



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

03.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электроснабжение

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет    Институт энергетики и автоматизированных систем  
Кафедра                    Электроснабжения промышленных предприятий  
Курс                         4

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Электроснабжения промышленных предприятий  
22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой



А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ЭПТ, канд. техн. наук



Ю.Н. Кондрашова

Рецензент:  
зам. начальника ЭТО  
АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ»



А.Ю. Литвинов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 - 2032 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля «Электротехнологические установки» является подготовка обучающихся в вопросах, связанных с изучением основных видов электротехнологии, влияния электротехнологических установок (ЭТУ) на режим работы системы электроснабжения.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Электротехнологические установки» входит в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Общая энергетика  
Электрические машины  
Теоретические основы электротехники  
Физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Электрические станции и подстанции  
Электроэнергетические системы и сети  
Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем  
Электроснабжение  
Надежность систем электроснабжения  
Управление качеством электрической энергии

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электротехнологические установки» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции   |
|----------------|--|
| ПК-5           | Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности  |
| ПК-5.1         | Организовывает проведение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на оборудовании подстанций  |
| ПК-5.2         | Проводит профилактические испытания и осуществляет анализ функционирования устройств релейной защиты и автоматики  |
| ПК-5.3         | Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 8,4 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 95,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к зачёту – 3,9 акад. час.

Форма аттестации – зачет.

| Раздел/ тема дисциплины  | Курс | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции        |
|--|------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|------------------------|
|  |      | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |   |   |                        |
| 1. Тема 1 Введение.  |      |  |           |             |                                 |   |   |                        |
| 1.1 Тема 1 Введение.   | 4    | 0,2  |           |             | 7,7                             | Самостоятельно изучение учебной литературы.   | Наличие конспекта, защита лабораторных работ                    | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу   |      | 0,2  |           |             | 7,7                             |   |   |                        |
| 2. Тема 2.Электрические печи сопротивления                         |      |  |           |             |                                 |   |   |                        |
| 2.1 Тема 2.Электрические печи сопротивления                        | 4    | 0,2  | 2         |             | 11                              | Самостоятельно изучение учебной литературы  | Наличие конспекта, защита лабораторных работ                    | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу   |      | 0,2  | 2         |             | 11                              |   |   |                        |
| 3. Тема 3. Установки индукционного и диэлектрического нагрева      |      |  |           |             |                                 |   |   |                        |
| 3.1 Тема 3. Установки индукционного и диэлектрического нагрева     | 4    | 0,2  |           | 1           | 11                              | Самостоятельно изучение учебной литературы.   | Устный опрос  | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу   |      | 0,2  |           | 1           | 11                              |   |   |                        |
| 4. Тема 4. Дуговые установки                                       |      |  |           |             |                                 |   |   |                        |
| 4.1 Тема 4. Дуговые установки                                      | 4    | 0,4  |           | 2           | 11                              | Самостоятельно изучение учебной литературы; - РГР №1.                                   | Защита лабораторных работ, РГР №1                               | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу   |      | 0,4  |           | 2           | 11                              |   |   |                        |
| 5. Тема 5. Установки электрической сварки. Сварочное оборудование  |      |  |           |             |                                 |   |   |                        |
| 5.1 Тема 5. Установки электрической сварки. Сварочное оборудование | 4    | 0,2  |           |             | 11                              | Самостоятельно изучение учебной литературы; - подготовка аудиторной контрольной работе. | Устный опрос, АКР №1  | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу   |      | 0,2  |           |             | 11                              |   |   |                        |

|   |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
|---|--|---|-----|---|---|------|--|---|------------------------|
| 6. Тема 6. Электролизные установки  |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
| 6.1   | Тема 6. Электролизные установки  | 4 | 0,2 |   | 1 | 11   | самостоятельно изучение учебной литературы.  | Устный опрос, защита лабораторных работ | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |  |   | 0,2 |   | 1 | 11   |  |   |                        |
| 7. Тема 7. Установки высокого напряжения.. Установки электрогазо- и водоочистки. Устройство электрофильтров.    |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
| 7.1   | Тема 7. Установки высокого напряжения. Установки электрогазо- и водоочистки. Устройство электрофильтров.     | 4 | 0,2 |   |   | 11   | самостоятельно изучение учебной литературы   | Устный опрос                            | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |  |   | 0,2 |   |   | 11   |  |   |                        |
| 8. Тема 9. Осветительные установки  |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
| 8.1   | Тема 9. Осветительные установки  | 4 | 0,2 |   |   | 11   | Самостоятельно изучение учебной литературы; - подготовка аудиторной контрольной работе . | Устный опрос, АКР №2                    | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |  |   | 0,2 |   |   | 11   |  |   |                        |
| 9. Тема 8 Ультразвук и его использование в промышленности. Общие сведения об ультразвуке. Свойства ультразвука. |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
| 9.1   | Тема 8 Ультразвук и его использование в промышленности. Общие сведения об ультразвуке. Свойства ультразвука. | 4 | 0,2 |   |   | 11   | самостоятельно изучение учебной литературы   | Устный опрос, защита лабораторных работ | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |  |   | 0,2 |   |   | 11   |  |   |                        |
| 10. Промежуточная аттестация  |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
| 10.1  | Промежуточная аттестация   | 4 |     |   |   |      | Подготовка к зачетному заданию   | Зачет                                   | ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3 |
| Итого по разделу  |  |   |     |   |   |      |  |   |                        |
| Итого за семестр  |  |   | 2   | 2 | 4 | 95,7 |  | зачёт                                   |                        |
| Итого по дисциплине   |  |   | 2   | 2 | 4 | 95,7 |  | зачет                                   |                        |

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электротехнологические установки» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электротехнологические установки» происходит с использованием мультимедийного оборудования. Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы. При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ. Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки расчетно-графических работ, при решении задач на практических занятиях, при подготовке защите лабораторных работ, контрольным работам и итоговой аттестации.

**6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**  
Представлено в приложении 1.

**7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**  
Представлены в приложении 2.

**8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**  
**а) Основная литература:**

1. Макаров, А. Н. Электротехнологические установки : учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-9729-0583-6. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836532> (дата обращения: 21.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

**б) Дополнительная литература:**

1. Чередниченко, В. С. Электротехнологические установки и системы. Теория и расчеты электропечей сопротивления : учебное пособие / В. С. Чередниченко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – 292 с. – («Учебники НГТУ»). - ISBN 978-5-7782-4133-6. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1869121> (дата обращения: 21.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Чередниченко, В. С. Плазменные электротехнологические установки : учебное пособие / В. С. Чередниченко, А. С. Аньшаков, М. Г. Кузьмин ; под ред. В. С. Чередниченко. – 2-е изд., доп. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 601 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-013628-8. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/946118> (дата обращения: 21.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Проектирование электрического освещения : учебное пособие / Б. И. Заславец, А. И. Жданов, Г. Б. Белых и др. ; МГТУ. - Магнитогорск, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/ToView/20809?idb=db0109>. - Текст : электронный. - дата обращения: 21.01.2026.

4. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» - URL: <https://www.powervestniksusu.ru/index.php/PVS> (дата обращения: 21.01.2026).

5. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» - URL: <http://esik.magtu.ru/ru/> (дата обращения: 21.01.2026).

6. Журнал «Вестник Ивановского государственного энергетического университета» - URL: <http://vestnik.ispu.ru/> (дата обращения: 21.01.2026).

**в) Методические указания:**

1. Дубина И. А. Сборник лабораторных работ по дисциплине "Электротехнологические и осветительные установки" : учебное пособие / И. А. Дубина, Ю. Н. Кондрашова, А. В. Варганова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20504>. - Текст : электронный. Дубина, И. А. Методическая разработка к самостоятельной работе по дисциплине «Электротехнологические и осветительные установки» для студентов специальности 140211 очной формы обучения [Текст]: методическая разработка / И. А. Дубина, Ю. Н. Ротанова, О. В. Буланова. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 59 с.

2. Дубина, И. А. Дуговые печные установки [Текст]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Электротехнологические и осветительные установки» для студентов специальности 140211 очной формы обучения / И. А. Дубина, Ю. Н. Ротанова. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 23 с.

3. Дубина, И. А. Установки аэрозольной технологии [Текст]: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Электротехнологические и осветительные установки» для студентов специальности 140211 / И. А. Дубина, Ю. Н. Ротанова. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 29 с.

4. Дубина, И. А. Электролизные установки [Текст]: методические указания к практической работе по дисциплине «Электротехнологические и осветительные установки» для студентов специальности 140211 / И. А. Дубина, Ю. Н. Ротанова. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – 17 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:****Программное обеспечение**

| Наименование ПО             | № договора                   | Срок действия лицензии |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007          | бессрочно              |
| 7Zip                        | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| STATISTICA в.6              | К-139-08 от 22.12.2008       | бессрочно              |
| FAR Manager                 | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| Adobe Reader                | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |
| Linux Calculate             | свободно распространяемое ПО | бессрочно              |

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

| Название курса   | Ссылка  |
|--|---|
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова  | <a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>         |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги  | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a> |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>   |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)   | <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>             |
| Электронная база периодических изданий ООО «ИВИС»  | <a href="https://eivis.ru/">https://eivis.ru/</a>   |

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа – мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
2. Учебные аудитории для проведения лабораторных работ (Лаборатория электрических станций, подстанций и электротехнологических установок, ауд. 342) – Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ:
  - Электрические печи сопротивления.
  - Ультразвуковой дефектоскоп.
  - Прямой нагрев металлов.
3. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – доска, мультимедийный проектор, экран.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

(обязательное)

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

#### **КР №1**

1. Электрическое оборудование печей сопротивления. Схемы включения ЭПС.
2. Режим работы электрооборудования и схем электроснабжения индукционных канальных и тигельных печей.

#### **КР №2**

1. Электрооборудование электролизных производств.
2. Элементы оборудования электрозвуковых установок.

### **Перечень контрольных вопросов по темам учебной программы:**

#### **Тема 1**

1. Классификация и краткая характеристика электротехнологических процессов и установок.
2. Понятие об электротехнологическом процессе.
3. Материалы, применяемые в пещестроении.
4. Требования к нагревательным элементам.

#### **Тема 2**

1. Классификация электропечей сопротивления и краткая характеристика основных видов.
2. Принцип работы и характеристика некоторых видов электропечей сопротивления периодического и непрерывного действия.
3. Основы теплового и электрического расчета электропечей сопротивления.
4. Способы регулирования температуры в электропечах сопротивления, регуляторы мощности.
5. Тепловой баланс, пути экономии электроэнергии, рациональная эксплуатация электропечей сопротивления.
6. Установка прямого электронагрева.

#### **Тема 3**

1. Физические основы индукционного и диэлектрического нагрева.
2. Классификация и общая характеристика установок индукционного нагрева.
3. Глубина проникновения электромагнитной волны и выделение электромагнитной энергии, в зависимости от глубины, в плоском металлическом теле.
4. Конструктивные особенности индукционных канальных печей, область применения.
5. Выбор частоты тока индукционных тигельных печей и схемы подключения их к источнику.
6. Виды индукционных тигельных печей, область их применения.
7. Схемы электроснабжения индукционных канальных печей и тигельных печей на промышленной частоте, симметрирование нагрузки тигельных печей.
8. Индукционный поверхностный и сквозной нагрев.
9. Источники питания, электрооборудование установок индукционного нагрева.
10. Нагрев диэлектриков электрическим полем высокой частоты и на сверхвысокой частоте.

#### **Тема 4**

1. Классификация, общая характеристика и назначение установок электродугового

нагрева.

2. Конструкция, составные части ДСП, РТП.
3. Структура тепловых потерь ДСП. Понятие о КПД печи.
4. Режимы работы ДСП и РТП, электрический режим и рабочие характеристики печей.
5. Способы регулирования мощности дуг, основные механизмы печей.
6. Схема электроснабжения ДСП, РТП, основное электрооборудование и его особенности.
7. Виды релейной защиты печных трансформаторов.
8. Что такое короткая сеть? Ее конструкция и схемы соединения. Как параметры короткой сети влияют на технико-экономические показатели ДСП?
9. Электрические дуговые печи косвенного действия.

### **Тема 5**

1. Классификация электрической сварки. Общая характеристика видов сварки.
2. Основные сведения об электрической дуге. Способы стабилизации электрической дуги переменного тока.
3. Дуга переменного тока при активном и индуктивном сопротивлениях сварочной цепи.
4. Осцилляторы: назначение, принципиальная схема, описание работы.
5. Характеристика дуги.
6. Требования к источникам сварочного тока.
7. Однопостовые и многопостовые сварочные аппараты постоянного и переменного токов, требования к ним, принципиальные схемы, режимы работы.
8. Электрошлаковая сварка.
9. Электрофизические основы контактной сварки.
10. Стыковая сварка, основы технологии и оборудование.
11. Точечная сварка. Тепловой баланс при точечной сварке. Оборудование.
12. Роликовая сварка.
13. Влияние сварочных установок на режим системы электроснабжения.

### **Тема 6**

1. Нормальный потенциал вещества. Выход вещества по току, по энергии.
2. Технология, конструкция электролизеров и их соединений, источники питания рафинирования меди, получения цинка, алюминия.
3. Устройство и схемы соединения преобразовательных подстанций для электролизных установок, устройство выпрямителей.
4. Электрофизические основы электрохимической обработки металлов.
5. Область применения электрохимической обработки, примеры технологических операций.
6. источники питания для электрохимической обработки.
7. Коронный разряд в газах. Аэрозоли в электростатическом поле высокой напряженности.
8. Устройство электрофильтров. Выпрямители для электрофильтров.

### **Тема 7**

1. Общие сведения об ультразвуке, свойства ультразвука.
2. Магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты. Поляризованный излучатель.
3. Механическая обработка ультразвуком твердых и хрупких материалов.
4. Очистка деталей с помощью ультразвука, ультразвуковая сварка, ультразвуковая пайка и лужение.
5. Применение ультразвука для интенсификации технологических процессов.

6. Методы ультразвуковой дефектоскопии.

**Тема 8**

1. Системы освещения: общее, местное, комбинированное.
2. Виды освещения: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное.

Назначение каждого вида.

3. источники света. Устройство источников света для различных видов освещения.
4. Расположение светильников. Схемы замещения светильников. Характеристика светильников. Групповые сети.

**РГР №1**

1. Составить принципиальную схему силовой цепи дуговой сталеплавильной печи; указать значение её элементов.

2. Составить упрощенную схему замещения ДСП, указав применяемые допущения. Рассчитать и построить электрические характеристики – зависимость от тока дуги следующих величин:

- 1) Активной мощности, потребляемой печью;
- 2) Полезной мощности (мощности дуги);
- 3) Мощности электрических потерь;
- 4) Коэффициента мощности;
- 5) Электрического КПД.

и рабочие характеристики ДСП – зависимость от тока дуги следующих величин:

- 1) Часовой производительности;
- 2) Удельного расхода электроэнергии;
- 3) Времени плавления одной тонны стали;
- 4) Полного КПД печи.

Пользуясь посторонними рабочими характеристиками, определить оптимальную величину тока дуги по критерию максимальной производительности печи и по критерию минимального удельного расхода электроэнергии, а также область оптимальных режимов работы по критерию минимума приведенных затрат на эксплуатацию печи.

Исходные данные указаны в таблице 1.

Таблица 1. – Исходные данные к задаче 1.

| Вариант, последняя цифра шифра | Сопротивление трансформатора, Ом |                        | Сопротивления дросселя, Ом |                        | Сопротивление короткой сети, Ом |                        | Вторичное напряжение $U_{xx}$ трансформатора фазное, В |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--|
|                                | $x_{тр} \cdot 10^{-4}$           | $r_{тр} \cdot 10^{-4}$ | $x'_{др} \cdot 10^{-4}$    | $r_{др} \cdot 10^{-4}$ | $x_{кк} \cdot 10^{-4}$          | $r_{кк} \cdot 10^{-4}$ |  |
| 1                              | 20,2                             | 2,1                    | 9,7                        | -                      | 12,8                            | 8,5                    | 200  |
| 2                              | 34,5                             | 2,1                    | 9,7                        | -                      | 12,8                            | 8,5                    | 115  |
| 3                              | 7,0                              | 0,8                    | 20,0                       | 0,05                   | 21,5                            | 6                      | 270  |
| 4                              | 12,2                             | 0,8                    | 20,0                       | 0,05                   | 21,5                            | 6                      | 155  |
| 5                              | 7,1                              | 0,7                    | 1,9                        | 0,05                   | 19,5                            | 5,35                   | 270  |
| 6                              | 12,25                            | 0,7                    | 1,9                        | 0,05                   | 19,5                            | 5,35                   | 155  |
| 7                              | 4,92                             | 1,07                   | 16,7                       | 0,27                   | 28,46                           | 9,7                    | 261  |
| 8                              | 8,5                              | 1,07                   | 16,7                       | 0,27                   | 28,46                           | 9,7                    | 151  |
| 9                              | 5,99                             | 0,82                   | 3,62                       | -                      | 24,0                            | 10,2                   | 350  |
| 10                             | 5,25                             | 0,6                    | 22,6                       | 3,2                    | 24,0                            | 3,8                    | 417  |

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
(обязательное)

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

| Код индикатора   | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |
|--|---|---|
| <b>ПК-5: Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности</b> |   |   |
| ПК-5.1   | Организовывает проведение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на оборудовании подстанций | <p><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация и краткая характеристика электротехнологических процессов и установок.</li> <li>2. Классификация электропечей сопротивления и краткая характеристика основных видов.</li> <li>3. Физические основы индукционного и диэлектрического нагрева.</li> <li>4. Классификация, общая характеристика и назначение установок электродугового нагрева</li> <li>5. Классификация электрической сварки. Общая характеристика видов сварки.</li> <li>6. Нормальный потенциал вещества.</li> <li>7. Выход вещества по току, по энергии.</li> <li>8. Общие сведения об ультразвуке, свойства ультразвука.</li> <li>9. Системы освещения: общее, местное, комбинированное.</li> <li>10. Режим работы электрооборудования и схем электроснабжения индукционных канальных и тигельных печей.</li> <li>11. Что характерно для графиков нагрузки печей сопротивления различного типа.</li> <li>12. Каковы особенности потребления электроэнергии индукционными печами установками?</li> <li>13. Способы регулирования мощностью печей сопротивления.</li> <li>14. Как разделяются основные типа электротехнологических установок по надежности электроснабжения.</li> <li>15. Выбор оборудования ДСП и РТП на основе расчета режимов работы ДСП и РТП, электрический режим и рабочие характеристики печей.</li> </ol> <p><b>Примерные практические задачи для промежуточной аттестации:</b><br/> <b>Задача № 1</b><br/>         Рассчитать размеры зигзагообразного нагревателя, изготовленного из материала прямоугольного</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |
|----------------|---|---|
|                |   | <p>сечения (<math>a</math> – толщина ленты, <math>b</math> – ширина ленты, <math>l</math> – длина ленты).<br/>         Определить ток и плотность тока в нагревателе.<br/> <u>Исходные данные:</u><br/>         материал нагревателя – сплав X15H60.<br/>         удельное сопротивление материала сплава в горячем состоянии (<math>t = 1000^{\circ}\text{C}</math>), <math>\rho_{\text{г}} = 1,216 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}</math>;<br/>         мощность нагревателя <math>P = 150 \text{ кВт}</math>, линейное напряжение питающей сети <math>U_{\text{л}}=380 \text{ В}</math>; допустимая удельная поверхностная мощность нагревателя <math>W_{\text{доп}}=5 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2</math>.<br/> <u>Дополнительная информация:</u><br/>         стандартный ряд (по ГОСТу) размеров сечения лент (<math>a \times b</math>) в мм из сплава X16H60: 2,0 x 10; 1,5 x 15; 2,0 x 15; 2,2 x 20; 2,5 x 20; 3,0 x 20; 2,2 x 25; 2,5 x 25; 3,0 x 25; 2,2 x 30; 2,5 x 30; 3,0 x 30; 2,2 x 36; 2,5 x 36; 3,0 x 36; 2,2 x 40; 2,5 x 40; 3,0 x 40.</p> <p><b>Задача № 2</b><br/>         Рассчитать длину и диаметр спирального проволочного открытого нагревателя для камерной печи сопротивления, определить ток и плотность тока в нагревателе.<br/> <u>Исходные данные:</u><br/>         мощность нагревателя <math>P = 100 \text{ кВт}</math>, линейное напряжение питающей сети <math>U_{\text{л}}=380 \text{ В}</math>; нагреватель выполняется из сплава X15H60;<br/>         удельное сопротивление материала сплава в горячем состоянии (<math>t = 900^{\circ}\text{C}</math>), <math>\rho_{\text{г}} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}</math>;<br/>         допустимая удельная поверхностная мощность нагревателя <math>W_{\text{доп}}=2,5 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2</math>.<br/> <u>Дополнительная информация:</u><br/>         стандартный ряд (по ГОСТу) диаметров в мм проволоки из сплава X16H60: 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 13,0; 14,0; 15,0; 16,0; 17,0; 18,0; 19,0; 20,0.</p> |
| ПК-5.2         | Проводит профилактические испытания и осуществляет анализ функционирования устройств релейной защиты и автоматики | <p><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие об электротехнологическом процессе.</li> <li>2. Принцип работы и характеристика некоторых видов электропечей сопротивления периодического и непрерывного действия.</li> <li>3. Классификация и общая характеристика установок индукционного нагрева.</li> <li>4. Конструкция, составные части ДСП, РТП.</li> </ol>  |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                |                                  | <p>5. Основные сведения об электрической дуге. Способы стабилизации электрической дуги переменного тока.</p> <p>6. Технология, конструкция электролизеров и их соединений, источники питания рафинирования меди, получения цинка, алюминия.</p> <p>7. Назовите особенности устройства печных и преобразовательных подстанций.</p> <p>8. Какие материалы применяются в электропечестроении.</p> <p>9. Какие особенности имеют ДСП как приемники электроэнергии.</p> <p>10. Требования к источникам сварочного тока.</p> <p>11. Объясните основные особенности взаимодействия рудотермических печей с энергосистемой.</p> <p>12. Каковы особенности выбора материалы и конструкции нагревательного элемента в электрических печах сопротивления.</p> <p>13. Какие помехи вносит ДСП в питающую сеть, поясните меры по их ослаблению.</p> <p><b>Примерные практические задачи для промежуточной аттестации:</b></p> <p><b>Задача № 1</b><br/> Рассчитать мощность, передаваемую в нагрузку ИТП.</p> <p><u>Исходные данные:</u><br/> емкость печи – 1,0 т.;<br/> расплавляемый металл – сталь; время плавки – 40 мин.;<br/> средний диаметр шихты – 0,06 м;<br/> электрические потери составляют 18% от полезной мощности печи; тепловые потери составляют 25% от полезной мощности печи; <math>\cos\varphi = 0,11</math>;<br/> напряжение источника питания, подводимое к индуктору -1500 В.</p> <p><u>Характеристики металла:</u><br/> удельное сопротивление стали в холодном состоянии – <math>0,2 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м;<br/> удельное сопротивление стали при температуре потери магнитных свойств - <math>1 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м; удельное сопротивление стали перед сплавлением кусков шихты – <math>1,2 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м; удельное сопротивление стали при температуре разливки – <math>1,37 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м; относительная магнитная проницаемость в холодном состоянии – 16;<br/> теплосодержание при температуре разливки – <math>1,42 \cdot 10^6</math> Дж/кг.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  | Оценочные средства  |
|----------------|---|---|
|                |   | <p><b>Задача № 2</b><br/> Рассчитать высоту мениска на поверхности ванны жидкого металла<br/> Исходные данные:<br/> емкость печи – 1,0 т.;<br/> расплавляемый металл – сталь; время плавки – 40 мин.;<br/> средний диаметр шихты – 0,06 м;<br/> электрические потери составляют 18% от полезной мощности печи;<br/> тепловые потери составляют 25% от полезной мощности печи;<br/> <math>\cos\varphi = 0,11</math>;<br/> напряжение источника питания, подводимое к индуктору -1500 В;<br/> частота источника питания – 500Гц;<br/> средний внутренний диаметр тигля – 0,439м;<br/> высота загрузки в тигле – 0,73м.<br/> <u>Характеристики металла:</u><br/> удельное сопротивление стали в холодном состоянии – <math>0,2 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м;<br/> удельное сопротивление стали при температуре потери магнитных свойств - <math>1 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м;<br/> удельное сопротивление стали перед сплавлением кусков шихты – <math>1,2 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м;<br/> удельное сопротивление стали при температуре разливки – <math>1,37 \cdot 10^{-6}</math> Ом·м; относительная магнитная проницаемость в холодном состоянии – 16;<br/> теплосодержание при температуре разливки – <math>1,42 \cdot 10^6</math> Дж/кг;<br/> плотность при температуре разливки – <math>7,2</math> т/м<sup>3</sup>;<br/> температура разливки – 1600 °С.</p> |
| ПК-5.3         | Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и | <p><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Материалы, применяемые в пещестроении</li> <li>2. Основы теплового и электрического расчета электропечей сопротивления.</li> <li>3. Глубина проникновения электромагнитной волны и выделение электромагнитной энергии, в зависимости от глубины, в плоском металлическом теле.</li> <li>4. Структура тепловых потерь ДСП. Понятие о КПД печи.</li> <li>5. Осцилляторы: назначение, принципиальная схема, описание работы.</li> </ol>  |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                | характеристики устройств РЗА     | <p>6. Устройство и схемы соединения преобразовательных подстанций для электролизных установок, устройство выпрямителей.</p> <p>7. Механическая обработка ультразвуком твердых и хрупких материалов.</p> <p>8. Электрофизические основы электрохимической обработки металлов.</p> <p>9. Очистка деталей с помощью ультразвука, ультразвуковая сварка, ультразвуковая пайка и лужение.</p> <p>10. Расположение светильников. Схемы замещения светильников. Характеристика светильников. Групповые сети.</p> <p>11. Основные требования к схемам электроснабжения. Выбор схем и напряжений электрических сетей.</p> <p>12. Тепловой баланс, пути экономии электроэнергии, рациональная эксплуатация электропечей сопротивления.</p> <p>13. Выбор частоты тока индукционных тигельных печей и схемы подключения их к источнику.</p> <p>14. Способы регулирования мощности дуг, основные механизмы печей.</p> <p>15. Характеристика дуги.</p> <p>16. Область применения электрохимической обработки, примеры технологических операций.</p> <p>17. Применение ультразвука для интенсификации технологических процессов.</p> <p>18. Схема электроснабжения ДСП, РТП, основное электрооборудование и его особенности.</p> <p>19. Коронный разряд в газах.</p> <p>20. Аэрозоли в электростатическом поле высокой напряженности.</p> <p>21. Электрошлаковая сварка.</p> <p>22. Установка прямого электронагрева.</p> <p>23. Требования к нагревательным элементам.</p> <p>24. Способы регулирования температуры в электропечах сопротивления, регуляторы мощности.</p> <p>25. Конструктивные особенности индукционных канальных печей, область применения.</p> <p>26. Каковы особенности потребления электроэнергии индукционными печами установками.</p> <p>27. Каковы особенности печных трансформаторов отличающие их от трансформаторов общего назначения.</p> <p>28. Способами определения дефектов.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                |                                  | <p><b>Примерные практические задачи для промежуточной аттестации:</b></p> <p><b>Задача № 1</b><br/> Определить ток индуктора ИКП</p> <p><u>Исходные данные:</u><br/> полезная емкость печи – 0,75 т.;<br/> расплавляемый металл – латунь;<br/> КПД печи – 0,8;<br/> время плавки – 0,55 часа;<br/> коэффициент мощности печи – 0,73;<br/> напряжение питающей сети – 380 В.</p> <p><u>Характеристики металла:</u><br/> скрытая теплота плавления – 35,5 ккал/кг;<br/> удельная теплоемкость при температуре плавления – 0,1124 ккал/(кг·град);<br/> удельная теплоемкость при температуре перегрева – 0,116 ккал/(кг·град); удельное сопротивление в жидком состоянии - <math>40 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м;<br/> теплосодержание при температуре разливки - <math>645 \cdot 10^3</math> Дж/кг.</p> <p><b>Задача № 2</b><br/> Определить ток в жидком металле в канале печи и радиальный размер канала.</p> <p><u>Исходные данные:</u><br/> полная емкость печи – 1,00 т.;<br/> расплавляемый металл – латунь;<br/> КПД печи – 0,82;<br/> время плавки – 0,55 часа;<br/> коэффициент мощности печи – 0,75;<br/> напряжение питающей сети – 380 В.<br/> число витков индуктора – 45.</p> <p><u>Характеристики металла:</u><br/> скрытая теплота плавления – 35,5 ккал/кг;<br/> удельная теплоемкость при температуре плавления – 0,1124 ккал/(кг·град);</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства  |
|----------------|----------------------------------|---|
|                |                                  | удельная теплоемкость при температуре перегрева – 0,116 ккал/(кг·град); удельное сопротивление в жидком состоянии - $40 \cdot 10^{-8}$ Ом·м ;<br>температура плавления – 905 °С ;<br>температура перегрева – 1070 °С. |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электротехнологические установки» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний и выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме собеседования и включает 2-3 теоретических вопроса.

**Критерии оценки:**

– **«зачтено»** – студент должен знать принципы действия, конструктивные особенности и структуру построения схем электроснабжения ЭТУ и владеть навыками самостоятельного решения инженерных задач по расчету и выбору осветительных установок и ЭТУ;

– **«не зачтено»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.