МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НРиИ
_____ Дьяченко А.Н.
«15» 12 2014

ПРОГРАММА

вступительных экзаменов по направлению
13.06.01 Электро- и теплотехника
по профилю
Техника высоких напряжений

Томск 2014

В основу программы положены следующие вузовские дисциплины направления «Электроэнергетика»: «Техника и физика высоких напряжений», «Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения»; «Генерирование и измерение высоковольтных и сильноточных сигналов»; «Мощная импульсная техника»; «Поведение материалов в сильных электрических, тепловых и радиационных полях»; «Электроразрядные технологии обработки и разрушения материалов».

1. Электрический разряд в газах

Элементарные процессы в газах. Объемная ионизация. Ионизация и возбуждение атомов при столкновениях (ударная ионизация). Фотоионизация. Источники ионизирующих излучений. Термическая ионизация. Поверхностная ионизация (эмиссия заряженных частиц с поверхности металлов). Термоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия. Фотоэмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Взрывная эмиссия электронов. Движение и взаимодействие газовых частиц. Эффективное сечение столкновения. Длина свободного пробега частиц газа. Подвижность ионов и электронов. Процессы деионизаций. Диффузия ионов и электронов. Рекомбинация заряженных частиц. Коэффициенты ионизации Таунсенда. Лавина электронов. Разряд при пониженных давлениях (тлеющий разряд). Теория Таунсенда. Искровой разряд Стримерная теория. Закон Пашена. Особенности искрового разряда в неоднородных полях. Закон подобия разрядов. Эффект полярности при разряде в резко неоднородном поле. Барьеры в резко неоднородном поле. Импульсный пробой газов. Структура времени разряда. Статистическое время запаздывания разряда. Время формирования разряда. Вольтсекундные характеристики. Стандартная импульсная волна. Разряд в длинных воздушных промежутках. Механизм разряда. Лидер. Главный разряд, Молния. Механизм развития молнии. Наносекундный пробой газов. Электрическая прочность газов по опытным данным. Влияние степени однородности поля, полярности, влажности, давления и температуры воздуха на разрядное напряжение промежутка. Электрическая прочность промежутка на косоугольных волнах. Высокопрочные газы. Поверхностный разряд. Влияние конфигурации поля и других факторов на напряжение перекрытия. Скользящие разряды. Корона как вид самостоятельного разряда. Корона на проводах при постоянном напряжении. Вольт-амперная характеристика короны. Униполярная и биполярная корона. Корона на проводах при переменном напряжении. Потери и методы уменьшения потерь на корону. Дуговой разряд. Виды дугового разряда. Способы гашения дуги. Теория пробоя вакуума. Современные представления о механизме пробоя вакуума. Экспериментальные данные по пробою вакуумной изоляции. Области применения вакуумной изоляции.

2. Электрический пробой жидких диэлектриков

Электропроводность диэлектрических жидкостей в сильных электрических полях. Природа и параметры носителей зарядов. Перераспределение поля в промежутке. Процессы на стадии зажигания разряда. Пространственно-временные закономерности развития разряда. Основные процессы, участвующие в формировании пробоя жидких диэлектриков. Зависимость электрической прочности жидкостей от основных влияющих факторов - химическая природа и состояние жидкости, параметры воздействующего напряжения, микро – и макро геометрия электродов. Особенности разряда по поверхности твердого диэлектрика в жидкости.

3. Электрический пробой твердых диэлектриков

Основные типы твердых диэлектриков, их старение и электрофизические свойства. Закономерности токопрохождения в твердых диэлектриках. Основные виды токовых неустойчивостей. Фазовые переходы. Электрический пробой твердых диэлектриков. Электрическая прочность в условиях электротеплового пробоя и ее зависимость от основных факторов. Теории (гипотезы) пробоя, основанные на ударной ионизации электронами. Электронно-токовые и детонационные процессы при электрическом пробое твердых ди-

электриков. Закономерности, характеризующие электрическую прочность твердых диэлектриков при нетепловой форме пробоя. Пробой макроскопически неоднородных диэлектриков. Электрическое и тепловое старение твердых диэлектриков. Роль частичных разрядов в старении изоляции.

4. Высоковольтная изоляция

Классификация электрической изоляции. Классификация электрических полей. Условия работы и требования, предъявляемые к электрической изоляции. Способы регулирования электрических полей. Расчет элементов газовой (воздушной) изоляции высоковольтных конструкций в полях различной конфигурации. Статистические закономерности пробоя и его вероятность. Перекрытие твердой изоляции в воздухе. Проблемы эксплуатации загрязненной и увлажненной изоляции. Расчет элементов жидкой изоляции в полях различной конфигурации. Расчет маслобарьерной изоляции. Расчет бумажно-масляной изоляции и твердой изоляции. Конструктивные особенности и выбор опорной изоляции. Проходные изоляторы. Конструктивные особенности и расчет. Высоковольтные вводы. Особенности изоляции измерительных и испытательных трансформаторов. Изоляция силовых конденсаторов. Особенности конструктивного исполнения, расчет. Особенности расчета импульсных конденсаторов. Основы электрического расчета силовых кабелей. Конструктивные особенности силовых кабелей с бумажной, резиновой, пластмассовой и газовой изоляцией.

Причины отказов изоляции ЛЭП и оборудования ВН. Физические процессы в многослойной изоляции в условиях эксплуатации. Ток абсорбции. Измерение tg δ и емкости как метод профилактики изоляции. Методы обнаружения увлажнения изоляции силовых трансформаторов. Частичные разряды в изоляции. Методы регистрации ЧР. Достоинства и недостатки метода. Измерение сопротивления изоляции. Методы просвечивания изоляции. Измерение распределения напряжения по элементам изоляционных конструкций. Штанги. Диагностические параметры при контроле изоляционного масла. Газовая хроматография как метод диагностики изоляционного масла. Профилактические испытания наружной изоляции (дефекты, методы, приборы). Радиометрические методы теплового контроля изоляции. Пирометр. Тепловизор. Индикация ЧР в изоляции силовых трансформаторов.

5. Перенапряжения и грозозащита

Заземление нейтрали электрических систем. Эффективное и неэффективное заземление нейтрали. Коэффициент заземления. Волновые процессы в линиях. Преломление и отражение волн перенапряжений в узловых точках электропередачи. Импульсная корона на проводах ЛЭП. Индуктированные перенапряжения на ЛЭП. Общие принципы расчета удельного числа грозовых отключений ЛЭП. Защитное действие АПВ, применение РТ на ЛЭП. Грозозащита подстанций. Защита ОРУ от ПУМ. Зоны защиты стержневых молниеотводов. Волновые процессы в обмотках трансформаторов. Стадии волнового процесса. Особенности волновых процессов в трехфазных трансформаторах. Меры защиты изоляции обмоток трансформаторов от перенапряжений. Классификация внутренних перенапряжений. Общая характеристика внутренних перенапряжений. Меры ограничения перенапряжений.

6. Высоковольтная электротехника и мощная импульсная энергетика

Методы получения высоких испытательных напряжений переменного тока. Испытательные трансформаторы. Методы регулирования напряжения трансформаторов. Методы получения высокого напряжения постоянного тока. Схемы выпрямления. Схемы выпрямления с умножением напряжения. Каскадный генератор постоянного тока (КГПТ). Емкостные накопители энергии (ЕНЭ). Разрядные процессы в емкостных накопителях энергии. Высоковольтные коммутаторы для ЕНЭ. Индуктивные накопители энергии (ИНЭ) Размыкатели для ИНЭ. Схема Маркса: принцип получения, электрическая схема, назначе-

ние элементов и регулирование фронта, длительности и амплитуды импульса напряжения. Генераторы импульсных токов на емкостных накопителях энергии: схема, требования к конструированию. Магнитные генераторы импульсов: принцип работы, формирование импульсов в многозвенной схеме. Магнитные материалы, применяемые в сердечниках магнитопроводов. Эквивалентная схема импульсного трансформатора напряжения. Генераторы наносекундных импульсов высокого напряжения.

Измерение переменных, постоянных и импульсных напряжений делителями напряжения. Погрешности и меры их снижения. Измерение напряжения шаровыми разрядниками, электростатическими киловольтметрами, пиквольтметрами: электрические схемы, работа, погрешности и их снижение. Измерение больших импульсных токов шунтами и трансформаторами тока (пояс Роговского): принцип измерения, электрические схемы, погрешности измерения и их снижение.

7. Высоковольтная электрофизика и энергосберегающие технологии

Способы инициирования канала разряда в конденсированных диэлектриках. Закономерности энерговыделения в разрядном канале при электровзрыве в конденсированных средах. Технологические аспекты применения электрогидравлической технологии. Технологические аспекты применения электрического разряда в твердых конденсированных диэлектриках для их разрушения и обработки. Получение нанопорошков при электрическом взрыве проводника.

Литература (основная)

1. Байер М., Бек В. и др. Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 555 с.
2. Базуткин В.В., Ларионов В.И., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
3. Техника высоких напряжений: учебник / И. М. Богатенков, Ю.Н. Бочаров, Н.И. Гумерова и др.; Под ред. Г. С. Кучинского. — СПб. : Энергоатомиздат, 2003. — 608
4. Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. Импульсный электрический разряд в вакууме. Новосибирск: Наука, 1982.
5. Королев Ю.Д. Месяц Г.А. Автоэмиссионные и взрывные процессы в газовом разряде. Новосибирск: Наука, 1982.
6. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Искровой разряд. М.: Изд-во МФТИ, 1997. – 320 с.
7. Вершинин Ю.Н. Электронно-тепловые и детонационные процессы при электрическом пробое твердых диэлектриков. Екатеринбург, 2000.
8. Ушаков В.Я. Электрическое старение и ресурс монолитной полимерной изоляции. М.: Энергоатомиздат, 1988.
9. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. –Л.: Энергия, 1979. – 224 с.
10. Кучинский Г.С. Высоковольтные импульсные конденсаторы. Л.: Энергия, 1973. – 176 с.
11. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
12. Кучинский Г.С., Кизеветтер В.Е., Пинталь Ю.С. Изоляция установок высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
13. Базуткин В.В., Кадомская К.П., Костенко М.В. и др. Перенапряжения в электрических системах и защита от них. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 320 с.
14. Гиндуллин Ф.А., Дульзон А.А. и др. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ. – М.: Энергия, 1989. – 193 с.
15. Техника больших импульсных токов и магнитных полей./Дашук П.Н. и др. – М.: Атомиздат, 1972.- 472 с.
16. Авруцкий А.В., Кужекин И.П., Чернов Е.Н. Испытательные и электрофизические установки, техника эксперимента. –М.: МЭИ, 1983.-262 с.

17. Шваб А. Измерения на высоком напряжении. – М.: Энергоиздат, 1983. – 264 с.
18. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника — М. : Наука, 2004. — 704 с
19. H. Bluhm. Pulsed Power System. Principles and Applications. Springer-Verlag Berlon Heidelberg, 2006, 328p
20. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения твердых материалов. –С-Пб.: Наука, 1995. - 276 с.
21. Усов А.Ф., Семкин Б.В., Зиновьев Н.Т. Переходные процессы в установках электроимпульсной технологии. – С.-Пб.: Наука, 2000. – 160 с.

Литература (дополнительная)

1. Сливков И.Н. Процессы при высоком напряжении в вакууме. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Адамчевский И.А. Электрическая проводимость жидких диэлектриков. Л.: Энергия, 1972.
3. Ушаков В.Я. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1994. – 496 с.