



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт Механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра Электроснабжение и электротехника имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина
Ю.В. Катаев
“ 20 ” _____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.16 «ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ»

для подготовки бакалавров
(академический бакалавриат)

ФГОС ВО

Направление: 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника
Направленность: Электроснабжение


Курс 3
Семестр 5

Форма обучения: очно-заочная
Год начала подготовки: 2018

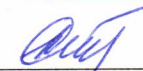
Регистрационный номер _____

Москва, 2019


Разработчик: Цедяков А.А., старший преподаватель
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


«11» 12 2019 г.

Стушкина Н.А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


«11» 12 2019 г.

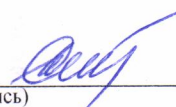
Рецензент Андреев С.А., к.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)
«11» 12 2019 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

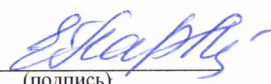
Программа обсуждена на заседании кафедры ЭС и ЭТ им. акад. И.А. Будзко протокол № 4 от «11» 12 2019 г.

Зав. кафедрой Стушкина Н.А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)
«20» 01 2019 г.

Согласовано:


Председатель учебно-методической комиссии Института механики и энергетике имени В.П.Горячкина Парлюк Е.П., к.э.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)
«20» 01 2019 г.

Заведующий выпускающей кафедрой ЭС и ЭТ им. академика И.А. Будзко Стушкина Н.А., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)
«11» 12 2019 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ


(подпись) Л.Л.Иванова

Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных материалов дисциплины получены:

Методический отдел УМУ

«__» _____ 201_г

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
1.ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2.МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	5
3.ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	6
4.СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ	7
ПО СЕМЕСТРАМ.....	7
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ	10
4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ	11
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	12
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
6.1.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности	13
6.2.Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	16
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
7.1 Основная литература	17
7.2Дополнительная литература	17
7.3Нормативные правовые акты.....	17
7.4Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	17
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	19
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	19
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	21

Аннотация

Рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.16 «Техника высоких напряжений» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленности Электроснабжение

Цель освоения дисциплины: дисциплина позволяет студентам получить общие сведения о электрофизических процессах происходящих в изоляции и определяющих её длительную и кратковременную электрическую прочность; требований, предъявляемых к условиям эксплуатации изоляции; современных методов профилактического контроля состояния изоляции, обеспечивающих её безаварийную работу. Дисциплина является профилирующей для студентов энергетических специальностей, способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитие способности:

- к самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.
- готовность к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в вариативную часть учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОК-7, ПК-3, ПК-8.

Краткое содержание дисциплины:

Раздел 1. Введение Электрические разряды в газах

Раздел 2. Лавинный и стримерный разряд

Раздел 3. Разряды в резконеоднородных полях и при импульсных напряжениях.

Раздел 4. Поверхностный разряд. Разряды в твердой и жидкой изоляции

Раздел 5. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП

Раздел 6. Конструкции разрядников

Раздел 7. Конструкция молниеотводов и грозозащитного заземления

Раздел 8. Испытательные установки и методы испытания высоковольтной изоляции

Раздел 9. Внутренние перенапряжения и мероприятия по их ограничению

Общая трудоемкость дисциплины: 4 зач. единицы (144 часа).

Промежуточный контроль: реферат, экзамен.

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины – формирование у обучающихся знаний электрофизических процессов, происходящих в изоляции и определяющих её длительную и кратковременную электрическую прочность; требований, предъявляемых к условиям эксплуатации изоляции; современных методов профилактического контроля состояния изоляции, обеспечивающих её безаварийную работу.

Задачи дисциплины- обучающийся должен иметь представление о проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием, соблюдая технические и экологические требования, использованию технических средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса

- электрофизические процессы происходящие в изоляции электрооборудования
- методы проверки технического состояния электрической изоляции электрооборудования
- организацией профилактических осмотров
- о видах перенапряжений, воздействующих на изоляцию и методах их ограничения
- использовать методы расчётов показателей грозоупорности линий электропередачи и подстанций.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Техника высоких напряжений» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативной части.

Изучение данной дисциплины позволяет, подготавливаемым по разным направлениям в рамках направления «Электроэнергетика и электротехника» получить основные сведения о электрофизических процессах происходящие в изоляции электрооборудования, методах проверки технического состояния электрической изоляции электрооборудования, организацией профилактических осмотров, о видах перенапряжений, воздействующих на изоляцию и методах их ограничения, использовать методы расчётов показателей грозоупорности линий электропередачи и подстанций.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электромеханические переходные процессы» являются «Математика», «Физика», «Информатика», «Теоретические основы электротехники», «Электромеханика», «Электроэнергетические системы и сети», «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электрические машины». График изучения указанных дисциплин приведен в рабочем учебном плане.

Дисциплина знакомит студентов с электрофизическими процессами происходящими в изоляции электрооборудования. Методы проверки технического состояния электрической изоляции электрооборудования является необходимой частью работ при защите от перенапряжений. Результаты этих расчетов используют для выбора основной схемы электрической системы и уточнения размещения основного оборудования, определения допустимых режимов и выбора мероприятий для повышения устойчивости электрических систем и узлов нагрузки, определения параметров настройки систем регулирования и управления, защиты и системной автоматики. Поэтому данная дисциплина является базовой для изучения всех специальных дисциплин направления «Электроэнергетика и электротехника».

Особенностью дисциплины является наличие в её содержании физики, математики, информатики, теоретических основ электротехники, инженерных знаний и средств вычислительной техники.

Рабочая программа дисциплины «Техника высоких напряжений» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особен-

ностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных (ПК) компетенций представленных в таблице 1.

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Таблица №1.

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию.	Современные инженерные и компьютерные технологии	Самостоятельно работать с технической литературой	Навыками самоорганизации и самообразования
2.	ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием, соблюдая технические и экологические требования	Основы природоохранного законодательства, принципы экологического мониторинга, концепции его организации	Прогнозировать возможное негативное воздействие на экосистемы факторов, сопутствующих выбранной технике и технологии	Способностью применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий
3.	ПК-8	Способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса	Основные законы метрологии	Правильно выбирать технические средства для измерения того или иного параметра электроэнергетических и электротехнических объектов с учетом необходимого диапазона, чувствительности и погрешности измерения	Навыками практического использования измерительных приборов

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 144 часа, 4 единицы в 5 семестре, их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица №2.

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	часов	в семестре №5
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144	144
1. Контактная работа:	26,4	26,4
Аудиторная работа:	26,4	26,4
<i>лекции (Л)</i>	6	6
<i>практические занятия (ПЗ) и семинары (С)</i>	10	10
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	8	8
<i>консультация перед экзаменом</i>	2	2
<i>контактная работа (КРА)</i>	0,4	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	117,6	117,6
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i>	64	64
<i>Реферат</i>	20	20
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	33,6	33,6
Вид контроля:	Экзамен	

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1. Введение Электрические разряды в газах	13	2	2			9
Раздел 2. Лавинный и стримерный разряд	13	2	2			9
Раздел 3. Разряды в резконеоднородных полях и при импульсных напряжениях.	11	2				9
Раздел 4. Поверхностный разряд. Разряды в твердой и жидкой изоляции	10					10
Раздел 5. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП	13		2	2		9
Раздел 6. Конструкции разрядников	13		2	2		9
Раздел 7. Конструкция молниеотводов и грозозащитного заземления	13		2	2		9
Раздел 8. Испытательные установки и методы испытания высоковольтной изоляции	12			2		10
Раздел 9. Внутренние перенапряжения и мероприятия по их ограничению	10					10
Консультации перед экзаменом	2				2	
Контактная работа (КРА)	0,4				0,4	
Всего за 8 семестр	110,4	6	10	8	2,4	84
Экзамен	33,6					33,6
Итого по дисциплине	144	6	10	8	2,4	117,6

Раздел 1. Введение Электрические разряды в газах

Исторический обзор развития техники защиты электроустановок от перенапряжений. Уровни изоляции электроустановок. Понятие о координации изоляции. Защита от поражения молнией. Значение защиты от перенапряжений и от поражений молнией для сельского хозяйства – проблемная лекция

Раздел 2. Лавинный и стримерный разряд

Сигнализация и блокировки на станциях и подстанциях. Уровни изоляции электроустановок формирование разряда. Разрядные напряжения воздушных промежутков.

Возникновение лавинного разряда, его особенности. Роль воздуха в изоляции электроустановок.

Возникновение стрименного разряда.

Раздел 3. Разряды в резконеоднородных полях и при импульсных напряжениях.

Разряд при импульсном напряжении. ВСХ. Форма волны импульсного напряжения. Влияние полярности на пробивное напряжение воздушных промежутков.

Разряд в воздухе при однородном, слабонеоднородном и резконеоднородном поле. Формирование разряда при постоянном и переменном напряжении

Раздел 4. Поверхностный разряд. Разряды в твердой и жидкой изоляции

Газообразные, жидкие и твердые диэлектрики, их особенности и условия работы в изоляционных конструкциях.

Разряд в воздухе вдоль поверхности твердого диэлектрика. Меры по увеличению разрядного напряжения линейных, подстанционных и аппаратных изоляторов. Развитие разряда в увлажненной и загрязненной поверхности. Явление короны.

Раздел 5. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП

Молния как источник перенапряжения. Параметры молнии. Кривые вероятности амплитуды и крутизны тока молнии. Оценка интенсивности грозовой деятельности. Атмосферные перенапряжения в ВЛ

Прямой удар молнии в линию без троса. Прямой удар молнии в линию с тросом

Избирательная поражаемость молнией наземных объектов. Защита от прямых ударов молнии. Зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов. Эффективная высота стержневых молниеотводов. Защитный угол тросовых молниеотводов.

Волновые процессы в токопроводах. Многократные отражения

Волновые процессы на подстанциях, в линиях, трансформаторах и электрических машинах. Отраженные и преломленные волны. Многократные отражения волн в линиях.

Распространение волн перенапряжения по обмоткам трансформатора

Затухание и деформация волн. Переход волны через трансформаторы

Раздел 6. Принцип работы и определение места установки разрядников

Принцип работы вентильных разрядников. Конструкция и принцип действия грозозащитных аппаратов, их ВСХ и дугогасящая способность. АПВ как средство, способствующее действию грозозащиты. Срез волны разрядниками Области применения.

Конструкции разрядников

Конструкция и принцип действия и основные электрические характеристики защитных искровых промежутков, трубчатых, вентильных и магнитно-вентильных разрядников. Области применения. Вентильные разрядники для защиты сетей НН.

Раздел 7. Конструкция молниеотводов и грозозащитного заземления

Конструкция и принцип действия работы грозозащитных аппаратов в сельских электроустановках. Схемы защиты подстанций, РУ и линейных подходов. Защита изоляции, вращающихся машин, непосредственно соединенных с ВЛ. Защита электроустановок сельских потребителей от проникновения опасных потенциалов по ВЛ.

Защита высоковольтных линий и подстанций от атмосферных и коммутационных перенапряжений

Защиты ВЛ и кабельных вставок. Защита мест пересечений ВЛ и мест ВЛ с ослабленной изоляцией. Схемы защиты подстанций, РУ и линейных подходов. Заземления молниеотводов. Особенности их работы при импульсных токах. Рекомендации по сооружению молниезащитных заземляющих устройств.

Раздел 8. Испытательные установки и методы испытания высоковольтной изоляции

Выбор грозозащитной аппаратуры и схем в зависимости от назначения и параметров защищаемого объекта исследование генераторов импульсных напряжений. Испытательные установки и методы испытаний высоковольтной изоляции и грозозащитных аппаратов

Раздел 9. Внутренние перенапряжения и мероприятия по их ограничению

Однофазные замыкания на землю в системе с незаземленной нейтралью. Перенапряжения при ЗНЗ через перемежающуюся дугу. Компенсация емкостного тока дугогасящими аппаратами.

Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов и реакторов. Пути ограничения перенапряжений.

Отключение холостых линий. Повторные зажигания дуги в выключателях

Феррорезонансные перенапряжения и пути их предотвращения.

Опасные и мешающие явления линий электропередач на линии связи и железнодорожной сигнализации

Опасные и мешающие явления в нормальных и аварийных режимах при различных схемах заземления нейтрали. Понятие о расчете наведенных напряжений и о выборе защитных мер.

Высокочастотные помехи от короны. Методы снижения уровня помех и защиты от них.

4.3 Лекции/Лабораторные/практические/ занятия

Таблица 4

Содержание лекций, практических и лабораторных занятий и контрольных мероприятий

№ п/п	№ раздела	№ и название лекции/лабораторных/практических/ занятий с указанием контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия	Компетенции	Кол-во часов
1	Раздел 1. Разряды в газах.				
	Тема 1. Разряды в газах.	Лекция №1. Разряды в газах		ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
Практическая работа №1. Виды ионизации газов		Решение задач	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2	
2	Раздел 2. Лавинный и стримерный разряд.				
	Тема 1. Лавинный и стримерный разряд.	Лекция №2. Лавина электронов.		ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
Практическая работа №2. Количество электронов в голове лавины		Решение задач	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2	
3	Раздел 3. Резко неоднородные поля				
	Тема 1. Резко неоднородные поля	Лекция №3. Резко неоднородные поля		ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
4	Раздел 5. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП				
	Тема 1. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП	Практическая работа №3. Количество отключения ЛЭП	Решение задач	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
Лабораторная работа №1. Характеристика атмосферных перенапряжений в ЛЭП		Защита лабораторной работы.	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2	
5	Раздел 6. Разрядники				
	Тема 6. Разрядники	Практическая работа №4. Выбор разрядников.	Решение задач	ОК-7 ПК-3	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекции/лабораторных/практических/ занятий с указанием контрольных мероприятий	Вид контрольного мероприятия	Компетенции	Кол-во часов
				ПК-8	
		Лабораторная работа №2. Разрядники	Защита лабораторной работы.	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
6	Раздел 7. Молниевыводы и грозозащитное заземление				
	Тема 7. Молниевыводы и грозозащитное заземление	Практическая работа №5. Расчет грозозащитного заземления	Решение задач	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
		Лабораторная работа №3. Молниевыводы	Защита лабораторной работы.	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2
7	Раздел 8. Испытательные установки и методы испытания высоковольтной изоляции				
	Тема 1. Испытательные установки и методы испытания высоковольтной изоляции	Лабораторная работа №4. Методы контроля изоляции. Исследование электрических характеристик изоляции	Защита лабораторной работы.	ОК-7 ПК-3 ПК-8	2

4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1. Введение Электрические разряды в газах		
	Тема 1.	Виды разрядов в газах.(ОК-7, ПК-3, ПК-8)
Раздел 2. Лавинный и стримерный разряд		
	Тема 1.	Роль воздуха в изоляции электроустановок.(ОК-7, ПК-3, ПК-8)
Раздел 3. Разряды в резконеоднородных полях и при импульсных напряжениях.		
	Тема 1. Форма волны импульсного напряжения(ОК-7, ПК-3, ПК-8)	
Раздел 4. Поверхностный разряд. Разряды в твердой и жидкой изоляции		
	Тема 1.	Развитие разряда в увлажненной и загрязненной поверхности. (ОК-7, ПК-3, ПК-8)
Раздел 5. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП		

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	Тема 1.	Оценка интенсивности грозовой деятельности. (ОК-7, ПК-3, ПК-8)
	Раздел 6. Конструкции разрядников	
	Тема 1.	Вентильные разрядники для защиты сетей НН. (ОК-7, ПК-3, ПК-8)
	Раздел 7. Конструкция молниеотводов и грозозащитного заземления	
	Тема 1.	Рекомендации по сооружению молниезащитных заземляющих устройств. (ОК-7, ПК-3, ПК-8)
	Раздел 8. Испытательные установки и методы испытания высоковольтной изоляции	
	Тема 1.	Методы испытаний высоковольтной изоляции(ОК-7, ПК-3, ПК-8)
	Раздел 9. Внутренние перенапряжения и мероприятия по их ограничению	
	Тема 1.	Методы снижения уровня помех и защиты от них. (ОК-7, ПК-3, ПК-8)

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Техника высоких напряжений» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и инновационным технологиям:

- основные формы теоретического обучения: лекции, консультации, экзамен;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: реферат и самостоятельные работы студентов.

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средств обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – решение типовых задач, совместная работа студентов в группе при проведении практических занятий и выполнения лабораторных работ, междисциплинарное обучение – подготовка студенческих докладов, разбор конкретных ситуаций.

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Техника высоких напряжений» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний предполагает посещение лекций, защиту лабораторных работ, решение типовых задач.

Промежуточный контроль знаний: реферат, экзамен.

Для допуска к экзамену по курсу, необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, выполнить и защитить лабораторные работы.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1). Реферат

Темы рефератов:

1. Выбор трубчатых разрядников
2. Расчет защитных зон молниеотводов
3. Расчет импульсных сопротивлений заземлителей
4. Расчет влияний линий электропередачи на линии связи и другие инженерные сооружения
5. Расчет волновых процессов в линиях электропередач.
6. ПУМ в линию без троса на металлических опорах.
7. ПУМ в линию без троса на деревянных опорах.
8. ПУМ в провод линии, минуя трос.
9. ПУМ в трос вблизи опоры или в опору.
10. ПУМ в трос в середине пролета.

2). Пример заданий и вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся:

Лабораторные работы по разделу 6. Принцип работы разрядников.

1. Лабораторная работа № 2.

«Изучение конструкции и исследование работы разрядников».

На защите лабораторной работы студент должен предъявить преподавателю отчет по лабораторной работе, содержащий:

1. Фамилию, имя, отчество студента и номер его группы.
2. Название лабораторной работы, краткое описание установки, используемой в работе, эскиз ее конструкции, электрическую схему.
3. Результаты исследования в виде таблиц и графиков.

Выводы по полученным результатам

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

- 1). Назначение разрядников?
- 2). Как устроены защитные искровые промежутки?
- 3). Как осуществляется гашение дуги в трубчатых разрядниках?

- 4). Виды, назначение и состав нелинейных сопротивлений вентельных разрядников?
- 5). В каком случае стоит применять магнито-вентельные разрядники?

3). Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:

Типовые задачи по разделу 1. Электрические разряды в газах.

1. Определить $X_{и}$, который должен пробежать электрон для ионизации молекулы азота в электрическом поле с $E = 30$ кВ/см
2. Определить длину волны излучения необходимой для ионизации молекулы азота

Типовые задачи по разделу 2. Лавинный и стримерный разряд.

3. Определить число электронов в голове лавины при перемещении ее к аноду на 0,9 см, если поле однородное, атмосферные условия нормальные, $E = 25$ кВ/см
4. Определить критическую напряженность ($E_{кр}$) в воздухе на участке $S = 2$ см при давлении $P = 700$ мм.рт.ст и температуре 40° C

Типовые задачи по разделу 5. Атмосферные перенапряжения в ЛЭП.

5. Определить вероятность перекрытия изоляции на опоре (местность ровная), если
 - А) $I_m > 120$ кА при любом Ом
 - Б) $I_m > 80$ кА при Ом > 30 кА/м.сек
6. Определить ток молнии при котором произойдет плавление алюминиевого проводника сечением 5 мм² при длине волны $\tau_B = 0,3$ м.сек
7. Определить число грозовых отключений линии в год на 100 км. Для ЛЭП 110 кВ на металлических опорах без троса, если $U_{50\%} = 780$ кВ; $h_{пр} = 10$ м; $\eta = 0,7$
8. Определить число грозовых отключений линии 35 кВ на металлических опорах без троса, если: $U_{50\%} = 350$ кВ; $R_9 = 0,3$; $R_3 = 10$ Ом; $h = 10$ м; $\eta = 0,52$
9. Определить число грозовых отключений ЛЭП 110 кВ на деревянных опорах, если $U_{50\%} = 1690$ кВ; $R_9 = 0,3$; ; $h = 10$ м; $\eta = 0,5$:
10. Определить число грозовых отключений ЛЭП 220 кВ с одним тросом, если: $U_{50\%} = 2000$ кВ; $R_3 = 30$ Ом; $S = 1,5$ м; $I_{пр} = 100$ м; $R_9 = 0,3$; $\eta_1 = 0,7$; $\eta_2 = 0,5$. При условии, что молния ни разу не попала в провод $h_{пр} = 15$ м.

Типовые задачи по разделу 7. Молниеотводы и грозозащитные заземления.

11. ОРУ подстанции 35/10 кВ имеет размер 20×10 м, высота 6 м; $R_3 = 30$ Ом. Найти высоту одиночного стержневого молниеотвода
12. Определить сопротивление кольцевого заземлителя при $I_m = 40$ А; g грунта = 100 Ом/м, диаметр 8 м; глубина заложения 0,5 м, заземлитель выполнен из полосовой стали 40×25 мм.

3). Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Значение защиты от перенапряжений. Основные понятия и определения.
2. Влияние увлажнения и загрязнения изоляции на разрядное напряжение.
3. Развитие перенапряжений в зависимости от режима нейтрали.
4. Характеристики твердых и жидких диэлектриков.
5. Требования к изоляции и ее выбор. Координация изоляции.
6. Развитие пробоя в твердом диэлектрике.
7. Использование воздуха в качестве изолятора.
8. Развитие пробоя в бумажно-масляной изоляции.
9. Виды разрядов.
10. Развитие ионизационного пробоя.

11. ВАХ разряда, форма и стадии разряда.
12. Старение изоляции.
13. Определение ионизации. Ударная ионизация.
14. Развитие грозового разряда.
15. Определение ионизации. Фотоионизация.
16. Молния как источник перенапряжений.
17. Термическая ионизация. Виды поверхностной ионизации.
18. Токи молнии.
19. Лавина электронов. Условия образования лавины.
20. Воздействие тока молнии
21. Определение числа электронов в голове лавины.
22. Характеристика грозовой деятельности.
23. Искажение внешнего поля лавиной электронов.
24. Общие характеристики атмосферных перенапряжений в ЛЭП.
25. Самостоятельный разряд.
26. ПУМ в линию без троса на металлических опорах.
27. Вывод условия самостоятельности разряда.
28. ПУМ в линию без троса на деревянных опорах.
29. Развитие стримерного разряда.
30. ПУМ в провод линии, минуя трос.
31. Катодный и анодный стример.
32. ПУМ в трос вблизи опоры или в опору.
33. Неоднородные электрические поля и их общие характеристики.
34. ПУМ в трос в середине пролета.
35. Развитие разряда в слабонеоднородном поле. Закон подобия разрядов.
36. Удельное число отключений линий с тросом. Способы грозозащиты.
37. Развитие разряда в резконеоднородном поле при положительном стержне.
38. Импульсная волна, ВСХ изоляции.
39. Развитие разряда в резконеоднородном поле при отрицательном стержне.
40. Распространение электромагнитных волн с прямоугольным фронтом по проводам без потерь.
41. Развитие разряда в резконеоднородном поле в воздушном промежутке длиной до 1 м.им
42. Переход волны из линии с одним волновым сопротивлением в линию с другим волновым сопротивлением.
43. Развитие разряда в длинных промежутках.
44. Многократные отражения.
45. Искра, дуга.
46. Графоаналитический метод исследования многократных отражений.
47. Последовательность стадий разряда.
48. Принцип действия разрядников.
49. Поверхностный разряд в газе. Типы.
50. Трубочатые разрядники.
51. Поверхностный разряд в однородном поле.
52. Вентильные разрядники.
53. Поверхностный разряд в неоднородном поле (опорный изолятор).
54. Молниеотводы.
55. Поверхностный разряд в неоднородном поле (проходной изолятор).
56. Грозозащитные заземления.

Пример экзаменационного билета для промежуточного контроля знаний обучающихся (экзамена):



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВПО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Факультет: Энергетический

Кафедра: Электроснабжение и электротехника им. академика И.А.Будзко

Дисциплина: Техника высоких напряжений Курс: 3
(название, шифр по ГОС)

Направление/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. / Электроснабжение
(номер по классификатору, название)

БИЛЕТ № 1

1. Значение защиты от перенапряжений. Основные понятия и определения.
2. Влияние увлажнения и загрязнения изоляции на разрядное напряжение.

Задача №1.

Определить сопротивление кольцевого заземлителя при $I_m=40\text{кА}$, $g_{\text{грунта}}=100\text{ Ом/м}$, диаметр $D=8\text{м}$, глубина заложения $h=0.5\text{м}$, заземлитель выполнен из полосовой стали $40 * 25\text{мм}$.

Зав.кафедрой Н.А.Стушкина. Преподаватель Цедяков А.А
« » 20 г.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для допуска к экзамену по дисциплине «Техника высоких напряжений» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, лабораторных работ, написание рефератов по пропущенным темам.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Техника высоких напряжений» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент, не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа экзаменационных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Студентом основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.

Для допуска к экзамену по курсу необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, выполнить и защитить лабораторные работы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Титков, В.В. Перенапряжения и молниезащита : учебное пособие / В.В. Титков, Ф.Х. Халилов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-2286-

9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75522>

2. Долгинов Александр Иосифович. Техника высоких напряжений в электроэнергетике [Текст] / А. И. Долгинов. - М. : Энергия, 1968. - 464 с. - Библиогр.: с. 463-464. - 1-56 р

7.2 Дополнительная литература

1. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавец, Н.А. Черемисинова. — 3-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-1164-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/447597.3>

2. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве : учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-3114-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106880>

3. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства [Текст]: учебник для вузов / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов – М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 656 с.

7.3 Нормативные правовые акты

Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с.

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Техника высоких напряжений» являются лекции, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на потоке, практические занятия в группах, лабораторные занятия в подгруппах. По курсу предусмотрено выполнение реферата. На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Программы: Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), AutoCAD. Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

- a) Каталоги электрооборудования и трансформаторов, изготавливаемых заводами России, etc. (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- b) Информационные центры России
- c) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- d) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИ-Центр) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- e) Защита интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) (интернет-ресурс) (открытый доступ).
- f) Российский научно-технический центр по стандартизации (СТАНДАРТИНФОРМ) (интернет-ресурс) (открытый доступ).

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Таблица 8

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1. Введение Электрические разряды в газах	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
2.	Раздел 2. Лавинный и стримерный разряд	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
3.	Раздел 3. Разряды в резконеоднородных полях и при импульсных напряжениях.	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
4.	Раздел 4. Поверхностный разряд. Разряды в твердой и жидкой изоляции	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 9

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
24 корпус, аудитория № 103 учебная аудитория для проведения: занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	1. Парты 26 шт. б/н. 2. Стулья 52 шт. б/н. 3. Доска меловая 2 шт. б/н. 4. Экран (Инв. № 410138000002640) 5. Проектор (Инв. № 410138000002634)
Корпус № 24, аудитория № 101 учебная лаборатория для проведения занятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерактивной доской	1. Парты – 8 шт. 2..Стулья – 16 шт. 3. Доска меловая – 1 шт. 4. Лабораторный стенд «Исследование измерительных трансформаторов тока» (Инв. № 410124000603096)
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Учебный курс «Техника высоких напряжений» является основополагающим для студентов, обучающихся по направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность «Электроснабжение». В этом курсе студент получает знания об освоении методов расчета режимов электрических сетей. Поэтому изучение каждой темы должно сопровождаться решением типовых примеров, приведенных в рекомендуемой литературе. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Техника высоких напряжений» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на лекциях. Самостоятельно производить расчеты при обработке экспериментальных данных и осуществлять их графическую интерпретацию с использованием интерактивных программных сред.
2. На лабораторных и практических занятиях обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу в день её выполнения или ближайшее время.
3. Максимально использовать возможности практик на предприятии для изучения всего электрооборудования, имеющегося на предприятии, стремиться принять участие в ремонте электрических машин и трансформаторов.
4. Регулярно посещать тематические выставки, например, международный форум «Электрические сети», «Золотая осень» и др.

Самостоятельная работа студентов предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции.

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать материал и отчитаться в устной форме, ответив на вопросы лектора по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан получить у преподавателя индивидуальное задание, выполнить его и сдать.

Студент, пропустивший лабораторную работу, обязан ее отработать.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Преподавание инженерной дисциплины «Техника высоких напряжений» в вузе требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Поскольку объем лекций ограничен, то планируемый в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируясь плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

Программу разработал:

Цедяков А.А., ст. преподаватель _____

(подпись)