

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.14.12 Техника высоких напряжений

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Электромагнитная совместимость, перенапряжения и координация изоляции»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.1

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе 6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки

13.06.01 Электро- и теплотехника,

код и название направления

утвержденного приказом Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников

05.14.12 Техника высоких напряжений,

шифр и название специальности

утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение системы современных знаний об электромагнитной совместимости объектов электроэнергетики, о перенапряжениях и защите от них в электрических сетях, координации изоляции.

Задачами дисциплины являются

– изучение современных тенденций в области разработки перспективных устройств ограничения перенапряжений в электрических сетях;

– освоение современных методов экспериментального и теоретического исследования перенапряжений в электрических сетях;

– изучение научных основ и перспективных мероприятий по ограничению перенапряжений в электрических сетях;

– изучение современных методов оценки и улучшения электромагнитной обстановки на объектах энергетики с учетом их влияния на биосферу и окружающую среду;

– освоение принципиальных подходов к координации изоляции новых видов электрооборудования;

– изучение современных научных методов, лежащих в основе математического моделирования оборудования электроэнергетических систем для численного моделирования и исследования перенапряжений.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

– Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

– Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

– Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

– Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

– Владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

– Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

– Способность к разработке физических основ проектирования и конструирования, эксплуатации и методов диагностики изоляционных конструкций высокого напряжения (ПК-2);

– Способность к экспериментальным и теоретическим исследованиям в области физики молнии и молниезащиты (ПК-5);

– Способность к разработке методов и средств координации изоляции и защиты от перенапряжений, к обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электроэнергетики, промышленности, связи, транспорта и других отраслей (ПК-6);

– Способность к экспериментальным и теоретическим исследованиям формирования перенапряжений в электрических системах и разработке методов их расчета (ПК-8).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

– современные тенденции технологического и конструктивного развития ограничителей перенапряжений (ПК-6);

– методы оценки уровня перенапряжений в электрических сетях постоянного тока (ПК-6);

– мероприятия по ограничению высокочастотных перенапряжений на подстанциях с элегазовыми распределительными устройствами (ПК-6);

– методы оценки электромагнитной обстановки на объектах энергетики с учетом их влияния на биосферу и окружающую среду (ПК-6);

– мероприятия для улучшения электромагнитной обстановки на объектах энергетики (ПК-6);

– принципы координации изоляции новых видов электрооборудования (ПК-6);

уметь:

– разрабатывать математические модели электрооборудования электроэнергетических систем для численного моделирования и исследования перенапряжений (ПК-8);

– применять ОПН для защиты изоляции кабелей и кабельных муфт высокого напряжения от перенапряжений (ПК-6);

– осуществлять выбор ОПН для защиты нового электрооборудования электрических сетей от перенапряжений (ПК-6);

– применять ОПН для молниезащиты ВЛ, установок высокого напряжения постоянного тока, экранов кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (ПК-6);

– осуществлять подготовку исходных данных для оценки и расчета электромагнитной обстановки на объектах энергетики (ПК-6);

– разрабатывать и применять технические решения по подавлению феррорезонансных явлений в электрических сетях (ПК-6);

– разрабатывать программы экспериментального исследования перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ (ПК-8);

владеть:

– методами ограничения перенапряжений и обеспечения электромагнитной совместимости на объектах электроэнергетических сетей, содержащих традиционное и инновационное электрооборудование (ПК-6);

– методами экспериментального и теоретического исследования перенапряжений в электрических сетях (ПК-8).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Специальные вопросы конструирования и применения ОПН.

Оксидно-цинковые варисторы: современные технологии производства и направления совершенствования характеристик. Конструкции ОПН для сетей 6–750 кВ, для комплектных элегазовых распределительных устройств. Методы выравнивания распределения напряжения вдоль колонки варисторов. Энергетическая стойкость ОПН при квазистационарных, коммутационных и грозовых воздействиях. Динамические вольт-амперные характеристики ОПН при грозовых и высокочастотных перенапряжениях.

2. Применение ОПН для повышения эффективности молниезащиты ВЛ.

Методы анализа эффективности молниезащиты ВЛ с подвесными ОПН. Конструкции защитных аппаратов для ВЛ: линейные разрядники и линейные ограничители. Оптимальные схемы расстановки защитных аппаратов на одноцепных и двухцепных ВЛ. Энергетические воздействия на ОПН. Методика выбора ОПН для применения на ВЛ.

3. Эффективность применения антирезонансных трансформаторов напряжения в сетях 6–500 кВ.

Физика феррорезонансных явлений и конструкции антирезонансных трансформаторов напряжения. Феррорезонансные явления в сетях 6–35 кВ, технические решения по подавлению феррорезонанса и их эффективность. Влияние дополнительных емкостей в элегазовых генераторных комплексах на феррорезонансные процессы в сетях генераторного напряжения. Феррорезонансные явления в сетях 110–500 кВ, технические решения по подавлению феррорезонанса и их эффективность.

4. Специальные вопросы применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Перспективы применения, особенности проектирования и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Способы подавления токов в экранах. Методы численного моделирования электромагнитных процессов в жилах и экранах кабелей. Грозовые перенапряжения в типовых

схемах использования кабелей высокого напряжения. Электромагнитная совместимость кабелей с СПЭ-изоляцией с обслуживающим персоналом.

5. Перенапряжения в электропередачах постоянного тока.

Оборудование преобразовательных подстанций: конструкции высоковольтных тиристорных вентилях, трансформаторов, реакторов, выключателей. Фильтры высших гармоник. Устройства компенсации реактивной мощности. Защита изоляции оборудования установок постоянного тока высокого напряжения от перенапряжений.

6. Высокочастотные перенапряжения в КРУЭ.

Схемы замещения КРУЭ для анализа ВЧ-перенапряжений. Источники перенапряжений. Воздействие ВЧ-перенапряжений на оборудование в пределах КРУЭ и за его пределами. Электрическая прочность изоляции, координация изоляции. Мероприятия по защите от ВЧ-перенапряжений.

7. Экологическое и техногенное влияние электрических и магнитных полей.

Нормирование безопасных для человека напряженностей электрических и магнитных полей. Отечественная и зарубежная нормативная база. Электромагнитная совместимость воздушных, подземных и подводных линий электропередачи высокого напряжения с биосферой и окружающей средой. Влияние линий электропередачи на линии связи.

8. Методы и средства определения ЭМО на объектах электроэнергетики. Практические способы обеспечения ЭМС.

Комплексное обследование заземляющих устройств. Комплексное обследование систем молниезащиты. Оценка качества электрической энергии. Мониторинг кондуктивных помех, электрических и магнитных полей. Особенности ЭМС на подстанциях высокого напряжения. Рекомендуемые мероприятия по улучшению ЭМО. Схемы защиты от помех для устройств постоянного и переменного тока.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких этапов состоит технологическая последовательность производства оксидно-цинковых варисторов?
2. Назовите конструктивные решения, обеспечивающие надежную работу ОПН 6–750 кВ.
3. Перечислите возможные механизмы отказов ОПН.
4. В чем причины различия динамической и статической вольт-амперной характеристики ОПН?
5. Назовите достоинства и недостатки конструкций ОПН с искровым промежутком и без него для применения на ВЛ.
6. Сформулируйте последовательность выбора ОПН для применения на ВЛ.
7. Сформулируйте условия возникновения феррорезонансных перенапряжений.
8. Перечислите схемы, в которых возможно возникновение феррорезонансных перенапряжений.
9. Перечислите способы подавления феррорезонансных явлений.
10. От каких воздействий должно быть отстроено наибольшее длительно допустимое напряжение ОПН, применяемых для защиты экранов кабельных линий?
11. Сформулируйте условия возникновения опасных грозových перенапряжений, воздействующих на изоляцию кабелей и кабельных муфт высокого напряжения.

12. Сформулируйте особенности защиты от перенапряжений в сетях постоянного тока.

13. Перечислите источники и охарактеризуйте параметры высокочастотных перенапряжений, возникающих в КРУЭ.

14. Как определяется электрическая прочность изоляции электрооборудования при воздействии высокочастотных перенапряжений?

15. Перечислите мероприятия по защите от высокочастотных перенапряжений.

16. Перечислите негативные воздействия воздушных, подземных и подводных линий электропередачи высокого напряжения на биосферу и окружающую среду.

17. Из каких этапов состоит комплексное обследование заземляющих устройств и систем молниезащиты?

18. Перечислите мероприятия по улучшению электромагнитной обстановки на подстанциях высокого напряжения.

Вопросы, включенные в билеты для проведения зачетов

1. Оксидно-цинковые варисторы: современные технологии производства и направления совершенствования характеристик.

2. Конструкции и характеристики ОПН для сетей 6–750 кВ.

3. Конструкции и характеристики ОПН для КРУЭ.

4. Выравнивание распределения напряжения вдоль ОПН.

5. Энергетическая стойкость ОПН при квазистационарных, коммутационных и грозовых воздействиях.

6. Определение параметров динамических вольт-амперных характеристик ОПН при грозовых и высокочастотных перенапряжениях.

7. Методика выбора ОПН для применения на ВЛ.

8. Оптимальные схемы расстановки ОПН на одноцепных и двухцепных ВЛ.

9. Физические условия возникновения феррорезонансных явлений в электрических сетях.

10. Технические решения по подавлению феррорезонансных явлений в сетях 6–35 кВ. Конструкции антирезонансных ТН.

11. Технические решения по подавлению феррорезонансных явлений в сетях 110–750 кВ. Конструкции антирезонансных ТН.

12. Возникновение и ограничение перенапряжений в экранах кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

13. Грозовые перенапряжения, воздействующие на изоляцию кабелей и кабельных муфт высокого напряжения.

14. Электромагнитная совместимость применительно к кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена.

15. Защита изоляции оборудования установок постоянного тока высокого напряжения от перенапряжений.

16. Схемы замещения КРУЭ для анализа ВЧ-перенапряжений.

17. Источники высокочастотных перенапряжений. Воздействие высокочастотных перенапряжений на оборудование в пределах КРУЭ и за его пределами.

18. Мероприятия по защите от высокочастотных перенапряжений.

19. Отечественная и зарубежная нормативная база по безопасным напряженностям электрических и магнитных полей.

20. Электромагнитная совместимость воздушных, подземных и подводных линий электропередачи высокого напряжения с биосферой и окружающей средой.

21. Электромагнитная совместимость линий электропередачи высокого напряжения с линиями связи.

22. Программа комплексного обследования заземляющих устройств.

23. Программа комплексного обследования систем молниезащиты.

24. Мероприятия по улучшению электромагнитной обстановки на подстанциях высокого напряжения.

25. Схемы защиты от помех для устройств постоянного и переменного тока.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. А.Ф. Дьяков, И.П. Кужекин, Б.К. Максимов, А.Г. Темников. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике // Москва, Издательский дом МЭИ, 2009. – 456 с.

2. Электромагнитная совместимость воздушных, подземных и подводных линий электропередачи высокого напряжения с биосферой и окружающей средой: монография / К.П. Кадомская, С.А. Кандаков, С.С. Шевченко, Ю.А. Лавров // Новосибирск, НГТУ, 2007. – 119 с.

3. К.П. Кадомская, Ю.А. Лавров, О.И. Лаптев. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Основные характеристики и электромагнитные процессы, монография // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. - 343 с.

4. Электрические сети сверх- и ультравысокого напряжения ЕЭС России. Теоретические и практические основы: в 3 т. Том 1. Электропередачи переменного тока / под общей редакцией чл.-корр. РАН А.Ф. Дьякова // Москва: НТФ «Энергопрогресс» Корпорации «ЕЭЭК», 2012. – 696 с.

5. Электрические сети сверх- и ультравысокого напряжения ЕЭС России. Теоретические и практические основы: в 3 т. Том 3. Электропередачи переменного тока специального исполнения. Электропередачи и вставки постоянного тока / под общей редакцией чл.-корр. РАН А.Ф. Дьякова // Москва: НТФ «Энергопрогресс» Корпорации «ЕЭЭК», 2012. – 368 с.

Дополнительная литература:

6. М.А. Аронов, О.А.Аношин, О.И.Кондратов, Т.В.Лопухова.
Ограничители перенапряжений в электроустановках 6–750 кВ / под ред.
М.А. Аронова // Москва: "Знак", 2001. – 232 с.