

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Красноярский государственный аграрный университет»

Институт Инженерных систем и энергетики  
Кафедра Электроснабжение сельского  
хозяйства

СОГЛАСОВАНО:  
Директор института  
Кузьмин Н.В.  
«28» марта 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор  
Пыжикова Н.И.  
«28» марта 2025 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электрические машины

ФГОС ВО

по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия  
(код, наименование)

Направленность (профиль) Электрооборудование и электротехнологии в АПК

Курс 3

Семестр (ы) 5, 6

Форма обучения заочная

Квалификация выпускника бакалавр



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
УСИЛЕННОЙ КВАЛИФИЦИРОВАННОЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
ВЫДАННОЙ ФГБОУ ВО КРАСНОЯРСКИЙ ГАУ  
ВЛАДЕЛЕЦ: РЕКТОР ПЫЖИКОВА Н.И.  
ДЕЙСТВИЕ: 15.05.2025 - 08.08.2026

Красноярск, 2025

Составитель: Зубова Р.А., к.т.н.; 23.01.2025 г.

Программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия от 23.08.2017 г. № 813 и профессионального стандарта Специалист в области механизации сельского хозяйства от 02.09.2022 г. №555н

Программа обсуждена на заседании кафедры Электроснабжение сельского хозяйства, протокол от 07.03.2025 г. № 7

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент А.В. Бастрон, 07.03.2025 г.

## **Лист согласования рабочей программы**

Программа принята методической комиссией института Инженерные системы и энергетика, протокол от 27.03.2025 г. № 7

Председатель МКИ ИСиЭ, к.т.н., доцент Носкова О.Е., 27.03.2025 г.

Заведующий выпускающей кафедрой по направлению подготовки 35.03.06  
Агроинженерия, д.т.н., доцент М.П. Баранова 27.03.2025 г.

|   |           |
|---|-----------|
| <b><u>Оглавление</u></b>  |           |
| <b><u>Аннотация</u></b>   | <b>5</b>  |
| <b><u>1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</u></b>   | <b>6</b>  |
| <b><u>2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</u></b> |           |
| <b><u>6</u></b>   |           |
| <b><u>3. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>  | <b>8</b>  |
| <b><u>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>  | <b>9</b>  |
| <b><u>    ТРУДОЁМКОСТЬ МОДУЛЕЙ И МОДУЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>  | <b>9</b>  |
| <b><u>    СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>   | <b>9</b>  |
| <b><u>ЛЕКЦИОННЫЕ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ</u></b>  | <b>11</b> |
| <b><u>ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ</u></b>   | <b>15</b> |
| <b><u>    САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ САМОПОДГОТОВКИ К ТЕКУЩЕМУ КОНТРОЛЮ ЗНАНИЙ</u></b>   |           |
| <b><u>17</u></b>  |           |
| <b><u>    Перечень вопросов для самостоятельного изучения и видов самоподготовки к текущему контролю знаний</u></b>   |           |
| <b><u>17</u></b>  |           |
| <b><u>    Курсовые проекты (работы)/ контрольные работы/ расчетно-графические работы/ учебно-исследовательские работы</u></b>   |           |
| <b><u>17</u></b>  |           |
| <b><u>5. ВЗАИМОСВЯЗЬ ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ</u></b>  | <b>18</b> |
| <b><u>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>  | <b>18</b> |
| <b><u>ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО_ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»</u></b>  |           |
| <b><u>20</u></b>  |           |
| <b><u>    ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</u></b>   | <b>20</b> |
| <b><u>    КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛИТЕРАТУРОЙ</u></b>  | <b>21</b> |
| <b><u>7. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И ЗАЯВЛЕННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ</u></b>   | <b>23</b> |
| <b><u>8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>   | <b>24</b> |
| <b><u>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</u></b>  | <b>25</b> |
| <b><u>    МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ</u></b>   | <b>25</b> |
| <b><u>        МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ</u></b>  | <b>25</b> |
| <b><u>    ПРОТОКОЛ ИЗМЕНЕНИЙ РПД</u></b>  | <b>27</b> |

## **Аннотация**

Дисциплина «Электрические машины» относится к обязательной части Блока 1 Дисциплины модули (Б1.О.29) подготовки студентов по направлению 35.03.06 «Агроинженерия».

Дисциплина реализуется в институте инженерных систем и энергетики кафедрой «Электроснабжение сельского хозяйства».

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональных компетенций:

ОПК-4. Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности,

и профессиональной компетенции выпускника:

Дисциплина "Электрические машины" имеет целью получение студентами знаний по теоретическим основам электромеханического преобразования энергии, основным видам, эксплуатационным характеристикам и применению электрических машин в промышленных, сельскохозяйственных и электроэнергетических установках для применения в практической инженерной деятельности и при изучении студентами специальных дисциплин: "Электропривод", "Электроснабжение", "Эксплуатация электрооборудования".

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студента, консультации, расчетно-графические работы.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме защиты отчетов по лабораторным работам, выполнения расчетно-графических работ и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (30 час.), лабораторные (62 час.) занятия и самостоятельная работа студента (52 час.).

## **1. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Электрические машины» включена ОПОП в основную часть блока 1 Дисциплины (модули) – Б1.О.29. В соответствии с учебным планом дисциплина изучается в 5-м и 6-м семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические машины» являются «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Технология конструкционных материалов и материаловедение», «Метрология и электрические измерения».

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: "Электропривод", "Электроснабжение", "Эксплуатация электрооборудования".

Контроль знаний студентов проводится в форме текущей и промежуточной аттестации.

## **2. Цели и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Дисциплина "Электрические машины" имеет целью получение студентами знаний по теоретическим основам электромеханического преобразования энергии, основным видам, эксплуатационным характеристикам и применению электрических машин в промышленных, сельскохозяйственных и электроэнергетических установках для применения в практической инженерной деятельности

Задачи дисциплины:

- дать общее представление о видах, назначении, устройстве, принципе действия электрических машин; основных стандартах, терминологии, условных буквенных и графических обозначениях электрических машин и их элементов;

- научить студентов анализу пусковых, рабочих, регулировочных характеристики электрических машин;

- научить студентов применять методы типовых испытаний и выполнять простейшие расчеты параметров и характеристик электрических машин;

- обучить студента выбирать электрические машины для конкретных целей

В результате изучения дисциплины студент должен:

Таблица 1

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

| Код и содержание компетенции  | Индекс компетенции  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   |
|---|---|---|
| ОПК-4 Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности. | ИД-1опк-4<br>Обосновывает и реализует современные технологии в соответствии с направленностью профессиональной деятельности | <p><b>Знать:</b> современный уровень и направление развития электрических машин, основные законы физических процессов электромеханического преобразования энергии, методы простейших расчетов параметров и характеристик электрических машин, условия нормальной эксплуатации и последствия нарушения этих условий</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять простейшие расчеты параметров и характеристик электрических машин для выбора измерительных приборов, пусковой и регулировочной аппаратуры</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками выбора электрических машин для конкретных целей</p> |

**3. Организационно-методические данные дисциплины**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часа), их распределение по видам работ и по семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

**Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам**

| Вид учебной работы  | Трудоемкость |            |              |           |
|---|--------------|------------|--------------|-----------|
|   | зач.<br>ед.  | час.       | по семестрам |           |
|   |              |            | № 5          | № 6       |
| <b>Общая трудоемкость</b> дисциплины по учебному плану        | 5            | 180        | 91           | 89        |
| <b>Контактная работа</b>                                      | <b>0,67</b>  | <b>24</b>  | <b>8</b>     | <b>16</b> |
| в том числе:  |              |            |              |           |
| Лекции (Л) / в том числе в интерактивной форме                |              | 10         | 2            | 8         |
| Практические занятия (ПЗ) / в том числе в интерактивной форме |              |            |              |           |
| Семинары (С) / в том числе в интерактивной форме              |              |            |              |           |
| Лабораторные работы (ЛР) / в том числе в интерактивной форме  |              | 14         | 6            | 8         |
| <b>Самостоятельная работа (СРС)</b>                           | <b>3,97</b>  | <b>143</b> | <b>79</b>    | <b>64</b> |
| в том числе:  |              |            |              |           |
| самостоятельное изучение тем и разделов                       |              |            |              |           |
| контрольные работы  | 0,55         | 20         | 10           | 10        |
| реферат   |              |            |              |           |
| самоподготовка к текущему контролю знаний                     | 2,58         | 93         | 59           | 34        |
| подготовка к зачету   |              |            |              |           |
| консультации  | 0,83         | 30         | 10           | 20        |
| др. виды  |              |            |              |           |
| <b>Подготовка и сдача экзамена</b>                            | <b>0,36</b>  | <b>13</b>  | <b>4</b>     | <b>9</b>  |

| Вид учебной работы | Трудоемкость |      |              |         |
|--------------------|--------------|------|--------------|---------|
|                    | зач.<br>ед.  | час. | по семестрам |         |
|                    |              |      | № 5          | № 6     |
| Вид контроля:      |              |      | зачет        | экзамен |

#### 4. Структура и содержание дисциплины

#### Трудоёмкость модулей и модульных единиц дисциплины

Таблица 3

#### Трудоемкость модулей и модульных единиц дисциплины

| Наименование<br>модулей и модульных<br>единиц дисциплины  | Всего часов<br>на модуль | Аудиторная<br>работа |           | Внеаудиторна<br>я работа<br>(СРС) |
|---|--------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|
|   |                          | Л                    | ЛПЗ       |                                   |
| <b>Модуль 1</b>   | <b>87</b>                | <b>2</b>             | <b>6</b>  | <b>79</b>                         |
| <i>Модульная единица 1</i><br>Общие вопросы теории<br>электромеханического<br>преобразования энергии;<br>конструктивные исполнения<br>электрических машин;<br>эксплуатационные<br>требования к ним. | 6                        |                      |           | 6                                 |
| <i>Модульная единица 2</i><br>Трансформаторы: параметры и<br>режимы работы, основные<br>характеристики.   | 81                       | 2                    | 6         | 73                                |
| <b>Модуль 2</b>   | <b>80</b>                | <b>8</b>             | <b>8</b>  | <b>64</b>                         |
| <i>Модульная единица 3.</i><br>Асинхронные машины:<br>параметры и режимы работы,<br>основные характеристики.  | 52                       | 6                    | 8         | 38                                |
| <i>Модульная единица 4.</i><br>Синхронные машины:<br>параметры и режимы работы,<br>основные характеристики.   | 16                       | 2                    |           | 14                                |
| <i>Модульная единица 5.</i><br>Машины постоянного тока:<br>параметры и режимы работы,<br>основные характеристики.   | 12                       |                      |           | 12                                |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>167</b>               | <b>10</b>            | <b>14</b> | <b>143</b>                        |

#### Содержание модулей дисциплины

##### Модуль 1.

##### Модульная единица 1

Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии; конструктивные исполнения электрических машин; эксплуатационные требования к ним.

Содержание курса. Классификация электрических машин. История развития электромашиностроения. Применение электрических машин в энергетике и электрификации сельского хозяйства

## **Модульная единица 2**

Трансформаторы: параметры и режимы работы, основные характеристики.

Назначение, устройство, принцип действия трансформаторов. Коэффициент трансформации. Намагничающий ток. Магнитное поле и ЭДС обмоток трансформатора. Уравнения трансформатора. Приведение обмоток. Векторная диаграмма и схема замещения. Трехфазные трансформаторы: магнитопроводы, схемы и группы соединения обмоток. Режимы холостого хода, короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения по опытам холостого хода и короткого замыкания. Ток холостого хода, напряжение короткого замыкания. Режим нагрузки трансформатора. Изменение вторичного напряжения при нагрузке, внешняя характеристика. Регулирование напряжения. Потери и КПД. Зависимость КПД от загрузки

## **Модульная единица 3**

Асинхронные машины: параметры и режимы работы, основные характеристики.

Асинхронные машины: конструкция, принцип действия; двигательный, генераторный, тормозной режимы. Взаимодействие МДС обмоток статора и ротора вращающейся асинхронной машины. Уравнение МДС. Магнитное поле и ЭДС обмоток статора и ротора. Уравнения напряжений. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к рабочему процессу машины с неподвижным ротором. Приведение обмоток. Т- и Г-образные схемы замещения асинхронной машины. Параметры схем замещения, их физический смысл. Векторная диаграмма асинхронного двигателя. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Электромагнитный момент асинхронной машины. Зависимость момента от скольжения. Формула Клосса.

## **Модуль 2**

## **Модульная единица 4**

Синхронные машины: параметры и режимы работы; основные характеристики. Специальные электрические машины.

Устройство явно- и неявнополюсных синхронных машин, назначение синхронных машин. Холостой ход синхронного генератора. Характеристика холостого хода. Реакция якоря. Метод двух реакций. Параметры (сопротивления) обмотки якоря синхронного генератора. Система относительных единиц. Уравнения и векторные диаграммы синхронных генераторов. Характеристики синхронных генераторов: холостого хода, короткого замыкания, внешние, регулировочные, нагрузочные. Параллельная работа синхронных машин с сетью. Точная и грубая синхронизация

(самосинхронизация). Регулирование активной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью. Электромагнитные мощность и момент синхронной машины. Угловая характеристика активной мощности. Понятие о статической устойчивости синхронного генератора.

### **Модульная единица 5**

Машины постоянного тока: режимы работы, основные характеристики генераторов и двигателей постоянного тока.

Машины постоянного тока: назначение, устройство принцип действия. Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и при нагрузке. Продольная и поперечная реакция якоря. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент машины постоянного тока. Схемы возбуждения машин постоянного тока. Энергетическая диаграмма генератора постоянного тока. Уравнение напряжения. Характеристики генераторов постоянного тока с независимым возбуждением. Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока. Энергетическая диаграмма двигателя постоянного тока. Уравнения напряжения, моментов, скоростной и механической характеристик двигателей постоянного тока. Пуск в ход двигателей постоянного тока. Скоростные, моментные и механические характеристики двигателей постоянного тока параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Рабочие характеристики. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Механические характеристики при различных способах регулирования частоты вращения.

## **Лекционные/лабораторные/практические/семинарские занятия**

Таблица 4  
Содержание лекционного курса

| №<br>п/п | № модуля и модульной<br>единицы дисциплины   | № и тема лекции         | Вид <sup>1</sup><br>контрольного<br>мероприятия | Кол-во<br>часов |
|----------|--|-------------------------|---|-----------------|
| 1.       | <b>Модуль 1.</b> Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии; конструктивные исполнения электрических машин; эксплуатационные требования к ним. Трансформаторы. Асинхронные машины. |                         | зачет   | 2               |
|          | <i>Модульная единица 1.</i><br>Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии; конструктивные исполнения электрических машин; эксплуатационные требования к ним.                       |                         |   |                 |
|          | <i>Модульная единица 2.</i>  | Лекция № 1. Назначение, | зачет   | 2               |

<sup>1</sup> Вид мероприятия: тестирование, коллоквиум, зачет, экзамен, другое

| № п/п | № модуля и модульной единицы дисциплины  | № и тема лекции  | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|--|--|------------------------------|--------------|
|       | Трансформаторы: параметры и режимы работы, основные характеристики.  | устройство, принцип действия трансформаторов.<br>Коэффициент трансформации.<br>Намагничивающий ток   |                              |              |
| 2.    | <b>Модуль 2 Асинхронные машины. Синхронные машины. Машины постоянного тока.</b>                            |  | экзамен                      | <b>8</b>     |
|       | <i>Модульная единица 3.</i><br>Асинхронные машины: параметры и режимы работы, основные характеристики.     | Лекция № 2 Асинхронные машины: конструкция, принцип действия; двигательный, генераторный, тормозной режимы.  | экзамен                      | 2            |
|       |  | Лекция № 3 Взаимодействие МДС обмоток статора и ротора вращающейся асинхронной машины. Уравнение МДС. Магнитное поле и ЭДС обмоток статора и ротора. Уравнения напряжений. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к рабочему процессу машины с неподвижным ротором. Приведение обмоток. | экзамен                      | 2            |
|       |  | Лекция № 4 Т- и Г-образные схемы замещения асинхронной машины. Параметры схем замещения, их физический смысл. Векторная диаграмма асинхронного двигателя   | экзамен                      | 2            |
|       | <i>Модульная единица 4.</i><br>Синхронные машины: параметры и режимы работы, основные характеристики.      | Лекция № 5 Устройство явно- и неявнополюсных синхронных машин, назначение синхронных машин.  | экзамен                      | 2            |
|       | <i>Модульная единица 5.</i><br>Машины постоянного тока: параметры и режимы работы, основные характеристики |  |                              |              |

# Лабораторные/практические/семинарские занятия

Таблица 5

## Содержание занятий и контрольных мероприятий

| № п/п | № модуля и модульной единицы дисциплины  | № и название лабораторных/ практических занятий с указанием контрольных мероприятий  | Вид <sup>2</sup> контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|--|--|---|--------------|
| 1.    | <b>Модуль 1.</b> Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии; конструктивные исполнения электрических машин; эксплуатационные требования к ним. Трансформаторы. Асинхронные машины. |  | зачет                                     | 6            |
|       | <i>Модульная единица 1.</i><br>Общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии; конструктивные исполнения электрических машин; эксплуатационные требования к ним.                       |  |   |              |
|       | <i>Модульная единица 2.</i><br>Трансформаторы: параметры и режимы работы, основные характеристики.<br>Трансформаторы: параметры и режимы работы, основные характеристики.                                | Лабораторная работа №1. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ. Методика проведения испытаний, требования к отчетам. Обработка результатов испытаний.            | Защита отчета                             | 2            |
|       |  | Лабораторная работа №2. Испытание однофазного трансформатора в режимах холостого хода и короткого замыкания  |   | 4            |
| 2.    | <b>Модуль 2</b> Синхронные машины. Машины постоянного тока.  |  | экзамен                                   | 8            |
|       | <i>Модульная единица 3.</i><br>Асинхронные машины: параметры и режимы работы, основные характеристики.   | Лабораторная работа № 3<br>Принцип выполнения обмоток машин переменного тока.<br>Звезда катушечных ЭДС.<br>Петлевые и волновые обмотки. Распределение и укорочение шага обмоток. |   | 2            |
|       |  | Лабораторная работа № 4<br>Однофазный асинхронный двигатель.   |   | 6            |
|       | <i>Модульная единица 4.</i><br>Синхронные машины: параметры и режимы работы, основные характеристики.  |  |   |              |

<sup>2</sup> Вид мероприятия: защита, тестирование, коллоквиум, другое

| № п/п | № модуля и модульной единицы дисциплины   | № и название лабораторных/ практических занятий с указанием контрольных мероприятий | Вид <sup>2</sup> контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|---|---|---|--------------|
|       | <b>Модульная единица 5.</b><br>Машины постоянного тока: параметры и режимы работы, основные характеристики. |   |   |              |

### **Самостоятельное изучение разделов дисциплины и виды самоподготовки к текущему контролю знаний**

#### **Перечень вопросов для самостоятельного изучения и видов самоподготовки к текущему контролю знаний**

Таблица 6

#### **Перечень вопросов для самостоятельного изучения и видов самоподготовки к текущему контролю знаний**

#### **Перечень вопросов для самостоятельного изучения**

| №п/п            | № модуля и модульной единицы | Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения   | Кол-во часов |
|-----------------|------------------------------|---|--------------|
| <b>Модуль 1</b> |                              |   | <b>79</b>    |
| 1               | <b>Модульная единица 1.</b>  | Физические законы, на которых основана теория электрических машин   | 6            |
|                 | <b>Модульная единица 2.</b>  | Современные электротехнические стали, конструкция магнитных систем трансформаторов  | 4            |
|                 |                              | Определение коэффициента трансформации токов, напряжений, схем соединения обмоток трансформаторов   | 4            |
|                 |                              | Физические явления при намагничивании трансформаторов. Высшие гармонические в кривых намагничивающего тока, магнитного потока, ЭДС обмоток  | 5            |
|                 |                              | Магнитное поле и ЭДС обмоток трансформатора. Уравнения трансформатора. Приведение обмоток. Векторная диаграмма и схема замещения  | 6            |
|                 |                              | Трехфазные трансформаторы: магнитопроводы, схемы и группы соединения обмоток  | 6            |
|                 |                              | Режимы холостого хода, короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения по опытам холостого хода и короткого замыкания. Ток холостого хода, напряжение короткого замыкания | 8            |
|                 |                              | Режим нагрузки трансформатора. Изменение вторичного напряжения при нагрузке, внешняя характеристика. Регулирование напряжения. Потери и КПД. Зависимость КПД от загрузки              | 8            |

| №п/п            | № модуля и модульной единицы | Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения   | Кол-во часов |
|-----------------|------------------------------|---|--------------|
|                 |                              | Параллельная работа трансформаторов: условия включения, последствия нарушения условий параллельной работы, распределение нагрузок   | 8            |
|                 |                              | Несимметричные режимы трехфазных трансформаторов. Двухфазная нагрузка при соединении обмоток по схеме Y/Y. Однофазная нагрузка при соединении обмоток по схемам Y/Y <sub>N</sub> ; Δ/Y <sub>N</sub> , различия в работе групповых, стержневых и бронестержневых трансформаторов. Схема открытого треугольника | 8            |
|                 |                              | Перенапряжения в трансформаторах. Начальное распределение напряжения. Защита от перенапряжений.   | 8            |
|                 |                              | Отечественные трансформаторы общего назначения. Спецтрансформаторы: сварочные, выпрямительных установок, измерительные.   | 8            |
| <b>Модуль 2</b> |                              |   | <b>64</b>    |
|                 | <b>Модульная единица 3.</b>  | Современные серии асинхронных двигателей: 4А; 4АМ; АИ; 5А; 6А; РА. Особенности конструкции, технические характеристики.   | 2            |
|                 |                              | Определение скольжения, частоты вращения, номинальных тока, момента на валу, потребляемой и полезной мощностей.   | 2            |
|                 |                              | Расчетно-графическая работа "Асинхронные машины"  | 10           |
|                 |                              | Механическая характеристика асинхронного двигателя. Статическая устойчивость и перегрузочная способность асинхронных двигателей. Рабочие характеристики.  | 2            |
|                 |                              | Расчет механических характеристик асинхронных двигателей по формуле Клосса.   | 4            |
|                 |                              | Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей: изменением напряжения и частоты питающей сети, изменением числа пар полюсов, введением в обмотку ротора добавочных сопротивлений (для машин с фазным ротором).   | 4            |
|                 |                              | Работа асинхронных двигателей при отклонении нагрузки на валу, напряжения и частоты питающей сети от номинальных; при несимметрии питающего напряжения и при несимметрии ротора машины  | 4            |
|                 |                              | Особые режимы работы асинхронных машин и специальные асинхронные машины: фазорегуляторы, индукционные регуляторы; сельсины; асинхронные преобразователи частоты; однофазные, исполнительные двигатели; тахогенераторы.  | 2            |
|                 |                              | Определение пусковых токов и моментов асинхронных двигателей при различных  | 4            |

| №п/п         | № модуля и модульной единицы | Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения   | Кол-во часов |
|--------------|------------------------------|---|--------------|
|              |                              | способах пуска.<br>Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Электромагнитный момент асинхронной машины. Зависимость момента от скольжения. Формула Клосса.                  |              |
|              | <i>Модульная единица 4.</i>  | Холостой ход синхронного генератора. Характеристика холостого хода. Реакция якоря. Метод ДВУХ реакций.  | 4            |
|              |                              | Параметры (сопротивления) обмотки якоря синхронного генератора. Система относительных единиц.   | 2            |
|              |                              | Уравнения и векторные диаграммы синхронных генераторов.   | 2            |
|              |                              | Характеристики синхронных генераторов: холостого хода, короткого замыкания, внешние, регулировочные, нагрузочные.   | 2            |
|              |                              | Параллельная работа синхронных машин с сетью. Точная и грубая синхронизация (самосинхронизация)   | 4            |
|              | <i>Модульная единица 5.</i>  | Машины постоянного тока: назначение, устройство принцип действия.   | 4            |
|              |                              | Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и при нагрузке. Продольная и поперечная реакция якоря. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент машины постоянного тока. | 6            |
|              |                              | Схемы возбуждения машин постоянного тока.   | 2            |
| <b>ВСЕГО</b> |                              |   | <b>143</b>   |

### Курсовые проекты (работы)/ контрольные работы/ расчетно-графические работы/ учебно-исследовательские работы

Таблица 7

| № п/п | Темы расчетно-графических работ                    | Рекомендуемая литература (номер источника в соответствии с прилагаемым списком) |
|-------|--|---|
| 2     | Расчетно-графическая работа " Асинхронные машины " | 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10.   |

### 5 Взаимосвязь видов учебных занятий

Взаимосвязь учебного материала лекций, практических/лабораторных/семинарских работ/занятий с тестовыми/экзаменационными вопросами и формируемыми компетенциями

представлены в таблице 8.

Таблица 8

**Взаимосвязь компетенций с учебным материалом и контролем знаний**

| Компетенции | Лекции | ПЗ | ЛЗ   | СРС        | Другие виды | Вид контроля   |
|-------------|--------|----|------|------------|-------------|----------------|
| ОПК-4       | 1-223  |    | 1-17 | Модуль 1-2 |             | Экзамен, зачет |

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**Основная литература**

1. Зубова, Р. А. «Электрические машины» [электронный ресурс]/Р.А. Зубова, Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2018 - 607 с.  
<https://e.kgau.ru/course/view.php?id=3104>.
2. Силин, Л. Ф. Электрические машины: трансформаторы: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 660300 «Агроинженерия» [Текст] /Л. Ф. Силин; М-во сел. Хоз-ва Рос. Федерации, Краснояр. Гос. аграр. ун-т. – Красноярск: КрасГАУ, 2012 – 121 с.
3. Силин, Л. Ф Электрические машины. Синхронные машины [Текст] учебное пособие по специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» всех форм обучения [Текст]/Л. Ф. Силин, Красноярск, КрасГАУ, 2007 – 193 с.
4. Епифанов, А.П. Электрические машины [электронный ресурс]/А.П. Епифанов, Г.А. Епифанов. – Санкт.-Петербург: Лань, 2017 - 300 с.  
<https://e.lanbook.com/book/95139>
5. Ванурин, В.Н. Электрические машины [электронный ресурс]/В.Н. Ванурин - Санкт-Петербург: Лань, 2016. - 304 с.  
<https://e.lanbook.com/book/72974>
6. Зубова Р. А. Испытание электрических машин: Методические указания к выполнению лабораторных работ / Краснояр. гос. аграр. ун-т.– Красноярск, 2016. – 89 с.
7. Зубова Р. А., Силин Л. Ф. Электрические машины: метод. Указания для самостоятельной работы, 4-е изд., испр. и доп. / Р. А. Зубова., Л. Ф. Силин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2011 – 64 с.
8. Копылов, И.П. Электрические машины. В 2 т. Том 1: учебник для академического бакалавриата [электронный ресурс] / И.П. Копылов. 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИздательствоЮрайт., 2019 – 267 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/elektricheskie-mashiny-v-2-t-tom-1-434425>
9. Копылов, И.П. Электрические машины. В 2 т. Том 2: учебник для академического бакалавриата [электронный ресурс] / И.П. Копылов. 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИздательствоЮрайт., 2019 – 267 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/elektricheskie-mashiny-v-2-t-tom-2-434426>
10. Игнатович В. М. Электрические машины и трансформаторы: учеб. пособие для академического бакалавриата/ В.М. Игнатович, Ш.С. Роиз – 6-е изд., испр. и доп. – М.: ИздательствоЮрайт, 2019 – 181 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/elektricheskie-mashiny-i-transformatory-433833>

## Карта обеспеченности литературой (таблица 9)

Таблица 9

## КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЛИТЕРАТУРОЙ

Кафедра электроснабжения сельского хозяйства Направление подготовки 35.03.06 «Агрономия»

| Вид занятий | Наименование  | Авторы                    | Издательство         | Год издания | Вид издания |         | Место хранения | Необходимое кол-во экз. | Количество экз. в вузе  |
|-------------|---|---------------------------|----------------------|-------------|-------------|---------|----------------|-------------------------|---|
|             |   |                           |                      |             | Печ.        | Электр. |                |                         |   |
| Лекции, СРС | Электрические машины: трансформаторы: учебное пособие                                     | Силин Л. Ф.               | Красноярск: КрасГАУ, | 2012        | +           |         | Библ. Каф.     | 30                      | 80  |
| Лекции, СРС | Электрические машины 1 т.   | Копылов И. П.             | Издательство Юрайт   | 2019        | +           |         | +              | 30                      | <a href="https://www.biblio-online.ru/bcode/434425">https://www.biblio-online.ru/bcode/434425</a> |
| Лекции, СРС | Электрические машины 2 т  | Копылов И. П.             | Издательство Юрайт   | 2019        | +           | +       | +              | 30                      | <a href="https://www.biblio-online.ru/bcod/434426">https://www.biblio-online.ru/bcod/434426</a>   |
| Лекции, СРС | Электрические машины и трансформаторы: учеб. пособие для академического бакалавриата      | Игнатович В. М, Ронз Ш.С. | Издательство Юрайт   | 2019        | +           | +       | +              | 30                      | <a href="https://www.biblio-online.ru/bcod/433833">https://www.biblio-online.ru/bcod/433833</a>   |
| Лекции, СРС | Электрические машины: электромеханическое преобразование энергии: учеб. пособие для Вузов | Жулловян В.И.             | Издательство Юрайт   | 2019        | +           | +       | +              | 30                      | <a href="https://www.biblio-online.ru/bcod/437944">https://www.biblio-online.ru/bcod/437944</a>   |
| CPC         | Электрические машины  | Елифанов А. П.            | СПб.: Лань           | 2006        | +           |         | +              | 30                      | 150   |
| CPC         | Электрические машины  | Копылов И. П.             | М.: Высш. шк.        | 2002        | +           |         | +              | 30                      | 96  |
| Лекции, СРС | Электрические машины и аппараты   | Сукманов В. И.            | М.: Колос,           | 2001        | +           |         | +              | 30                      | 118   |

Директор Научной библиотеки Зорина Р.А.

## **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- 1 [https://e.kgau.ru/course/view.php?id=3104.](https://e.kgau.ru/course/view.php?id=3104)
- 2 [Научная электронная библиотека «eLibrary» http://elibrary.ru/.](http://elibrary.ru/)
- 3 <http://firstedu.ru/zhurnaly/rzh-21i-elektricheskie-mashiny-i-transformatory/>
- 4 <https://www.znack.com/журнал-электричество>
- 5 <http://electromeh.npi-tu.ru/>

## **Программное обеспечение**

1. Windows 7 Enterprise (бессрочная лицензия)
2. Офисный пакет Office 2007 Russian Open License Pack (Академическая лицензия №44937729 от 15.12.2008)
3. MS Open License Office Access 2007 (Лицензия академическая №45965845 31.10.2011)
4. Kaspersky Endpoint Security для бизнеса. Стандартный Russian Edition. 1000-1499 Node 2 year Educational License (лицензия 17E0-171204-043145-330-825 с 12.04.2017 до 12.12.2019)
5. Свободно распространяемое программное обеспечение: Moodle 3.5.6a (система дистанционного образования),
6. Notepad++, Офисный пакет LibreOffice 6.2.1.... .

## **7. Критерии оценки знаний, умений, навыков и заявленных компетенций**

Оценка знаний, умений, навыков и заявленных компетенций при изучении дисциплины «Электрические машины» проводится с использованием модульно-рейтинговой системы контроля знаний по следующей схеме:



| Учебная неделя | Лекции     | Баллы | Учебная неделя | Лаборатор. работы                       | Баллы            |
|----------------|------------|-------|----------------|---|------------------|
| 1              | Лекция № 1 |       | 10             | Лаб. раб. № 1<br>Лаб. раб. № 2<br>Зачет | 0-5<br>0-5<br>80 |

*Примечание*

1. Выполнение расчетной работы – 1 б.
2. Защита расчетной работы – 4 б.

*Минимальное количество баллов составляет:*

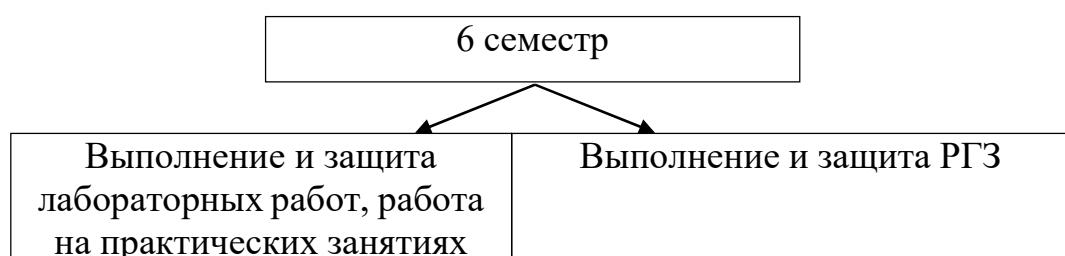
По первому дисциплинарному модулю – выполнение всех лабораторных работ и написание отчетов..

Зачет по дисциплине проводится в форме тестирования в системе moodle.

Критерии выставления зачета следующие:

60 б. – зачет.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ (100 БАЛЛОВ)



| Учебная неделя | Лекции      | Баллы | Учебная неделя | Лаборатор. работы | Баллы   |
|----------------|-------------|-------|----------------|-------------------|---------|
|                | Лекция № 11 | 0 – 3 |                | Лаб. раб. № 11    | 0 – 10  |
|                | Лекция № 12 | 0 – 3 |                | Лаб. раб. № 12    | 0 – 10  |
|                | Лекция № 13 | 0 – 2 |                |                   |         |
|                | Лекция № 14 | 0 – 2 |                | РГЗ № 1           | 0-20    |
|                |             |       |                |                   | Экзамен |
|                |             |       |                |                   | 50      |

*Примечание*

1. Выполнение расчетной работы – 5 б.
2. Защита расчетной работы – 10 б.

*Минимальное количество баллов составляет:*

По второму дисциплинарному модулю – выполнение всех лабораторных работ, выполнение и защита расчетно-графических работ.

Экзамен по дисциплине проводится в форме тестирования в системе moodle.

Критерии выставления экзамена следующие:

60 – 75 б. – удовлетворительно

76 – 89 б. – хорошо

90 – 100 – отлично

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1-31 Лаборатория электрических машин и электроснабжения: Проектор.

Универсальный лабораторный стенд «Испытание электрических машин», 3 шт. Лабораторный стенд «Режимы работы нейтралей в электроустановках».

Лабораторный стенд «Трансформаторы тока». Лабораторный стенд

«Исследование различных схем включения трансформаторов тока для релейной защиты». Лабораторный стенд «Изучение и испытание

электромагнитных и индукционных реле». Лабораторный стенд «Максимальные токовые защиты и токовые отсечки на постоянном оперативном токе». Лабораторный стенд «Регулирование напряжения в сельских электрических сетях конденсаторными установками». Лабораторный стенд "Электрические машины и электропривод"(ЭМиЭП-НК). Компьютер Core 2 Duo2\*2200/1Gb/400/256/DVD+RW/19"м-6 шт. Мультимед. проектор Panasonic PT-D3500E/пульт ДУ/Э. 1-26 Компьютерный класс; Компьютерный класс с выходом в интернет: Компьютер DEPO Neos i3 2120/4G/DVD+RW/монитSamsun - 20 шт., Передвижной проекционный столик РТ-5, Экран демонстрационный. 1-06 Читальный зал библиотеки Переносная мультимедийная установка, меловая доска, принтер. Парты, учебно-методическая литература, компьютерная техника с подключением к Интернет.

## **9. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

### **Методические указания по дисциплине для обучающихся**

При изучении дисциплины «Электрические машины» обучающимся необходимо изучать дисциплину последовательно в соответствии с нумерацией модулей, начиная с определений и общих понятий, представленных в первом модуле. Как в элементах контактной работы, так и в дистанционной форме, изучение модульных единиц требует установленной последовательности.

Работая в электронном курсе, на платформе LMS Moodle 1 <https://e.kgau.ru/course/view.php?id=3104> не следует неподготовленным приступать к тестированию.

Для экономии времени некоторые вопросы из перечня для самостоятельной работы можно разобрать на консультациях, проводимых в соответствии с расписанием преподавателя. Также на консультациях возможна досрочная защита отчетов по лабораторным работам.

### **Методические указания по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

В целях освоения учебной программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

1. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

размещение в доступных для обучающихся местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;

присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

2. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья послуху:

надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения института, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются водной из форм, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

| Категории студентов                        | Формы   |
|--|---|
| С нарушением слуха                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• в печатной форме;</li><li>• в форме электронного документа;</li></ul>   |
| С нарушением зрения                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• в печатной форме увеличенным шрифтом;</li><li>• в форме электронного документа;</li><li>• в форме аудиофайла;</li></ul> |
| С нарушением опорно-двигательного аппарата | <ul style="list-style-type: none"><li>• в печатной форме;</li><li>• в форме электронного документа;</li><li>• в форме аудиофайла.</li></ul>                     |

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем

и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу учебной дисциплины «Электрические машины», разработанную доцентом кафедры электроснабжения сельского хозяйства, к.т.н., Зубовой Р.А.

Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» для подготовки бакалавров по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» профиль подготовки «Электрооборудование и электротехнологии в агропромышленном комплексе» разработана в соответствии с ФГОС ВО №813 от 23.108.17.

Дисциплина реализуется в институте инженерных систем и энергетики кафедрой электроснабжения сельского хозяйства. Структура дисциплины состоит из пяти модулей: 1) общие вопросы теории электромеханического преобразования энергии; 2) трансформаторы, 3) асинхронные машины, 4) синхронные машины, 5) машины постоянного тока. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студентов. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль в виде защиты лабораторных работ, выполнения расчетно-графических заданий и промежуточного контроля в виде зачета и экзамена. Учебно-методическое и информационное обеспечение включает список основной и дополнительной литературы, программное обеспечение и интернет ресурсы.

В рабочей программе дано описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ОПОП (дисциплинами, модулями). Указаны компетенции а также требования к знаниям, умениям и на выкам, полученных в ходе изучения дисциплины. Приводится перечень заданий для самостоятельной работы студентов.

Рабочая программа, составленная Зубовой Р.А. соответствует требованиям ФГОС ВО, ОПОП ВО, учебного плана и может быть рекомендована к применению для обеспечения основной образовательной программы по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» по дисциплине «Электрические машины».

Рецензент

Тимофеев Геннадий Сергеевич

Начальник службы электрических режимов ЦУС, филиала ПАО «МРСК Сибири» - «Красноярскэнерго», к.т.н.

