

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Председатель Совета  
 факультета энергетика и си-  
 стем управления  
 А.В. Бурковский \_\_\_\_\_  
 (подпись)  
 \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Моделирование и исследование электроприводов**

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

**Закреплена за кафедрой:** Электропривода, автоматика и управления в технических системах

**Направление подготовки (специальности):**

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
 (код, наименование)

**Направленность:** Электропривод и автоматика  
 (название профиля по УП)

**Часов по УП:** 288; **Часов по РПД:** 288;

**Часов перекредитовано по УП:** 72

**Часов по РПД:** 216

**Часов по УП (без учета часов на экзамены):** 203; **Часов по РПД:** 203;

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП:** - 0

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД:** - 0

**Часов на самостоятельную работу по УП:** 167 (83%);

**Часов на самостоятельную работу по РПД:** 167(83%);

**Общая трудоемкость в ЗЕТ:** 8;

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамен –8; Зачет с оценкой – 7; Курсовой проект – 8; Курсовые работы – 0; Контрольные работы – 7.

**Форма обучения:** заочная;

**Срок обучения:** 4 года ускоренный.

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Вид занятий  | 1 / 18 |     | 2 / 18 |     | 3 / 18 |     | 4 / 18 |     | 5 / 18 |     | 6 / 18 |     | 7 / 18 |     | 8 / 18 |     |     |     |
|--------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|-----|-----|
|              | УП     | РПД | УП     | РПД | УП     | РПД | УП     | РПД | УП     | РПД | УП     | РПД | УП     | РПД | УП     | РПД |     |     |
| Лекции       |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 4      | 4   | 8      | 8   | 12  | 12  |
| Лабораторные |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 8      | 8   | 8      | 8   | 16  | 16  |
| Практические |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 4      | 4   | 4      | 4   | 8   | 8   |
| Ауд. Занятия |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 16     | 16  | 20     | 20  | 36  | 36  |
| Сам. Работа  |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 75     | 75  | 92     | 92  | 167 | 167 |
| Контроль     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 4      | 4   | 9      | 9   | 13  | 13  |
| Итого        |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     |        |     | 95     | 95  | 121    | 121 | 216 | 216 |

**Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 №955.**

**Программу составил:** \_\_\_\_\_ к.т.н. Фурсов В.Б.  
(подпись, ученая степень, ФИО)

**Рецензент (ы):** \_\_\_\_\_ к.т.н. Писаревский Ю.В.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профили Электропривод и автоматика.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201 г.

Зав. кафедрой ЭАУТС \_\_\_\_\_ д.т.н., проф., Бурковский В.Л.

Председатель МКНП \_\_\_\_\_ Тикунов А.В.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|       |  |
|-------|--|
| 1.1   | Цель изучения дисциплины – формирование у студентов способности проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств, с целью получения математических моделей адекватно отражающих реальные процессы в электроприводе и других системах автоматического управления. |
| 1.2   | Для достижения цели ставятся задачи:   |
| 1.2.1 | изучение основных моделей электропривода и методов моделирования;  |
| 1.2.2 | освоение принципов построения моделей реальных устройств в области электропривода и систем управления;   |
| 1.2.3 | приобретение навыков реализации моделей средствами вычислительной техники и инструментальными средствами;  |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Цикл (раздел) ООП: Б1   | код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.10     |
| <b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>   |                                     |
| Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по высшей математике (ОПК2), физике (ОПК2), информатике (ОПК1), механике (ОПК2), теоретическим основам электротехники (ОПК3), теории автоматического управления (ПК1, ПК2), силовой электроники (ПК1, ПК2), электрических машин (ПК1, ПК2), теории электропривода (ОПК2, ПВК4) в пределах программы высшего профессионального образования в объеме бакалавриата |                                     |
| <b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>   |                                     |
| Б3  | Государственная итоговая аттестация |

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|   |  |
|---|--|
| ОПК-2   | способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач |
| <p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретические основы информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современные программные и технические средства компьютерной графики;</li> <li>методы сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;</li> </ul> |  |

|   |   |
|---|---|
| использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;<br><b>Владеет:</b><br>– практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики.  |   |
| ПВК 4   | - способность рассчитывать режимы работы и параметры оборудования электро-механических комплексов и электроэнергетических систем. |
| <b>Знает:</b><br>-основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин, физические явления в электрических аппаратах;<br><b>Умеет:</b><br>– применять информационные технологии и средства компьютерной графики при моделировании электроприводов;<br><b>Владеет:</b><br>- теоретическими и практическими навыками моделирования электроприводов; |   |

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

|            |  |
|------------|--|
| <b>3.1</b> | <b>Знать:</b>  |
| 3.1.1      | теоретические основы информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современные средства компьютерной графики;  |
| 3.1.2      | основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин, физические явления в электрических аппаратах;                  |
| 3.1.3      | методы сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем; |
| <b>3.2</b> | <b>Уметь:</b>  |
| 3.2.1      | применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;  |
| 3.2.2      | формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;  |
| 3.2.3      | использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;  |
| <b>3.3</b> | <b>Владеть:</b>  |
| 3.3.1      | практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;                         |
| 3.3.2      | теоретическими и практическими навыками моделирования;   |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № П./П | Наименование раздела дисциплины  | Се-<br>местр | Неделя<br>семестра | Вид учебной нагрузки и их<br>трудоемкость в часах |                         |                        |            |             |
|--------|--|--------------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|------------|-------------|
|        |  |              |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы | СРС        | Всего часов |
| 1      | Введение. Виды моделирования. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений. | 7            |                    | 1   | -                       | -                      | 20         | 21          |
| 2      | Математические модели элементов электропривода.  | 7            |                    | 3   | 4                       | 8                      | 55         | 70          |
| 3      | Моделирование систем управления электроприводом  | 8            |                    | 8   | 4                       | 8                      | 92         | 112         |
| Итого  |  |              |                    | <b>12</b>   | <b>8</b>                | <b>16</b>              | <b>167</b> | <b>203</b>  |

##### 4.1 Лекции

| Неделя<br>семестра | Тема и содержание лекции   | Объем<br>часов | В том числе, в<br>интерактив-<br>ной форме<br>(ИФ) |
|--------------------|--|----------------|--|
| <b>7 семестр</b>   |  | <b>4</b>       |  |
|                    | <p><b>Лекция 1</b> Введение. Моделирование математическое и физическое. Компьютерное моделирование и его особенности. Общая схема построения современных программ по моделированию. Состояние и перспективы моделирования электромеханических систем. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений.</p> <p>Самостоятельное изучение: Программа Simulink. Моделирование линейных систем автоматического управления. Блоки Simulink. Создание subsystem. Приложение SimPowerSystem. Назначение и возможности. Библиотека SimPowerSystem: электрические источники, элементы, машины, измерения, силовая электроника. Дополнительные библиотеки. Дискретизация системы. Назначение и практическое осуществление. Дискретные блоки. Эталонное время.</p> | 2              |  |

|                     |   |           |  |
|---------------------|---|-----------|--|
|                     | <p><b>Лекция 2</b> Математические модели элементов привода. Управляемые <i>источники</i> питания, их математическое описание и компьютерные модели. Управляемые тиристорные выпрямители. Широтно-импульсные преобразователи; автономные инверторы с различными законами управления. ШИМ инверторы; их характеристики; замкнутые и разомкнутые. Многоуровневые инверторы. ДПТ – двигатель постоянного тока, упрощенная и полная модели, линейная и нелинейная. Влияние нагрузки, двухмассовая нагрузка. Встроенная модель ДПТ. Пуск ДПТ с одномассовой и двухмассовой нагрузкой. Электрические двигатели. Моделирование работы двигателей.</p> <p>Самостоятельное изучение:<br/> СДПМ – синхронный двигатель с постоянными магнитами: запись уравнений для трехфазной модели. Оси dq. Преобразование осей координат. Уравнения СДПМ в осях dq. Встроенная модель СДПМ. Пуск СДПМ. Влияние нагрузки. БДПТ – бесконтактный двигатель постоянного тока. СДПМ как БДПТ. Принцип работы, механические характеристики. Отличие от ДПТ.</p> | 2         |  |
| <b>8 семестр</b>    |   | <b>8</b>  |  |
|                     | <p><b>Лекция 4</b> Моделирование систем управления. Регулирование в приводах. Основные показатели качества регулирования. Особенности нелинейных систем. Область допустимых значений регулирования. Регуляторы. Модели. Системы подчиненного управления. Двухконтурная система управления ДПТ с обратными связями по току и скорости. Настройка системы. Асинхронные электроприводы со скалярным управлением. Законы регулирования. Самостоятельное изучение: Векторная система управления СМПМ с обратными связями по току и скорости.</p> <p>Цифровые системы управления. Информация в цифровых системах. Квантование. Уравнения для цифровых систем регулирования. Моделирование цифровых систем - две задачи моделирования: Влияние квантованности на устойчивость и качество регулирования. Соответствие программы для микроконтроллера поставленной задаче регулирования. Методы решений.</p>   | 4         |  |
|                     | <p><b>Лекция 5</b> Моделирование векторной системы управления АД по полю с обратными связями по току и скорости.</p> <p>Самостоятельное изучение:<br/> Датчики в ЭП. Математические модели датчиков скорости и угла; постоянного и переменного тока. Области применения. Самостоятельное изучение: Фазоимпульсные системы управления. Особенности математических моделей. Сложности моделирования. Оптимизация и настройка систем регулирования. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.</p>  | 4         |  |
| <b>Итого часов:</b> |   | <b>12</b> |  |

#### 4.2 Практические занятия (дисплейный класс)

| Неделя семестра    | Тема и содержание практического занятия   | Объем часов | В том числе, в интерактивной форме (ИФ) | Виды контроля     |
|--------------------|---|-------------|---|-------------------|
| <b>7 семестр</b>   |   | <b>4</b>    |   |                   |
|                    | Моделирование линейных и нелинейных систем автоматического управления.              | 2           |   | работающая модель |
|                    | Моделирование двигателей постоянного тока с одно и двух-массовой нагрузкой.         | 2           |   | работающая модель |
| <b>8 семестр</b>   |   | <b>4</b>    |   |                   |
|                    | Векторная система управления синхронной машиной с постоянными магнитами             | 2           |   | работающая модель |
|                    | Моделирование цифровых систем: влияние квантования на работу системы регулирования. | 2           |   | работающая модель |
| <b>Итого часов</b> |   | <b>8</b>    | <b>0</b>                                |                   |

#### 4.3 Лабораторные работы (дисплейный класс)

| Неделя семестра    | Наименование лабораторной работы   | Объем часов | В том числе в интерактивной форме (ИФ) | Виды контроля |
|--------------------|--|-------------|--|---------------|
| <b>7 семестр</b>   |  | <b>8</b>    |  |               |
|                    | Моделирование двигателей постоянного тока. Создание подсистем.             | 4           |  | защита        |
|                    | Моделирование асинхронного двигателя.                                      | 4           |  | защита        |
| <b>8 семестр</b>   |  | <b>8</b>    |  |               |
|                    | Моделирование системы скалярного управления асинхронным двигателем.        | 4           |  | защита        |
|                    | Моделирование системы векторной системы управления асинхронным двигателем. | 2           |  | защита        |
|                    | Моделирование цифровых систем управления электроприводом.                  | 2           |  | защита        |
| <b>Итого часов</b> |  | <b>16</b>   |  |               |

#### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Конспект лекций, список литературы и темы для самостоятельного изучения приведены на сайте ВГТУ.

## **4.5 Методические рекомендации для студентов по изучению дисциплины ТОЭ**

Цель методических указаний – обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины (далее - РПД), с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимся на образовательном портале вуза, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

### **4.5.1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)**

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры.

Студентам необходимо:

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

### **4.5.2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Навыки решения задач студент получает на практических занятиях, а также путем самостоятельного решения задач, которые в том числе приведены в методических разработках, список которых приведен в РПД.

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

На практических занятиях после прочтения лекционного курса по соответствующей теме и решения задач по этой тематике проводится небольшая контрольная работа, результаты которой показывают степень освоения материала студентами по теме.

### **4.5.3. Рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям**

Подготовка к выполнению лабораторных работ оценивается по факту выполнения предварительных расчетов и изучения кратких теоретических сведений. Для допуска к выполнению лабораторной работы, необходимо представить преподавателю результаты предварительных расчетов, которые являются составной частью отчета, и если того требует задание на подготовку построить необходимые графики и диаграммы.

К выполнению лабораторных работ студенты допускаются только после проведения руководителем инструктажа по технике безопасности и пожарной безопасности с записью об этом в соответствующем журнале и личной росписью в нем каждого студента.

Все работы по сборке схем или их изменению должны проводиться только при отключенном напряжении. Напряжение на источники лабораторного стенда подается путем поворота пакетного переключателя по часовой стрелке на один оборот. При этом загораются



сигнальные лампы на передней панели стенда.

Все схемы в отчете чертят по государственному стандарту и всем правилам ЕСКД с помощью чертежных инструментов. Графики и диаграммы выполняются в масштабе на миллиметровой бумаге.

При защите лабораторных работ студент должен показать практические навыки выполнения лабораторных исследований и проведения расчетов, а так же теоретические знания, отвечая на вопросы преподавателя.

#### **4.5.4. Методические рекомендации по выполнению различных форм самостоятельных домашних заданий (контрольные работы)**

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины студентам предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

Контрольные работы выдаются после рассмотрения соответствующего материала на лекции, решения подобных задач на практике и выполнения лабораторных работ на аналогичную тему. Защита КР, в первую очередь, направлена на выяснение, выполнена ли работа самостоятельно или помощь была слишком значимой. В последнем случае работа может быть заменена на другую. При самостоятельном выполнении лабораторных работ и практических заданий выполнение контрольных работ не вызывает затруднений.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Студентам следует:

- руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным РПД;
- выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы;
- при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на плановой консультации.

#### **4.5.5. Методические рекомендации по работе с литературой**

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, курсовой работы, доклада и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы, как в библиотеке, так и дома.

К каждой теме учебной дисциплины подобрана основная и дополнительная литература.

Основная литература - это учебники и учебные пособия.

Дополнительная литература - это различные справочники, энциклопедии, интернет ресурсы.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

|     |  |
|-----|--|
|     | <b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>  |
| 5.1 | <b>Информационные лекции;</b>  |
| 5.2 | <b>Практические занятия:</b><br>а) решение задач по моделированию на основе теоретических знаний, получаемых на лекциях с использованием программного обеспечения; |
| 5.3 | <b>лабораторные работы:</b><br>– выполнение лабораторных работ на реальном оборудовании,   |

|     |   |
|-----|---|
|     | – защита выполненных работ с использованием программного обеспечения;   |
| 5.4 | <b>самостоятельная работа студентов:</b><br>– изучение теоретического материала,<br>– подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям,<br>– работа с учебно-методической литературой,<br>– подготовка к текущему контролю успеваемости;  |
| 5.5 | <b>консультации</b> по всем вопросам учебной программы.   |
| 5.6 | <b>Информационные технологии</b><br>– личный кабинет обучающегося;<br>– самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных;<br>– использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем. |

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Паспорт компетенций для текущего контроля для РПД

| Разделы дисциплины   | Объект контроля  | Форма контроля | Метод контроля                | Срок выполнения |
|--|--|----------------|-------------------------------|-----------------|
| 1  | 2  | 3              | 4                             | 5               |
| Виды моделирования. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений. | Знание предмета и методов численного решения дифференциальных уравнений, основные термины.   | Опрос          | Устный                        |                 |
| Математические модели элементов электропривода   | Моделирование элементов электропривода: управляемые выпрямители, широтно-импульсные преобразователи; автономные инверторы; ШИМ инверторы; электрические двигатели; датчики.  | Опрос          |                               |                 |
|  | Моделирование СДПМ   |                | Контрольная работа №1.        |                 |
| Моделирование систем управления электроприводом  | Моделирование систем управления: системы подчиненного управления; асинхронные электроприводы со скалярным управлением; векторная система управления СМПМ; векторная система управления АД; цифровые системы управления; оптимизации систем управления. | Опрос          | Устный<br><br>Курсовой проект |                 |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  | Моделирование системы скалярного управления АД |  |  |  |
|--|--|--|--|--|

Полная спецификация оценочных средств, процедур и контролируемых результатов в привязке к формируемым компетенциям, показателей и критериев оценивания приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| 7.1 Рекомендуемая литература                            |                                 |  |                           |                |
|---|---------------------------------|--|---------------------------|----------------|
| № п/п   | Авторы, составители             | Заглавие   | Годы издания. Вид издания | Обеспеченность |
| <b>7.1.1. Основная литература</b>                       |                                 |  |                           |                |
| 1   | Фурсов, В. Б.                   | Моделирование электропривода [Текст]: учеб. пособие / В.Б. Фурсов - Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2008. 105 с.  | 2008<br>печ.              | 1              |
| 2   | Фурсов, В. Б.                   | Моделирование электропривода: лабораторный практикум: учеб. пособие (2 Мб) / В.Б. Фурсов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 62 с | 2013<br>элек.             | 1              |
| <b>7.1.2. Дополнительная литература</b>                 |                                 |  |                           |                |
| 3   | Черных, И. В.                   | Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink [Текст]: монография / И. В. Черных – М.ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с. сайт MirKnig.com    | 2008<br>печ.              | 1              |
| 4   | Дьяконов, В.                    | Simulink 4. Специальный справочник [Текст]: монография / В. Дьяконов. - СПб: Питер, 2002. – 528 с. сайт MirKnig.com  | 2002<br>печ.              | 1              |
| 5   | Фурсов В.Б.                     | Моделирование в системе SimPowerSystem. Учебное пособие. Воронеж.: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2005. 116 с.  | 2005<br>элек.             | 1              |
| 6   | Фурсов В.Б.                     | Моделирование в системе SIMULINK. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2004. 56 с.   | 2004<br>элек.             | 1              |
| <b>7.1.3 Методические разработки</b>                    |                                 |  |                           |                |
| 7   | Фурсов В.Б.                     | Методические указания по выполнению лабораторных работ № 1-6 по дисциплине "Моделирование электропривода". Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2007. 29 с.                        | 2007<br>печ.              | 1              |
| <b>7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы</b> |                                 |  |                           |                |
| 1   | Математические пакеты Matlab 15 |  |                           |                |

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)



## Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

| № п/п                               | Авторы, составители | Заглавие  | Год издания.<br>Вид издания. | Обеспеченность |
|-------------------------------------|---------------------|---|------------------------------|----------------|
| <b>1. Основная литература</b>       |                     |   |                              |                |
| Л1.1                                |                     |   |                              |                |
| 1                                   | Фурсов В.Б.         | Моделирование электропривода [Текст]: учеб. пособие / В.Б. Фурсов - Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2008. 105 с.   | 2008, печ.                   | 1              |
| 2                                   | Фурсов В.Б.         | Моделирование электропривода: лабораторный практикум: учеб. пособие (2 Мб) / В.Б. Фурсов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 62 с. | 2013,элек.                   | 1              |
| <b>2. Дополнительная литература</b> |                     |   |                              |                |
| Л2.1                                |                     |   |                              |                |
| 3                                   | Фурсов В.Б.         | Моделирование в системе SimPowerSysem. Учебное пособие. Воронеж.: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2005. 116 с.  | 2005, элек.                  | 1              |
| 4                                   | Фурсов В.Б.         | Моделирование в системе SIMULINK. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2004. 56 с.  | 2004, элек.                  | 1              |
| <b>3. Методические разработки</b>   |                     |   |                              |                |
| Л3.1                                |                     |   |                              |                |
| 5                                   | Фурсов В.Б.         | Методические указания по выполнению лабораторных работ № 1-6 по дисциплине "Моделирование электропривода". Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т; 2007. 29 с.                         | 2008, печ.                   | 1              |

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Бурковский В.Л. /  
 Директор НТБ \_\_\_\_\_ / Буковшина Т.И. /

**Приложение 2**  
 Приложение к рабочей программе

дисциплины «**Моделирование и исследование электроприводов**»

**Фонд оценочных средств  
по дисциплине «Моделирование и исследование электроприводов»**

для направления подготовки (специальности)

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

(код, наименование )

Профили подготовки (специализация) **Электропривод и автоматика,**

(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения     заочная    

Срок обучения     ускоренный 4 года

Паспорт фонда оценочных средств для текущего контроля  
и промежуточной аттестации  
для направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
профиль «Электропривод и автоматика»  
Форма обучения – заочная. Срок обучения – 4 года ускоренная

| Раздел дисциплины   | Код формируемой компетенций  | Объект контроля | Форма и методика контроля   | Контрольные материалы  | Срок исполнения          |
|---|--|-----------------|---|--|--------------------------|
| 7 семестр   |  |                 |   |  |                          |
| 1. Введение. Виды моделирования. Программное обеспечение моделирования. Методы численного решения дифференциальных уравнений. | Знание предмета и методов численного решения дифференциальных уравнений, основные термины.                                 | ОПК-2<br>ПВК-4  | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;<br>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;<br>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;<br>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;<br>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;<br>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;<br>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;<br>теоретическими и практическими навыками моделирования; | Устный опрос во время практических занятий.                            | Вопросы к зачету 1- 6    |
| 2. Математические модели элементов электропривода   | Моделирование элементов электропривода: управляемые выпрямители, широтно-импульсные преобразователи; автономные инверторы; | ОПК-2<br>ПВК-4  | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;<br>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;<br>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;   | Устный опрос во время практических занятий. Защита лабораторных работ. | Вопросы к зачету 7 - 22. |

|                                  |  |                |  |   |                        |  |
|----------------------------------|--|----------------|--|---|------------------------|--|
|                                  | ШИМ инверторы; электрические двигатели; датчики. |                | -умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета; использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов; - владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики; теоретическими и практическими навыками моделирования;   |   |                        |  |
|                                  | Моделирование СДПМ                               | ОПК-2<br>ПВК-4 | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики; основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах; методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем; -умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области; формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета; использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов; - владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики; теоретическими и практическими навыками моделирования; | Контрольная работа во время практических занятий в течение 45 мин. без использования справочной литературы. Результат объявляется на следующем занятии. | Контрольная работа №1. |  |
| Промежуточная аттестация - зачет |  |                |  |   |                        |  |
| Разделы 1-2                      |  | ОПК-2<br>ПВК-4 | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики; основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;  | Устный опрос во время зачета  | Вопросы к зачету       |  |



|  |   |                |   |   |   |              |
|--|---|----------------|---|---|---|--------------|
|  |   |                | методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;<br>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;<br>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;<br>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;<br>- владение практическими навыками использования в своей профессиональных технологий и средств компьютерной графики;<br>теоретическими и практическими навыками моделирования;   |   |   |              |
| 8 семестр  |   |                |   |   |   |              |
| 3. Моделирование систем управления электроприводом | Моделирование систем управления: системы подчиненного управления; асинхронные электроприводы со скалярным управлением; векторная система управления СМПИМ; векторная система управления АД; цифровые системы управления; оптимизация систем управления. | ОПК-2<br>ПВК-4 | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;<br>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;<br>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;<br>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;<br>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;<br>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;<br>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;<br>теоретическими и практическими навыками моделирования; | Устный опрос во время практических занятий. Защита лабораторных работ.                                      | Вопросы к зачету 23 - 34.<br>Вопросы к защите лабораторных работ в методических указаниях 7.1.3.1 | 25-34 недели |
|  | Моделирование системы скалярного управления АД  | ОПК-2<br>ПВК-4 | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;<br>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;  | Контрольная работа во время практических занятий в течение 45 мин. без использования справочной литературы. | Контрольная работа №2.  | 33 неделя    |

|  |  |                |   |   |                  |  |
|--|--|----------------|---|---|------------------|--|
|  |  |                | методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;<br>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;<br>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;<br>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;<br>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;<br>теоретическими и практическими навыками моделирования;   | Результат объявляется на следующем занятии.<br>Защита курсового проекта |                  |  |
| Промежуточная аттестация – зачет с оценкой |  |                |   |   |                  |  |
| Раздел 3                                   |  | ОПК-2<br>ПВК-4 | -Знание теоретических основ информатизации в электроэнергетике и электротехнике и современных средств компьютерной графики;<br>основ теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин, физических явлений в электрических аппаратах;<br>методов сбора и обработки информации, проведения теоретических и экспериментальных исследований, касающихся электроэнергетических и электротехнических объектов и систем;<br>-умение применять информационные технологии и средства компьютерной графики в своей предметной области;<br>формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета;<br>использовать для сбора и обработки информации различные виды интерфейсов;<br>- владение практическими навыками использования в своей профессиональной деятельности современных информационных технологий и средств компьютерной графики;<br>теоретическими и практическими навыками моделирования; | Устный опрос во время зачета  | Вопросы к зачету |  |

### Критерии оценки контрольных заданий и защиты лабораторных работ:

«зачтено» - задание выполнено полностью, даже с подсказкой руководителя, и демонстрируется правильный подход к решению; «не зачтено» – в противном случае.

Методика проведения: проводится в аудитории для проведения лабораторных работ после выполнения работы по данной теме, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, время проведения опроса 45 минут, ответы даются с использованием справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

**Критерий оценки курсового проекта:**

Оценка «отлично» выставляется студенту, ответившему на три вопроса;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, ответившему полностью на два вопроса и неполный ответ на третий вопрос ;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, ответившему на два вопроса с поправками;

Оценка «неудовлетворительно», не ответившему вопросы.

Методика проведения: проводится в аудитории для проведения практических занятий после выполнения курсового проекта по вариантам, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, время проведения опроса 10-20 минут, ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

Задания и методические указания к выполнению курсового проекта приведены в ЛЗ.3.

## Вопросы к зачету с оценкой:

1. Моделирование физическое и математическое.
2. Можно ли компьютерное моделирование отнести к особому виду моделирования?
3. Программа Simulink. Назначение и возможности.
4. Работа в Simulink. Моделирование линейных систем автоматического управления. Построение переходных функций, логарифмических амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик, годографов и пр.
5. Блоки Simulink: непрерывные, разрывные, математические, направление сигналов, источники и приемники сигналов, функции пользователя.
6. Решатели Simulink; методы решений дифференциальных уравнений.
7. Типы данных, поддерживаемые Simulink.
8. Сигналы в Simulink.
9. Создание subsystem, маска subsystem, ввод параметров.
10. Приложение SimPowerSystem. Назначение и возможности. Силовая и сигнальная части. Взаимодействие между ними.
11. Библиотека SimPowerSystem: электрические источники, элементы, машины, измерения, силовая электроника. Дополнительные библиотеки.
12. Дискретизация системы. Назначение и практическое осуществление. Дискретные блоки. Эталонное время.
13. Управляемые *источники* питания, их математическое описание и компьютерные модели:
  - а) управляемые тиристорные выпрямители;
  - б) широтно-импульсные преобразователи;
  - в) автономные инверторы с различными законами управления;
  - г) ШИМ инверторы; их характеристики; замкнутые и разомкнутые.
  - д) микросхемы управления, моделирование логики их работы; драйверы.
14. *Датчики* положения, скорости, тока, магнитного потока, момента; их модели.
15. *Электромеханические преобразователи*: реле, магнитные пускатели, электромагниты.
16. *Регуляторы* и корректирующие звенья.
17. *Электрические двигатели*:

ДПТ – двигатель постоянного тока, упрощенная и полная модели, линейная и нелинейная. Влияние нагрузки, двухмассовая нагрузка. Встроенная модель ДПТ.

СДПМ – синхронный двигатель с постоянным магнитом: запись уравнений для трехфазной модели. Оси dq. Преобразование осей координат. Уравнения СДПМ в осях dq. Встроенная модель СДПМ.

Реактивный (индукторный) двигатель. Переход от СДПМ к реактивному двигателю, уравнения в осях dq. Вращающий момент. Встроенная модель.

БДПТ – бесконтактный двигатель постоянного тока. СДПМ как БДПТ. Принцип работы, механические характеристики. Отличие от ДПТ.

АД – асинхронный двигатель. Уравнения АД в координатах ABC. Переход к осям  $\alpha\beta$ . Уравнения АД в осях dq. Встроенная модель АД.

Шаговые двигатели. Устройство. Способы управления фазами шагового двигателя. Особенности и ограничения. Основные уравнения. Моделирование шагового двигателя.
18. Пуск ДПТ с одномассовой и двухмассовой нагрузкой. Наброс нагрузки.
19. Пуск СДПМ. Влияние нагрузки.
20. Работа БДПТ.
21. Определение параметров встроенной модели АД. Пуск АД. Наброс нагрузки.
22. Работа шагового двигателя при различных скоростных режимах.

## Вопросы к зачету

1. Регулирование в приводах. Основные показатели качества регулирования. Особенности нелинейных систем.
2. Область допустимых значений регулирования. Регуляторы.
3. Настройка систем. Блок оптимизации переходных процессов Simulink Response Optimization.
4. Системы подчиненного управления. Двухконтурная система управления ДПТ с обратными связями по току и скорости. Настройка системы.
5. Асинхронные электроприводы со скалярным управлением. Законы регулирования.
6. Векторная система управления СМППМ с обратными связями по току и скорости.
7. Векторная система управления АД по полю с обратными связями по току и скорости.
8. Цифровые системы управления. Информация в цифровых системах. Квантование. Уравнения для цифровых систем регулирования.
9. Моделирование цифровых систем. Методы решений.
10. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.
11. Оптимизации систем управления. Виды оптимизации. Методы поиска экстремума.
12. Приложение Simulink Response Optimization для оптимизации нелинейных систем управления.
13. Цифровые системы управления. Информация в цифровых системах. Квантование.
14. Уравнения для цифровых систем регулирования.
15. Моделирование цифровых систем. Методы решений.
16. Датчики в ЭП. Математические модели датчиков скорости и угла; постоянного и переменного тока. Области применения.
17. Оптимизация и настройка систем регулирования. Приложение SISO Design Tool и его применение к настройке динамики и статики линейных систем управления.
18. Приложение Simulink Optimization для оптимизации нелинейных систем управления.
19. Оптимизация системы подчиненного регулирования.