

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Уральский энергетический институт

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке

_____ В.В. Кружаев
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электротехнологические установки для современных металлургических технологий»

| Перечень сведений о программе ГИА | Учетные данные |
|--|--|
| Электротехнология | Код ОП 13.06.01 |
| Направление подготовки: Электро- и теплотехника | Код направления и уровня подготовки 13.06.01 |
| Уровень подготовки Подготовка кадров высшей квалификации | |
| ФГОС высшего образования | Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: От 30 июля 2014 г. № 878 в ред. от 30.04.2015 |

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| № | ФИО | Ученая степень, ученое звание | Должность | Структурное подразделение | Подпись |
|---|---------------------------|-------------------------------|---------------------|--|---------|
| 1 | Фризен Василий Эдуардович | Д.т.н., доцент | Заведующий кафедрой | Каф. «Электротехника и электротехнологические системы» | |
| 2 | Коняев Андрей Юрьевич | Д.т.н., профессор | Профессор | Каф. «Электротехника и электротехнологические системы» | |

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института
Председатель учебно-методического совета

[Е.В. Черепанова]

Согласовано:

Заместитель директора
института по науке

[С.Е. Кокин]

Начальник ОПНПК

[Е.А. Бутрина]

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «Электротехнологические установки для современных металлургических технологий»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

В курсе «Электротехнологические установки для современных металлургических технологий» изучаются современные электротехнологические установки и системы, применяющиеся в металлургическом производстве. Особое внимание уделяется индукционным плавильно-литейным комплексам, а также системам индукционного и непосредственного электронагрева. Рассматриваются пути повышения их энергоэффективности.

1.2. Язык реализации программы - русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

- способностью 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);
- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- владением культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность использовать углубленные знания по фундаментальным и техническим наукам, выявлять сущность проблем в области электротехнологий, привлекать для их решения соответствующий математический аппарат (ПК-1);

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные тенденции развития электротехнологий и электротехнологического оборудования, методы научно-исследовательской деятельности; методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области электротехнологий.

Уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника.

Владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; системными знаниями теоретических основ по направлению подготовки.

1.4. Объем дисциплины

| № п/п | Виды учебной работы | Объем дисциплины | | Распределение объема по семестрам (час.) |
|-------|--|------------------|----------------------------------|--|
| | | Всего часов | В т.ч. контактная работа (час.)* | 5 семестр |
| 1. | Аудиторные занятия | 4 | 4 | 4 |
| 2. | Лекции | 4 | 4 | 4 |
| 3. | Практические занятия | 0 | 0 | 0 |
| 4. | Лабораторные работы | 0 | 0 | 0 |
| 5. | Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации | 86 | 0,6 | 86 |
| 6. | Промежуточная аттестация | 18 | 3 0,25 | 18 |
| 7. | Общий объем по учебному плану, час. | 108 | 4,85 | 108 |
| 8. | Общий объем по учебному плану, з.е. | 3 | 0,15 | 3 |

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Номер лекции | Раздел, тема учебного занятия, содержание лекции |
|--------------|---|
| 1 | <p>Раздел 1. Электрические печи сопротивления (ЭПС) и установки индукционного нагрева (УИН)</p> <p>Тема 1.1. Динамическая модель ЭПС. Линеаризация канала управления системы регулирования температуры печи. Устройство регулирования температуры печи. Повышение энергетических показателей ЭПС.</p> <p>Тема 1.2. Установки индукционного нагрева (УИН) заготовки. Режимы и методы нагрева стальной заготовки. Энергетические параметры индуктора.</p> <p>Тема 1.3. Компенсация реактивной мощности (РМ) УИН. Схемы внутренней компенсации РМ. Индукторы с самокомпенсацией РМ. Энергетические характеристики индуктора с самокомпенсацией РМ.</p> <p>Тема 1.4. Индукционный нагрев с использованием напряжения и тока сложной формы. Параметры электрической схемы замещения загрузки и индуктора. Параметры индуктора при нагреве заготовки в полигармоническом магнитном поле.</p> |
| 2 | <p>Раздел 2. Индукционные плавильно-литейные комплексы</p> <p>Тема 2.1. Индукционная тигельная печь (ИТП) с многосекционным индуктором. Индуктор с многофазной системой токов в секциях. Электромагнитные и гидромеханические процессы в многофазной ИТП. Компенсация РМ в ИТП. Внутренняя компенсация РМ.</p> <p>Тема 2.2. Турбоиндукционная тигельная печь (ТИТП). Электромагнитные и гидромеханические процессы в ТИТП. Режимы работы индукторов в ТИТП. Источники питания ТИТП.</p> <p>Тема 2.3. Индукционный плавильный агрегат (ИПА). Технологические и энергетические режимы работы, электромагнитные и гидромеханические процессы.</p> <p>Тема 2.4. Кристаллизатор с электромагнитным перемешивателем (ЭМП) расплава. Структура слитка. Энергетические режимы работы ЭМП.</p> |

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2. Практические занятия

Не предусмотрено

4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

- 1 Плавильные электропечи сопротивления
- 2 Соляные ванны
- 3 Установки нагрева в «кипящем слое»
- 4 Установки инфракрасного нагрева
- 5 Печи сопротивления прямого нагрева
- 6 Вакуумные электропечи сопротивления
- 7 Технологические процессы, требующие применения контролируемых атмосфер
- 8 Нагревательные элементы высокотемпературных ЭПС
- 9 Индукционные печи с холодным тиглем. Плавка в гарнисаже
- 10 Взвешенная плавка металлов
- 11 Вакуумные индукционные печи
- 12 Зонная плавка
- 13 Электротермические установки для выращивания монокристаллов
- 14 Установки диэлектрического нагрева
- 15 Вакуумные дуговые печи
- 16 Рудно-термические печи открытого и закрытого типа
- 17 Электрошлаковый переплав
- 18 Плазменные установки. Принципы получения и технологическое применение плазмы
- 19 Лазерное оборудование. Лазерная сварка и резка
- 20 Оборудование для электронно-лучевой сварки: сварочные камеры и электронно-лучевые пушки
- 21 Электронно-лучевой переплав металлов. Оборудование и характеристики процесса

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

| Код раздела, темы дисциплины | Активные методы обучения | | | | | Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------|--------------|---------------------|------------------|---|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|---|-------------------------|
| | Проектная работа | Кейс-анализ | Деловые игры | Проблемное обучение | Командная работа | Другие (указать, какие) | Сетевые учебные курсы | Виртуальные практикумы и тренажеры | Вебинары и видеоконференции | Асинхронные web-конференции и семинары | Совместная работа и разработка контента | Другие (указать, какие) |
| Р.1 | | | | * | | | | * | | | * | |
| Р.2 | | | | * | | | | * | | | * | |

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1.Рекомендуемая литература

7.1.1.Основная литература

1. Электрические печи сопротивления. Теплопередача и расчеты электродов сопротивления : монография / В. С. Чередниченко, А. С. Бородачев, В. Д. Артемьев ; Ред. В. С. Чередниченко . – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006 . – 624 с. – (Современные электротехнологии ; том 1) . - ISBN 5-7782-0674-7 .
2. Установки электрошлаковой металлургической технологии / Ю. М. Миронов . – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2007 . – 408 с. – (Современные электротехнологии ; том 11) . - ISBN 978-5-7782-0792-9 .
3. Производство стали в дуговых печах. Конструкции, технология, материалы : монография / Ю. А. Гудим, И. Ю. Зинуров, А. Д. Киселев . – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010 . – 547 с. – (Современные электротехнологии ; том 9) . - ISBN 978-5-7782-1375-3 .
4. Источники питания высокочастотных электротермических установок : монография / А. С. Васильев, Г. Конрад, С. В. Дзлиев . – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006 . – 426 с. – (Современные электротехнологии ; том 4) . - ISBN 5-7782-0717-4 .
5. Плазменные высокочастотные технологии для электронного приборостроения : монография / В. М. Геллер, В. А. Хрусталева . – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011 . – 298 с. – (Современные электротехнологии ; том 8) . - ISBN 978-5-7782-1560-3 .
6. Плазменные электротехнологические установки : учебное пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика, электротехнологии", специальности "Электротехнологические установки и системы" / В. С. Чередниченко, А. С. Аньшаков, М. Г. Кузьмин ; Ред. В. С. Чередниченко . – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011 . – 602 с. – (Учебники НГТУ) . - ISBN 978-5-7782-1576-4 .
7. Теоретические основы и аспекты электротехнологий. Физические принципы и реализация. Интенсивный курс Основы I. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 359 с. ISBN 978-5-7629-1412-3.
8. Теория и практика применения дуговых печей. Интенсивный курс. Специализация II. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 234 с. ISBN 978-5-7629-1418-5.

9. Оптимизация и управление электротехнологическими системами. Интенсивный курс. Специализация III. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 266 с. ISBN 978-5-7629-1420-5.
10. Структурное моделирование тепловых процессов в электротермических установках: учебное пособие / В.В. Гоман, С.М. Мезенин, В.А. Прахт, С.Ф. Сарапулов, Ф.Н. Сарапулов, С.А. Федореев; под общ. ред. Ф.Н. Сарапулова. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 343 с.
11. Демидович В.Б., Чмиленко Ф.В. Численные методы в теории индукционного нагрева. – СПб.: изд-во ООО «Технолит», 2008. – 220 с.
12. Аполлонский С.М. Дифференциальные уравнения математической физики в электротехнике. – СПб.: Питер, 2012. – 352 с.

7.1.2.Дополнительная литература

- 1.Сарапулов Ф.Н., Сидоров О.Ю. Магнитогидродинамические машины с бегущим или пульсирующим магнитным полем. Методы расчета: Учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ, 1994. 206 с.
- 2.Расчет мощностей и электромагнитных сил в установках индукционного нагрева: Учебное пособие / Ф.Н.Сарапулов. Екатеринбург: УГТУ, 1998. 89 с.
- 4.Расчет параметров цепей электротехнологических установок: Учебное пособие / Ф.Н.Сарапулов. Екатеринбург: УГТУ, 1999. 83 с.
3. Вопросы совершенствования электротехнологического оборудования и электротехнологий: Сборник научн. тр. Екатеринбург: УГТУ, 1996. 149с.
4. Кувалдин А.Б. Низкотемпературный индукционный нагрев стали. - М.: Энергоатомиздат, 1988. 200с.
5. Линейные асинхронные двигатели /О.Н.Веселовский, А.Ю.Коняев, Ф.Н.Сарапулов. - М.: Энергоатомиздат, 1981. 256 с.
6. Туровский Я. Электромагнитные расчеты элементов электрических машин /Пер. с польск. М.: Энергоатомиздат, 1986. 200 с.
7. Расчет электромагнитных полей в магнитопроводах. Методические указания и расчетно-графические работы по курсу «теоретические основы электротехники»/В.М.Валек, А.Л. Веницкий, А.А. Янко-Триницкий. Свердловск: УПИ, 1986. 40 с.
8. Исследование электротехнологических процессов и устройств: Методические указания к лабораторному практикуму по курсам: «Спецкурс ЭТУ», «Электротехнологические процессы и устройства», «Моделирование ЭТУ», «Специальные ЭТУ» / А.В. Карочкин, Н.М.Пирумян, Ф.Н.Сарапулов и др. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 1998. 46 с.
9. Непрерывная индукционная термообработка лент и полос / М.З.Певзнер, Н.М. Широков, С.Г.Хаютин. М.: Металлургия, 1994. 128 с.
10. Zhu. Multigrid Finite Element Methods of Electromagnetic Field Modeling. – Wiley, 2006.

7.2.Методические разработки

Не используется

7.3.Программное обеспечение

Программа Comsol Multiphysics

7.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не используются

7.5.Электронные образовательные ресурсы

1. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru>
2. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Для проведения лекций используются мультимедийные аудитории и компьютерные классы кафедр «Электротехника и электротехнологические системы».

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

П.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

| Компоненты компетенций | Признаки уровня освоения компонентов компетенций | | |
|----------------------------|--|---|---|
| | пороговый | повышенный | высокий |
| Знания | Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации. | Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях. | Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях. |
| Умения | Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации | Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации | Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий) |
| Личностные качества | Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу | Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность. | Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход. |

П.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень примерных вопросов для зачета

1. Детализированная структурная модель электропечи сопротивления.
2. Эквивалентная модель ЭПС.
3. Модель термопары в электропечи сопротивления.
4. Линеаризация канала управления системы регулирования температуры ЭПС.
5. Схема замещения установки индукционного нагрева цилиндрической заготовки.
6. Схема замещения УИН.
7. Компенсация реактивной мощности в УИН.
8. Индуктор УИН с самокомпенсацией РМ.
9. Индукционный нагрев полигармоническим током.
10. Многофазные и многосекционные схемы индукторов ИТП.
11. Анализ гидромеханических процессов в индукционной тигельной печи.
12. Исследование электромагнитных и гидромеханических процессов в турбоиндукционной тигельной печи.
13. Анализ гидромеханических процессов в индукционной плавильном агрегате.
14. Исследование формирования свободной поверхности расплава во вращающемся магнитном поле.
15. Анализ гидродинамических процессов в кристаллизаторе с электромагнитным перемешивателем расплава.
16. Моделирование кристаллизации слитка в магнитном поле.