

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) 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины по выбору

«Моделирование и расчеты процессов управления в  
электроэнергетических системах»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

Всего: 108 часов

|                        |                                                                                          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Семестр 3, в том числе | 6 часов – контактная работа,<br>84 часа – самостоятельная работа,<br>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, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является ознакомление с современными средствами моделирования и методами расчетов процессов управления в электроэнергетических системах.

**Задачами** дисциплины являются

- Ознакомление с методами моделирования электроэнергетических систем и процессов управления.
- Ознакомление с особенностями моделирования синхронных машин в различных программных комплексах.
- Ознакомление методами расчетов и анализа при моделировании установившихся режимов энергосистем.
- Ознакомление с особенностями расчета статической и динамической устойчивостей энергосистем.

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);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- владение методологией анализа надежности и качества функционирования электростанций, электроэнергетических систем и систем управления ими (ПК-1);

- способность использовать противоречивые критерии технико-экономических обоснований и принимать научно-технические решения в условиях неопределенности (ПК-2).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- назначение и область применения различных моделирующих комплексов для расчета и анализа процессов управления в электроэнергетических системах (УК-1);
- современные направления развития моделирующих комплексов для расчета и анализа процессов управления в электроэнергетических системах (УК-4);

### **уметь:**

- применять необходимые методы моделирования и расчетов процессов управления в электроэнергетических системах (ОПК-2);

### **владеть:**

- методологией анализа качества процессов управления в электроэнергетических системах (ПК-1);
- способностью использовать противоречивые критерии технико-экономических обоснований и принимать научно-технические решения в условиях неопределенности при моделировании и анализе процессов управления в электроэнергетических системах (ПК-2).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Назначение и функциональные возможности существующих программных комплексов для анализа режимов работы энергосистемы и процессов управления в энергосистеме.

Основные задачи существующих вычислительных программных комплексов. Основные методики, реализуемые в существующих программных комплексах. Недостатки существующих вычислительных программных комплексов.

2. Графический анализ.

Построение графических схем. Построение годографов. Построение областей устойчивости.

3. Расчет, анализ, моделирование установившихся режимов энергосистем.

Применение метода компенсирующих ЭДС для расчета установившихся режимов. Условия существования установившихся режимов. Определение начальных приближений векторов напряжений и матриц проводимостей для расчета установившихся режимов. Оценка сходимости итерационного процесса. Поиск предельно допустимого режима и определение управляющих воздействий для введения режима в область существования. Расчет и анализ установившихся режимов работы энергосистемы с учетом изменения частоты. Организация итерационного процесса при расчете установившегося режима с учетом изменения частоты.

4. Расчет, анализ, моделирование переходных процессов в энергосистеме.

Основные задачи, возникающие при расчете переходных процессов. Основные методики расчета переходных процессов в энергосистеме. Достоверность расчета переходных процессов в энергосистеме. Точность расчета.

5. Моделирование синхронных машин для расчета и анализа электромеханических переходных процессов и устойчивости энергосистемы.

Упрощенные уравнения синхронной машины. Частотные характеристики синхронной машины. Учет разного числа контуров в продольной и поперечной осях. Влияние электромагнитных переходных процессов в цепях статора на расчет электромеханических переходных процессов. Неучет демпферных контуров. Неучет реакция якоря и систем возбуждения. Особенности моделирования синхронных двигателей.

6. Моделирование регуляторов возбуждения синхронных машин.

Моделирование системы возбуждения синхронной машины. Общие вопросы моделирования различных регуляторов возбуждения синхронных

машин. Регуляторы возбуждения АРВ-СД, АРВ-СДС, АРВ-5Р. Регуляторы возбуждения АРВ-СДП1. Регуляторы возбуждения АРВ-М.

7. Анализ статической устойчивости энергосистем.

Понятие и критерии статической устойчивости. Проверка исходного установившегося режима на статическую устойчивость. Расчет траектории утяжеления и анализ статической устойчивости. Построение области устойчивости. Особенности определения декрементов затухания выходных сигналов АРВ при анализе статической устойчивости.

8. Расчет длительных электромеханических переходных режимов с учетом действия систем автоматического регулирования частоты и мощности.

Методика расчета длительных переходных режимов. Последовательность численного решения дифференциальных уравнений синхронных машин и систем регулирования на расчетном интервале. Решение системы линеаризованных алгебраических уравнений при наличии активных статических и динамических характеристик нагрузок на расчетном интервале переходного режима.

9. Универсальное моделирование действия релейных защит и автоматики при расчетах установившихся и переходных режимов энергосистем.

Дифференциальная и дифференциально-фазная защита линии. Резервные ступенчатые защиты линий: токовые, дистанционные защиты, защиты от коротких замыканий на землю. Защиты генератора, автотрансформатора. Автоматическое повторное включение.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр – дифференцированный зачет.

### **Вопросы для самоконтроля и проведения зачета**

1. Назначение и функциональные возможности существующих программных комплексов для анализа режимов работы энергосистемы и процессов управления в энергосистеме.
2. Основные задачи существующих вычислительных программных комплексов.

3. Основные методики, реализуемые в существующих программных комплексах. Недостатки существующих вычислительных программных комплексов.
4. Графический анализ. Построение графических схем. Построение годографов. Построение областей устойчивости.
5. Применение метода компенсирующих ЭДС для расчета установившихся режимов. Условия существования установившихся режимов.
6. Определение начальных приближений векторов напряжений и матриц проводимостей для расчета установившихся режимов. Оценка сходимости итерационного процесса.
7. Поиск предельно допустимого режима и определение управляющих воздействий для введения режима в область существования.
8. Расчет и анализ установившихся режимов работы энергосистемы с учетом изменения частоты.
9. Организация итерационного процесса при расчете установившегося режима с учетом изменения частоты.
10. Расчет, анализ, моделирование переходных процессов в энергосистеме.
11. Основные задачи, возникающие при расчете переходных процессов.
12. Основные методики расчета переходных процессов в энергосистеме.
13. Достоверность расчета переходных процессов в энергосистеме. Точность расчета.
14. Моделирование синхронных машин для расчета и анализа электромеханических переходных процессов и устойчивости энергосистемы.
15. Упрощенные уравнения синхронной машины. Частотные характеристики синхронной машины.
16. Учет разного числа контуров в продольной и поперечной осях. Влияние электромагнитных переходных процессов в цепях статора на расчет электромеханических переходных процессов.
17. Неучет демпферных контуров. Неучет реакция якоря и систем возбуждения. Особенности моделирования синхронных двигателей.
18. Общие вопросы моделирования различных регуляторов возбуждения синхронных машин. Регуляторы возбуждения АРВ-СД, АРВ-СДС, АРВ-5Р. Регуляторы возбуждения АРВ-СДП1. Регуляторы возбуждения АРВ-М.
19. Понятие и критерии статической устойчивости. Проверка исходного установившегося режима на статическую устойчивость.
20. Расчет траектории утяжеления и анализ статической устойчивости. Построение области устойчивости.

21. Особенности определения декрементов затухания выходных сигналов АРВ при анализе статической устойчивости.
22. Методика расчета длительных переходных режимов. Последовательность численного решения дифференциальных уравнений синхронных машин и систем регулирования на расчетном интервале.
23. Дифференциальная и дифференциально-фазная защита линии. Резервные ступенчатые защиты линий: токовые, дистанционные защиты, защиты от коротких замыканий на землю. Защиты генератора, автотрансформатора. Автоматическое повторное включение.

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

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. А.М. Федосеев. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей. Энергоатомиздат, 1992.
2. Н.И. Овчаренко. Автоматика энергосистем. Издательский дом МЭИ, 2007.
3. Н.В. Чернобровов, В.А. Семенов. Релейная защита энергетических систем. Энергоатомиздат, 1998.
4. А.А. Герасименко, В. Т. Федин. Передача и распределение электрической энергии. КноРус, 2014.
5. А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов, И.П. Кужекин, А.Г. Темников, А.В. Жуков. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.

### **Дополнительная литература:**

1. Е.К. Лоханин. Методы моделирования, расчета и анализа стационарных и переходных режимов в энергосистемах. «ЗНАК», 2014.
2. Глушкин И.З., Иофьев Б.И. Противоаварийная автоматика в энергосистемах. Т. I. «Знак». 2009.
3. Глушкин И.З., Иофьев Б.И. Противоаварийная автоматика в энергосистемах. Т. II. «Знак». 2011.
4. Кощев Л.А. ЦСПА на базе алгоритмов нового поколения – очередной этап в развитии противоаварийного управления в энергосистемах / Л. А. Кощев, Н. Г. Шульгинов // ИЗВЕСТИЯ НТЦ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. – 2013. – № (1) 68. – С. 7–13.

5. Исаев, Е. В. Алгоритм оценки статической устойчивости и выбора управляющих воздействий по условию обеспечения статической устойчивости в послеаварийном режиме / Е. В. Исаев, П. Я. Кац, А. А. Лисицын, А. В. Николаев, Е. А. Тен // ИЗВЕСТИЯ НТЦ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. – 2013. – № (1) 68. – С. 48–