

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 22 » марта 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Техника высоких напряжений  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)  
\_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование у студентов знаний о фундаментальных закономерностях зажигания и развития электрических разрядов в диэлектрических средах, механизмах пробоя диэлектриков при воздействии сильных электрических полей, видах изоляции высоковольтного оборудования и методах контроля ее состояния, способах получения и измерения высоких напряжений, природе возникновения перенапряжений, и способов защиты от них.

Задачи учебной дисциплины

- изучение особенностей изоляции высоковольтного оборудования и явлений, возникающих при воздействии на него сильных электрических полей, перенапряжений, и защиты от них, способов получения и измерения высоких напряжений;
- формирование умения анализировать волновые процессы в линиях электропередачи, расчета и выбора элементов защиты высоковольтного электрооборудования, использовать уравнения, описывающие поведение заряженных частиц в электрических и магнитных полях;
- формирование навыков подбора элементов защиты высоковольтного оборудования, работы с высоковольтным испытательным оборудованием.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- корона на проводах ЛЭП;
- разрядники и ограничители перенапряжений;
- грозозащита линий электропередачи, подстанций и электрических машин;
- волновые процессы на ЛЭП;
- высоковольтные испытательные установки и измерение высоких напряжений.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Студент знает виды изоляции высоковольтного оборудования; способы получения и измерения высоких напряжений; физическую природу возникновения перенапряжений и способы защиты от них.	Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электроэнергетических установок различного назначения	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Студент умеет определять основные параметры электроразрядных процессов; использовать методы анализа, моделирования и расчетов режимов изделий, устройств и установок электроэнергетического и электротехнического назначения с использованием физико-математического аппарата.	Умеет проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки	Защита лабораторной работы
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Студент владеет методами расчета перенапряжений в линейных и нелинейных электрических цепях; анализом режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем.	Владеет навыками расчета схем и режимов работы электронных и электротехнических установок	Контрольная работа
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	Студент знает базовые правила функционирования энергосистем высокого напряжения, правила и методики проведения расчетов силовых кабельных линий.	Знает правила технологического функционирования электроэнергетических систем; требования системы технического регулирования к системе электроснабжения; методики и правила проведения расчетов для проекта системы электроснабжения	Экзамен
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	Студент умеет выбирать оптимальные условия надежного функционирования изоляции электрооборудования.	Умеет выбирать необходимые требования к функционированию системы электроснабжения; выбирать методики расчета для проекта системы электроснабжения; определять перечень оборудования для системы электроснабжения	Защита лабораторной работы
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеет навыками работы со справочной	Владеет навыками формирования перечня	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		литературой и нормативно-техническими материалами.	оптимальных технических решений проектной документации системы электроснабжения; выполнения расчетов для проекта системы электроснабжения	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	32	32	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Основные понятия техники высоких напряжений	1	0	0	2
Тема 1. Необходимость передачи электроэнергии при высоком напряжении, классы напряжений. Потери в ЛЭП. Линии постоянного и переменного тока. Тема 2. Наибольшее рабочее напряжение. Критическое напряжение ионизации. Уровень изоляции. Режим работы нейтрали, его влияние на расчет изоляции. Координация изоляции.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Развитие грозового разряда	2	3	0	18
Тема 3. Формирование грозового облака, стадии развития грозового разряда. Тема 4. Параметры разряда молнии. Ток молнии, ферромагнитный регистратор. Вероятность амплитуд токов молнии. Крутизна фронта тока молнии, вероятность крутизны фронта тока молнии. Воздействия тока молнии. Полярность и амплитуда электромагнитной волны. Интенсивность грозовой деятельности, фронтальные и тепловые грозы.				
Молниеотводы	2	5	0	10
Тема 5. Стержневые молниеотводы. Радиус зоны 100% попадания в молниеотвод. Зона защиты молниеотводов. Тросовые молниеотводы. Угол защиты. Вероятность прорыва молнии. Особенности конструктивного выполнения молниеотводов. Тема 6. Рабочее, защитное, грозозащитное заземление. Сосредоточенные и протяженные заземлители. Протекание импульса тока через заземлитель. Коэффициент импульса, формулы для расчета сопротивления вертикального и горизонтального заземлителя. Удельная электропроводность грунта. Конструктивное выполнение заземлителей. Измерение сопротивления заземлителя.				
Молниеотводы	2	4	0	10
Тема 7. Прохождение электромагнитной волны через узловую точку. Коэффициенты преломления и отражения. Эквивалентные схемы при волновых процессах. Тема 8. Прохождение электромагнитной волны через индуктивность. Прохождение электромагнитной волны мимо емкости.				
Принципы защиты объектов от перенапряжений	2	4	0	10
Тема 9. Разрядники. Назначение разрядников. Структура времени разряда. Вольт-секундные характеристики искрового промежутка. Тема 10. Ограничители перенапряжения нелинейные. Трубочатые разрядники. Пределы отключаемых токов. Вентильные разрядники. Многократный искровой промежуток, нелинейное сопротивление. Способ гашения дуги, вольт-секундная характеристика разрядника. Магнитно-вентильные разрядники. Способ гашения дуги в магнитно-вентильном разряднике. Конструктивное выполнение разрядников.				
Грозозащита ЛЭП, подстанций и вращающихся машин	2	4	0	10

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 11. Индуктированные перенапряжения на ЛЭП. Прямой удар молнии в опору линии без тросов. Прямой удар молнии в опору линии с тросами. Прямой удар молнии в провод линии без тросов. Прямой удар молнии в трос в пролете. Общие принципы защиты ЛЭП. Защита ЛЭП 110-750кВ на металлических и железобетонных опорах. Защита ЛЭП 35-220кВ на деревянных опорах. Тема 12. Грозозащита подстанций. Допустимое расстояние между вентильным разрядником и защищаемым объектом. Грозозащита подстанций 3-35 кВ. Грозозащита подстанций 110-500кВ. Грозозащита вращающихся машин. Схема защиты подстанций с вращающейся машиной при воздушных линейных подходах.				
Внутренние перенапряжения	2	6	0	10
Тема 13. Подразделение внутренних перенапряжений по условиям работы изоляции. Ограничение внутренних перенапряжений комбинированными магнитно-вентильными разрядниками, с помощью реактора. Перенапряжение при отключении длинных ненагруженных линий. Меры по ограничению перенапряжений. Тема 14. Перенапряжения при отключении индуктивностей. Тема 15. Резонансные перенапряжения. Резонансные перенапряжения при обрыве провода. Параметрический резонанс в электрических цепях.				
Корона на проводах ЛЭП	2	4	0	10
Тема 16. Корона на проводах ЛЭП при постоянном напряжении, вывод формулы потерь на корону. Чехол короны при различной полярности и диаметре провода. Ультрокорона. Формула Пика. Тема 17. Корона на проводах ЛЭП при переменном напряжении, формула Майра. Импульсная корона на проводах ЛЭП, вольт-кулоновая характеристика короны.				
Высоковольтные испытательные установки и измерение высоких напряжений	3	2	0	10
Тема 18. Генератор импульсных напряжений. Одноступенчатый ГИН. Связь параметров волны с параметрами схемы. Стандартная волна. Коэффициент использования ГИНа. Многоступенчатый ГИН, устройство и принцип работы. Тема 19. Генератор постоянного напряжения: назначение, устройство, принцип работы. Схема удвоения напряжения. Каскадный генератор				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
постоянного напряжения. Тема 20. Испытательные трансформаторы. Каскадное включение трансформаторов. Тема 21. Измерение высоких напряжений. Шаровые разрядники: измерение постоянного, переменного и импульсного напряжений. Делители напряжения. Электростатические вольтметры. Генерирующие вольтметры.				
ИТОГО по 5-му семестру	18	32	0	90
ИТОГО по дисциплине	18	32	0	90

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Волновые процессы в линиях электропередачи.
2	Перенапряжения при отключении ненагруженных линий.
3	Генератор импульсных напряжений.
4	Молниеотводы.
5	Корона на проводах лэп при переменном напряжении.
6	Заземлители.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Куффель Е. Техника и электрофизика высоких напряжений : пер. с англ. : учебно-справочное руководство / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель. - Долгопрудный: Интеллект, 2011.	3
2	Привезенцев В. А. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии : учебное пособие для вузов / В. А. Привезенцев, Э. Т. Ларина. - Москва: Энергия, 1970.	18
3	Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов / И. М. Бортник [и др.]. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2010.	4
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Базуткин В. В. Техника высоких напряжений: изоляция и перенапряжения в электрических системах : учебник для вузов / В. В. Базуткин, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь. - Москва: Энергоатомиздат, 1986.	3
2	Ковригин Л. А. Техника высоких напряжений : конспект лекций / Л. А. Ковригин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005.	88
3	Степанчук К. Ф. Техника высоких напряжений : учебное пособие для электроэнергетических специальностей втузов / К. Ф. Степанчук, Н. А. Тиняков. - Минск: Вышэйш. шк., 1982.	8
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Техника высоких напряжений	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=293">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=293</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	ПК	15
Лекция	Проектор	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Техника высоких напряжений»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

Направление подготовки:	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Направленность (профиль) образовательной программы:	Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Микропроцессорные средства автоматизации
Форма обучения:	Очная

Курс: 3

Семестр: 5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 5 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении лабораторных работ и сдаче экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный			Итоговый
	ТТ	ОЛР		РКР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>					
3.1. методы измерения высоких напряжений; критическое напряжение ионизации; уровень изоляции; режим работы нейтралы, его влияние на расчет изоляции; координация изоляции; перенапряжения при отключении индуктивностей; резонансные перенапряжения	ТТ1			РКР1	ТВ
3.2. генератор импульсных напряжений; связь параметров волны с параметрами схемы; многоступенчатый ГИН, устройство и принцип работы; генератор постоянного напряжения: назначение, устройство, принцип работы; испытательные трансформаторы, каскадное включение трансформаторов; шаровые разрядники: измерение постоянного, переменного и импульсного напряжений; делители напряжения; электростатические вольтметры; генерирующие вольтметры	ТТ2			РКР2,3	ТВ
3.3. заземлители; конструктивное выполнение заземлителей; ; разрядники; структура времени разряда; вольт-секундные характеристики искрового промежутка; ограничители перенапряжения нелинейные	ТТ3			РКР4	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
У.1. Рассчитывать параметры схемы генератора импульсных напряжений в соответствии с параметрами волны; рассчитывать сопротивления заземлителя		ОЛР1,2			ПЗ
У.2. Выбирать необходимое измерительное оборудование и рассчитывать параметры его элементов		ОЛР3,4			ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
В.1. навыками измерения высоких напряжений при использовании различного измерительного оборудования; методикой измерения сопротивления заземлителей		ОЛР5,6			КЗ
В.2. навыками измерения высоких напряжений при использовании различного измерительного оборудования; методикой измерения сопротивления заземлителей		ОЛР5,6			КЗ

*ТТ – текущее тестирование на лекционных занятиях; ОЛР – отчет о лабораторной работе; РКР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля и результатов выполнения курсового проектирования.

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования –

программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме тестирования студентов проводится по мере изучения тем. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов к лабораторным работам и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита отчетов к лабораторным работам**

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы работ приведены в РПД.

Защита отчета к лабораторной работе проводится индивидуально каждым студентом. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Критерии и шкала оценивания уровня освоения компетенций на лабораторной работе

Балл за		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения компетенций после изучения учебного материала
знания	умения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>

4	4	Средний уровень	<i>Задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</i>

Результаты защиты отчетов к лабораторным работам по 4-балльной шкале оценивания знаний и умений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Запланировано 4 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР1 по модулю 1 «Атмосферные перенапряжения», вторая РКР2 – по модулю 2 «Внутренние перенапряжения», третья РКР3 – по модулю 3 «Корона на проводах ЛЭП», РКР4 – по модулю 4 «Высоковольтные испытательные установки и измерение высоких напряжений».

#### **Типовые задания РКР1:**

1. Необходимость передачи электроэнергии при высоком напряжении, классы напряжений
2. Формирование грозового облака, стадии развития грозового разряда.
3. Стержневые и тросовые молниеотводы. Радиус зоны 100% попадания в молниеотвод. Зона защиты молниеотводов.
4. Прохождение электромагнитной волны через узловую точку. Коэффициенты преломления и отражения.
5. Разрядники. Назначение разрядников. Структура времени разряда. Вольт-секундные характеристики искрового промежутка.

#### **Типовые задания РКР2:**

1. Подразделение внутренних перенапряжений по условиям работы изоляции.
2. Ограничение внутренних перенапряжений комбинированными магнитно-вентильными разрядниками, с помощью реактора.
3. Перенапряжение при отключении длинных ненагруженных линий.
4. Меры по ограничению перенапряжений.

#### **Типовые задания РКР3:**

5. Корона на проводах ЛЭП при постоянном напряжении, вывод формулы потерь на корону.
6. Чехол короны при различной полярности и диаметре провода.
7. Ультрокорона. Формула Пика.
8. Корона на проводах ЛЭП при переменном напряжении, формула Майра.
9. Импульсная корона на проводах ЛЭП, вольт-кулоновая характеристика

короны.

#### Типовые задания РКР4:

1. Генератор импульсных напряжений. Одноступенчатый ГИН.
2. Многоступенчатый ГИН, устройство и принцип работы.
3. Генератор постоянного напряжения: назначение, устройство, принцип работы.
4. Испытательные трансформаторы. Каскадное включение трансформаторов.
5. Измерение высоких напряжений. Шаровые разрядники: измерение постоянного, переменного и импульсного напряжений.
6. Электростатические вольтметры. Генерирующие вольтметры.

Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Критерии и шкала оценивания уровня освоения компетенций на контрольной работе

Балл за		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения компетенций после изучения учебного модуля
знания	умения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Отчет по контрольной работе оформлен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</i>
4	4	Средний уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении отчета по контрольной работе.</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, отчет по контрольной работе имеет недостаточный уровень качества оформления.</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.</i>

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Необходимость передачи электроэнергии при высоком напряжении, классы напряжений.
2. Параметры разряда молнии. Ток молнии, ферромагнитный регистратор. Вероятность амплитуд токов молнии.
3. Рабочее, защитное, грозозащитное заземление. Сосредоточенные и протяженные заземлители.
4. Прохождение электромагнитной волны через узловую точку. Коэффициенты преломления и отражения. Эквивалентные схемы при волновых процессах.
5. Ограничители перенапряжения нелинейные. Принцип действия. Пределы отключаемых токов.
6. Грозозащита подстанций 3-35 кВ.

#### **Типовые практические и комплексные задания для контроля приобретенных умений и владений:**

1. Методика построения вольт-секундной характеристики разрядника.
2. Определить сопротивление заземлителя при заданных его геометрических размерах и удельном сопротивлении грунта.
3. Определить амплитуду преломленной волны при прохождении электромагнитной волны через узловую точку.
4. Рассчитать параметры элементов генератора импульсных напряжений, обеспечивающего параметры волны согласно МЭК.

### **2.3.2 Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкала и критерии оценки результатов обучения для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4. Шкала оценивания уровня знаний

<b>Балл</b>	<b>Уровень усвоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня усвоенных знаний</b>
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>

<b>Балл</b>	<b>Уровень усвоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня усвоенных знаний</b>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i>

Таблица 2.5. Шкала оценивания уровня умений и владений

<b>Балл</b>	<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоенных умений</b>
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое комплексное задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала, отличные владения навыками полученных знаний и умений при решении профессиональных задач. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое и комплексное задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения, хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил практическое и комплексное задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения, удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении практического и комплексного задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений, недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении</i>

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений
		<i>профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</i>

### 3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

#### 3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

#### 3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа с примерами получения итоговой оценки уровня сформированности компетенций приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Форма и примеры заполнения оценочного листа

Интегральный результат текущего и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)	Оценка за экзамен для каждого результата обучения			Средняя оценка уровня сформированности компетенций	Итоговая оценка за промежуточную аттестацию
	знания	умения	владения		
5	5	4	5	4.75	<i>Отлично</i>
4	3	3	3	3.25	<i>Удовлетворительно</i>
3	5	4	3	3.75	<i>Хорошо</i>
3	3	3	2	2.75	<i>неудовлетворительно</i>
3	3	4	2	3.0	<i>неудовлетворительно</i>

#### Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:

«Отлично» – средняя оценка  $> 4,5$ .

«Хорошо» – средняя оценка  $> 3,7$  и  $\leq 4,5$ .

«Удовлетворительно» – средняя оценка  $\geq 3,0$  и  $\leq 3,7$  при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка  $< 3,0$  или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.

# Приложение 1. Пример билета для экзамена



13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Кафедра «Микропроцессорные средства автоматизации»

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**Дисциплина «Техника высоких напряжений»**

## **БИЛЕТ № 1**

1. Необходимость передачи электроэнергии при высоком напряжении, классы напряжений.
2. Определить сопротивление заземлителя при заданных его геометрических размерах и удельном сопротивлении грунта.
3. Определить амплитуду преломленной волны при прохождении электромагнитной волны через узловую точку.

Составитель

\_\_\_\_\_

А.Е.Терлыч

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

А.Б.Петроченков

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.