

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156444	Микропроцессорный контроль и управление турбоустановок

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели	Код ОП 1. 13.04.03/33.01
Направление подготовки 1. Энергетическое машиностроение	Код направления и уровня подготовки 1. 13.04.03

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Марковский Валентин Менделеевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	турбин и двигателей
2	Новоселов Владимир Борисович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	турбин и двигателей

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Микропроцессорный контроль и управление турбоустановок

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входит дисциплина, направленная на изучение основ организации систем контроля и управления турбоустановок, структуры и принципов их функционирования, что позволяет практически разрабатывать, анализировать, корректировать и модернизировать такие системы с целью повышения надёжности и эффективности работы управляемого оборудования

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Микропроцессорный контроль и управление турбоустановок	6
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Микропроцессорный контроль и управление турбоустановок	ОПК-1 - Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и инженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и инженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания

		<p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и инженерных наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и инженерных наук</p> <p>Д-1 - Проявлять лидерские качества и умения командной работы</p>
--	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Микропроцессорный контроль и
управление турбоустановок

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Артемова Татьяна Георгиевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	турбин и двигателей
2	Марковский Валентин Менделеевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	турбин и двигателей
3	Новоселов Владимир Борисович	доктор технических наук, без ученого звания	Профессор	турбин и двигателей

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Артемова Татьяна Георгиевна, Старший преподаватель, турбин и двигателей
- Марковский Валентин Менделеевич, Старший преподаватель, турбин и двигателей
- Новоселов Владимир Борисович, Профессор, турбин и двигателей

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Общие принципы построения и функционирования систем контроля, регулирования, управления и защиты паровых, газовых турбин. Структура и принципы функционирования систем контроля, регулирования, управления и защиты
P2	Элементы теории автоматического регулирования	
P2.T1	Элементы теории дифференциальных уравнений	Описание динамики систем автоматического регулирования (САР) при помощи дифференциальных уравнений. Особенности и роль линейных дифференциальных уравнений в теории автоматического регулирования. Характеристическое уравнение и устойчивость системы. Математические модели системы регулирования и её элементов
P2.T2	Преобразование Лапласа.	Общие свойства преобразования Лапласа. Применение преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений.
P2.T3	Линеаризация дифференциальных уравнений движения элементов системы	Метод линеаризации ДУ методом малых отклонений на основе разложения функций в ряд Тейлора.

P2.T4	Относительная система координат	Способы перевода дифференциальных уравнений в относительную безразмерную форму посредством введения базовых (масштабных) отклонений регулируемых величин. Суть перехода к относительной системе координат как к системе с нулевыми начальными условиями.
P2.T5	Типовые звенья систем регулирования.	Применение преобразования Лапласа для исследования систем. Передаточная функция. Типовые возмущения.
P2.T6	Способы соединения элементов.	Последовательное и параллельное соединение элементов. Соединение элементов по принципу обратной связи. Значение отрицательной обратной связи в системах автоматического регулирования
P2.T7	Понятие о нелинейных звеньях системы регулирования	Основные нелинейные звенья и их математическое описание. Влияние нелинейных звеньев на работу системы регулирования
P2.T8	Законы регулирования	Понятие закона регулирования. Типовые регуляторы: пропорциональный (П), интегральный (И), дифференциальный (Д). Характеристики и влияние типовых законов регулирования на качество системы. Сложный ПИД-регулятор
P2.T9	Частотные характеристики типовых звеньев.	Исследование системы при помощи периодического входного сигнала. Усиление и сдвиг фазы как функции частоты входного сигнала.
P2.T10	Амплитудно-фазовая частотная характеристика	Вещественная и мнимая частотные характеристики звена. Амплитудная и фазовая частотные характеристики звена
P2.T11	Понятие о логарифмических частотных характеристиках	
P2.T12	Методы исследования динамических свойств системы	Исследование на основе экспериментальных данных. Разгонная характеристика, идентификация объекта регулирования. Исследование системы на основе математической модели
P2.T13	Устойчивость системы автоматического регулирования.	Критерии устойчивости
P2.T14	Алгебраические критерии	Корневой критерий качества системы. Критерий Раунса-Гурвица.
P2.T15	Частотные критерии качества	Критерий Найквиста. Критерий Михайлова
P2.T16	Построение областей устойчивости.	Понятие о D-разбиении плоскости параметров системы.
P2.T17	Качество процессов регулирования.	Прямые критерии качества. Косвенные критерии качества. Интегральные критерии качества.
P3	Системы контроля, регулирования и защиты турбин	
P3.T1	Структура систем контроля, регулирования и защиты	Основные элементы контуров контроля, регулирования и защиты турбины

	паровой турбины и их функции	
Р3.Т2	Статика системы регулирования турбины	Статическая характеристика турбоагрегата и её роль в распределении нагрузки между параллельно работающими турбоагрегатами. Степень неравномерности и нечувствительности регулирования
Р3.Т3	Динамика системы регулирования турбины	Уравнения динамики основных элементов САР (ротор, камера отбора, паровые объёмы проточной части, золотник, сервомотор, уровень конденсата). Линейные математические модели САР турбин. Главные задачи исследования САР на математических моделях
Р4	Электрогидравлическая система регулирования и защиты турбины (ЭГСРиЗ)	
Р4.Т1	Составные части электрогидравлической системы регулирования и защиты.	Гидравлическая часть ЭГСРиЗ (ГЧСРиЗ). Электрическая часть ЭГСРиЗ (ЭЧСРиЗ). Электрогидравлические преобразователи (ЭГП).
Р4.Т2	Электрическая часть систем регулирования паровых и газовых турбин	Принципы построения регуляторов ЭЧСР. Основные регуляторы ЭЧСР. Устойчивость и качество.
Р4.Т3	Основные регуляторы ЭЧСРиЗ	Регуляторы частоты вращения, давления пара в регулируемых отборах, температуры и нагрева сетевой воды, температуры в камере сгорания и т.п.
Р4.Т4	Защиты ЭЧСРиЗ	Принципы построения многоканальных систем защиты
Р4.Т5	Взаимосвязь и взаимодействие ЭГСРиЗ турбины и АСУ ТП турбоустановки	Формирование перечня сигналов обмена ЭЧСРиЗ с внешними системами: АСУ, аварийным пультом управления, главным щитом управления
Р5	Автоматическое регулирование оборудования турбоустановки	Регулирование уровней в корпусах и конденсатосборниках сетевых и регенеративных подогревателей. Регулирование давления пара на уплотнение, перепада «масло-газ».
Р6	Регулирование паровых турбин в составе энергетических блоков тепловых электрических станций и ПГУ	
Р6.Т1	Энергетический блок, как единый объект регулирования.	Сравнительные динамические характеристики паровой турбины и парогенератора. Аккумулирующая способность котла. Выбор способа регулирования паровой турбины. Динамические характеристики мощных паровых турбин. Взаимодействие паровой турбины с электрическим генератором и энергосистемой.
Р6.Т2	Способы управления паровой турбиной в составе энергоблока	Первичное управление котлом и турбиной. Маневренность и приемистость энергоблоков. Турбинный регулятор мощности. Блочный регулятор мощности. Регулирование «до себя». Частотная коррекция регуляторов паровой турбины.

Р6.Т3	Регулирование конденсационных энергоблоков. Особенности регулирования энергоблоков АЭС.	
Р6.Т4	Регулирование теплофикационных энергоблоков. Регулирование тепловой нагрузки. Принцип автономности.	
Р6.Т5	Способы управления паровой и газовой турбинами в составе	ПГУ Задачи регулирования паровой и газовой турбин в составе ПГУ. Основные регуляторы паровой и газовой турбин. Парораспределение паровой турбины, работающей в составе ПГУ. Проблемные вопросы работы паровой турбины в составе ПГУ.
Р7	Регулирование частоты и активной мощности в энергосистеме	Физические процессы при параллельной работе турбоагрегатов. Устойчивость объединенных энергосистем. Требования к статическим и динамическим характеристикам энергоблоков и их систем регулирования.
Р8	Контроль, регулирование и защиты ГТУ и ГПА	Основные контуры регулирования и защиты ГТУ и ГПА. Статика и динамика систем регулирования ГТУ и ГПА
Р9	Регулирование и поддержание заданного режима работы ГТУ и ГПА (с помощью программно-функциональных (микропроцессорных) модулей)	Контур регулирования и поддержание на заданном уровне основного параметра КС (КЦ) - давления на выходе; Контур распределения нагрузки между агрегатами в КЦ; Контур регулирования частоты вращения силового вала ГТУ (ГПА) - топливное регулирование; Контур антипомпажного регулирования ГПА.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
			-	-

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Микропроцессорный контроль и управление турбоустановок

Электронные ресурсы (издания)

1. Парафесь, С. Г.; Проектирование конструкции и САУ БПЛА с учетом аэроупругости: постановка и методы решения задачи; Техносфера, Москва; 2018; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496574>

(Электронное издание)

Печатные издания

1. ; Регулирование и автоматизация паровых турбин и газотурбинных установок : учеб. пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2003 (20 экз.)
2. Попов, Е. П.; Автоматическое регулирование и управление : [учеб. пособие для вузов].; Наука, Москва; 1966 (11 экз.)
3. Кириллов, И. И.; Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок : Учеб. для вузов.; Машиностроение. Ленингр. отд-ие, Ленинград; 1988 (20 экз.)
4. Бененсон, Е. И., Бузин, Д. П., Иоффе; Теплофикационные паровые турбины; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (21 экз.)
5. Булкин, А. Е.; Автоматическое регулирование энергоустановок : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Газотурбин., паротурбин. установки и двигатели" направления подгот. "Энергомашиностроение".; МЭИ, Москва; 2009 (11 экз.)
6. , Бродов, Ю. М., Кортенко, В. В.; Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода; Априо, Екатеринбург; 2010 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Официальный интернет-сайт Уральского федерального университета: <http://www.ustu.ru>
2. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Официальный интернет-сайт Уральского федерального университета: <http://www.ustu.ru>
2. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Микропроцессорный контроль и управление турбоустановок

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
-------	--------------	---	--

1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Mathcad University Department Perpetual - 200 Floating</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Mathcad University Department Perpetual - 400 Locked Maintenance Gold ver. 14</p>
3	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Mathcad University Department Perpetual - 400 Locked Maintenance Gold ver. 14</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Mathcad University Department Perpetual - 400 Locked Maintenance Gold ver. 14</p>

		Подключение к сети Интернет	
--	--	-----------------------------	--