулирование электрических полей.
37. Градирование изоляции.
38. Применение конденсаторных обкладок.
39. Применение полупроводниковых покрытий.
40. Основные виды внутренней изоляции.
41. Кратковременная и длительная электрическая прочность внутренней изоляции.
42. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции (старение внутренней изоляции).
43. Характеристики частичных разрядов.
44. Развитие частичных разрядов во времени.
45. Меры интенсивности частичных разрядов.
46. Частичные разряды БМИ и МБИ
47. Виды старения внутренней изоляции.
48. Внутренняя изоляция. Изоляция вводов высокого напряжения.
49. Изоляция трансформаторов
50. Изоляция масляных и воздушных выключателей
51. Изоляция силовых конденсаторов
52. Изоляция силовых трансформаторов
53. Изоляция электрических машин высокого напряжения
54. Герметизированные распределительные устройства
55. Изоляция кабельных линий электропередач
56. Кабельные муфты
57. Изоляция оборудования распределительных устройств
58. Изоляция вводов высокого напряжения

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
направленность (профиль) - Высоковольтные электроэнергетика и электротехника**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

Шифр дисциплины по РУП	<b>Б1.В.ОД.9</b>				
Дисциплина	<b>Изоляция установок высокого напряжения</b>				
Курс	<b>3, 4</b>	семестр	<b>6, 7</b>		
Кафедра	физики, биологии и инженерных технологий				
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Морозов И.Н., к.т.н., доцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий				
Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>	<b>144/4</b>	Кол-во семестров	<b>1</b>	Форма контроля	<b>Экзамен</b>
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>4/4</b>	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>-/-</b>	ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>6/6</b>
				СРС <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>125/125</b>

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

(код, наименование)

- способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);
- готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5);
- способностью использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда (ПК-10).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<b>Вводный блок</b>				
Не предусмотрен				
<b>Основной блок</b>				
ОПК-2, ПК-5 ПК-10	Тест	1	20	На практических занятиях
ОПК-2, ПК-5 ПК-10	Доклад	1	20	По согласованию с преподавателем
ОПК-2, ПК-5 ПК-10	Решение задач	1	20	На практических занятиях
<b>Всего:</b>			<b>60</b>	
ОПК-2, ПК-5 ПК-10	Экзамен	Вопрос 1	20	По расписанию
		Вопрос 2	20	
<b>Всего:</b>			<b>40</b>	
<b>Итого:</b>			<b>100</b>	
<b>Дополнительный блок</b>				
ОПК-2, ПК-5 ПК-10	Подготовка опорного конспекта		5	по согласованию с преподавателем

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов