

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) 05.04.12 Турбомашины и комбинированные турбоустановки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Регулирование энергетических установок»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр	7, в том числе	6 часов – контактная работа,
		84 часов – 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

05.04.12 Турбомашин и комбинированные турбоустановки

шифр и название специальности

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

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение автоматизированных систем регулирования энергетических установок, формирование знаний и навыков в области эксплуатации, наладки и настройки автоматизированных систем управления работой и защит энергоблока.

Задачами дисциплины являются:

- освоение основных принципов синтеза автоматизированных систем регулирования (АСР) технологических процессов в объектах теплоэнергетики;
- получение практических навыков анализа работы локальных АСР технологических процессов;
- овладение практическими навыками выбора технических средств автоматизации, настройки элементов АСР теплоэнергетических объектов ТЭС и АЭС.

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

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность планировать и осуществлять комплексные исследования (УК-2);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- 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);
- владение методами теоретических и экспериментальных исследований в области турбиностроения (ПК-1);
- владение методологией научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий, используемых в турбиностроении (ПК-2).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- основы теории линейных и нелинейных систем автоматического регулирования (ПК-1);
- современные научные и технические достижения, применительно к задачам автоматизации энергетического оборудования ТЭС и АЭС (ПК-2);
- теоретические и экспериментальные основы эксплуатации систем регулирования энергетических установок (ОПК-1);
- информационно-коммуникативные технологии, используемые в турбиностроении (ОПК-2).

уметь:

- критически анализировать и оценивать современные научные и технические достижения (УК-1);
- проектировать и осуществлять комплексные исследования (УК-2);
- планировать и решать задачи собственного профессионального развития (УК-6);
- разрабатывать новые методы исследования и применять в самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3).

владеть:

- методами теоретических и экспериментальных исследований в области турбиностроения (ПК-1);
- культурой научного исследования, в том числе с использованием информационно-коммуникативных технологий, используемых в турбиностроении (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Характеристики систем регулирования паровых турбин (24 часа)

Паровая турбина как объект регулирования. Развернутая статическая характеристика регулирования. Степень неравномерности (статизм) регулирования. Нечувствительность. Механизмы управления турбиной.

Статическое и астатическое регулирование. Параллельная работа турбогенераторов. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС России.

Критерии устойчивости САР. Определение области устойчивости САР методами D-разбиения пространства параметров и корневого годографа. Построение переходного процесса в САР в среде Simulink.

Коррекция динамических свойств систем регулирования. Последовательные и параллельные корректирующие устройства. Введение в закон регулирования воздействий по производной регулируемого параметра и по интегралу от ошибки. Корректирующие жесткие и гибкие обратные связи. Обеспечение инвариантности компенсацией внешнего воздействия.

Исследование периодических процессов в нелинейных системах методом гармонической линеаризации.

2. Регулирование энергетических блоков ТЭС (20 часов)

Энергетический блок ТЭС как единый объект регулирования. Программы регулирования. Работа энергоблока в мощной энергосистеме. Статическая и динамическая устойчивость. Устойчивость объединенных энергосистем.

Регулирование турбин с промежуточным перегревом пара. Особенности турбины с промежуточным перегревом пара как объекта регулирования. Повышение приемистости турбины и быстродействия системы регулирования. Участие в противоаварийном управлении энергосистемы. Унифицированная САР мощных паровых турбин ЛМЗ сверхкритических параметров пара. Медленнодействующий и быстродействующий контуры управления. Системы регулирования паровых турбин ЛМЗ для ПГУ.

3. Регулирование теплофикационных турбин (18 часов)

Регулирование турбин с противодавлением. Регулирование турбин с отбором пара. Связанное и несвязанное регулирование. Независимость (автономность) регулирования. Принципиальные схемы связанного регулирования турбин с отбором пара. Критерии автономности. Электрогидравлическая несвязанная система регулирования турбины с отбором пара (типа Т). Микропроцессорная система регулирования турбины Т-250/300-240 УТЗ.

4. Регулирование энергетических блоков АЭС (18 часов)

Ядерный энергетический реактор как объект регулирования. Энергоблоки с водоводяными реакторами типа ВВЭР. Основные программы регулирования и их реализация. Регулирование мощности блока. Поддержание давления теплоносителя в первом контуре. Регулирование уровня в парогенераторе. Ограничение повышения давления свежего пара. Энергоблоки с водографитовыми канальными реакторами типа РБМК. Особенности систем регулирования влажнопаровых турбин АЭС. Системы регулирования и защиты турбин К-1000-60/3000 ЛМЗ и К-1000-65/1500 Турбоатом.

5. Защитные устройства паровых турбин ТЭС и АЭС (12 часов)

Общие требования к технологическим защитам энергоблоков ТЭС и АЭС. Защита паровых турбин от недопустимого повышения частоты вращения, по осевому сдвигу ротора, по давлению в системе смазки, по вибрации, по вакууму в конденсаторе, по температуре свежего пара.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

7 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Принципиальные схемы регулирования конденсационных паровых турбин
2. Статическая характеристика регулирования частоты вращения
3. Степень неравномерности (статизм) регулирования частоты вращения
4. Нечувствительность регулирования
5. Механизм управления турбиной и его воздействие на статическую характеристику регулирования
6. Синхронизация турбогенератора с сетью. Условия синхронизма
7. Статическое и астатическое регулирование
8. Параллельная работа турбогенераторов
9. Общее первичное регулирование частоты
10. Нормированное первичное регулирование частоты
11. Вторичное регулирование частоты
12. Третичное регулирование частоты
13. Критерии устойчивости САР
14. Построение области устойчивости САР методом D-разбиения пространства параметров
15. Построение области устойчивости САР методом корневого годографа
16. Построение переходного процесса в САР в среде Simulink
17. Частотные оценки качества САР
18. Интегральные оценки качества САР
19. Последовательные и параллельные корректирующие устройства в САР
20. Введение в закон регулирования воздействий по производной регулируемого параметра и по интегралу от ошибки
21. Корректирующие жесткие и гибкие обратные связи
22. Обеспечение инвариантности компенсацией внешнего воздействия
23. Основы метода гармонической линеаризации
24. Исследование одночастотных симметричных автоколебаний методом гармонической линеаризации
25. Энергетический блок ТЭС как единый объект регулирования. Программы регулирования
26. Работа энергоблока в мощной энергосистеме

27. Статическая и динамическая устойчивость параллельной работы генератора с энергосистемой
28. Особенности турбины с промежуточным перегревом пара как объекта регулирования. Участие в противоаварийном управлении энергосистемы
29. Типовая схема системы автоматического регулирования частоты и мощности энергоблока с прямоточным котлом
30. Медленнодействующий контур управления ЭГSR мощных турбин ЛМЗ
31. Быстродействующий контур управления ЭГSR мощных турбин ЛМЗ
32. Особенности систем регулирования паровых турбин для ПГУ
33. Регулирование турбин с противодавлением
34. Регулирование турбин с отбором пара
35. Гидравлическая связанная САР турбины типа Т УТЗ
36. Электрогидравлическая несвязанная САР турбины типа Т УТЗ
37. Микропроцессорная САР турбины Т-250/300-240 УТЗ
38. Ядерный энергетический реактор как объект регулирования
39. Программы регулирования энергоблоков АЭС с ректорами типа ВВЭР
40. Главные контуры регулирования энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР
41. Особенности систем регулирования влажнопаровых турбин АЭС
42. Общие требования к технологическим защитам энергоблоков ТЭС и АЭС
43. Защита турбины от недопустимого повышения частоты вращения
44. Защиты турбины от недопустимых осевого сдвига ротора, ухудшения вакуума, падения давления в системе смазки, возрастания вибрации, снижения температуры свежего пара.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Булкин А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок. Учебное пособие для вузов по специальности "Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели" направления "Энергомашиностроение". – М.: Изд. дом МЭИ, 2009. – 508 с. (ISBN 978-5-383-00208-7).
2. Зарянкин А.Е., Симонов Б.П. Регулирующие и стопорно-регулирующие клапаны паровых турбин. Изд-во МЭИ, 2005 (ISBN 5-7046-1143-5).
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. – 5-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2008 (ISBN: 978-5-383-00326-8).
4. Фрагин М.С. Регулирование и маслоснабжение паровых турбин. Вопросы проектирования, наладки и эксплуатации. – СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «Коста», 2011 (ISBN 978-5-91258-175-5).

Дополнительная литература:

5. Паровые и газовые турбины для электростанций: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д.

- Трухний. Под ред. А.Г. Костюка. – М.: Издательство МЭИ, 2008. (ISBN: 5-903072-53-4).
6. Трухний А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. М.: Издательство МЭИ, 2006. (ISBN: 5-903072-53-4).
7. Трухний А.Д., Булкин А.Е. Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций: Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ. 2011. (ISBN: 5-903072-53-4).