

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета Бурковский А.В.  
«31» августа 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Теория электропривода»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Профиль Электропривод и автоматика  
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

Крысанов В.Н. /Крысанов В.Н./

Заведующий кафедрой  
Электропривода,  
автоматики и управления в  
технических системах

Бурковский В.Л. /Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП

ФИО руководителя ОПОП /ФИО руководителя ОПОП/

Воронеж 2018

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

### **ДИСЦИПЛИНЫ 1.1. Цели дисциплины**

Формирование понятий у студентов и приобретения ими навыков работы с автоматизированными приводами, используемыми в различных общепромышленных установках и технологических комплексах; способность и готовность анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; готовность работать над проектами электроэнергетических и электротехнических систем и их компонентов; способность разрабатывать простые конструкции электроэнергетических и электротехнических объектов; способность использовать современные информационные технологии и навыки работы с технической документацией современных электроприводов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Изучение структурных схем электропривода; обобщенной электрической машины; изучение электромеханической связи; координатных и фазных преобразований переменных; математическое описание, статические и динамические характеристики двигателей постоянного и переменного токов как объектов управления; электромеханические переходные процессы; изучение потерь энергии в установившихся и переходных процессах; нагрузочных диаграмм; нагревание и охлаждение двигателей, номинальные режимы работы; методы проверки двигателей по нагреву; изучения влияние упругих механических связей на динамику электропривода; изучение способов регулирования координат электропривода; инженерные методы оценки точности и качества регулирования координат; регулирование момента (тока) электропривода; регулирование скорости; регулирование положения; надежности электропривода.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Теория электропривода» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Теория электропривода» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен разрабатывать проектные решения отдельных частей системы электропривода и всей системы электропривода

ПК-5 - Способен осуществлять предпроектное обследование технологического процесса, для которого разрабатывается автоматизированная система управления

ПК-6 - Способен осуществлять предпроектное обследование оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода

ПК-7 - Способен осуществлять эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>         |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3               | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной |

|      |                                                                                                                                                                                              |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий                                                                                      |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                         |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                      |
| ПК-5 | знать планы проведения активных и пассивных экспериментов на физических, математических и реальных объектах электроэнергетики                                                                |
|      | уметь рассчитать потери энергии в электроприводе в установившихся и переходных режимах; определять энергетические показатели электропривода, определять показатели надежности электропривода |
|      | владеть современными методами статистической обработки результатов экспериментальных исследований                                                                                            |
| ПК-6 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий     |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                         |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                      |
| ПК-7 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий     |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                         |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                      |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория электропривода» составляет 10 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий **очная форма обучения**

| Виды учебной работы                                             | Всего часов | Семестры |          |          |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|
|                                                                 |             | 6        | 7        | 8        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                               | 186         | 72       | 54       | 60       |
| В том числе:                                                    |             |          |          |          |
| Лекции                                                          | 78          | 36       | 18       | 24       |
| Практические занятия (ПЗ)                                       | 18          | -        | 18       | -        |
| Лабораторные работы (ЛР)                                        | 90          | 36       | 18       | 36       |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                   | 138         | 72       | 54       | 12       |
| <b>Курсовой проект</b>                                          | +           |          |          | +        |
| Часы на контроль                                                | 36          | -        | -        | 36       |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет, зачет с оценкой | +           | +        | +        | +        |
| Общая трудоемкость академические часы з.е.                      | 360<br>10   | 144<br>4 | 108<br>3 | 108<br>3 |

#### **заочная форма обучения**

| Виды учебной работы               | Всего часов | Семестры |    |    |
|-----------------------------------|-------------|----------|----|----|
|                                   |             | 8        | 9  | 10 |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b> | 56          | 26       | 18 | 12 |
| В том числе:                      |             |          |    |    |
| Лекции                            | 20          | 10       | 6  | 4  |
| Практические занятия (ПЗ)         | 12          | 8        | 4  | -  |
| Лабораторные работы (ЛР)          | 24          | 8        | 8  | 8  |
| <b>Самостоятельная работа</b>     | 287         | 186      | 50 | 51 |

|                                                                    |           |          |         |         |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|----------|---------|---------|
| <b>Курсовой проект</b>                                             | +         |          |         | +       |
| Часы на контроль                                                   | 17        | 4        | 4       | 9       |
| Виды промежуточной аттестации -<br>экзамен, зачет, зачет с оценкой | +         | +        | +       | +       |
| Общая трудоемкость<br>академические часы<br>з.е.                   | 360<br>10 | 216<br>6 | 72<br>2 | 72<br>2 |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                                               | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Лек ц | Прак зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Введение в дисциплину                                           | Структура и основные элементы электропривода. Цель, содержание, структура курса и связь с другими дисциплинами                                                                                                                                                                                                                                                                          | 14    | 2         | 16        | 22  | 54         |
| 2     | Механика электропривода                                         | Основные механические узлы и кинематические схемы электроприводов. Приведение движущихся масс, зазоров, жесткостей связей и нагрузок к расчетной скорости. Обобщенные расчетные схемы механической части электропривода. Структурные схемы, передаточные функции и частотные характеристики механической части электропривода. Динамические нагрузки электропривода и методы их оценки. | 14    | 2         | 16        | 22  | 54         |
| 3     | Электромеханическое преобразование энергии                      | Обобщенное математическое описание динамических процессов электромеханического преобразования энергии. Электромеханическая связь и ее характеристики. Режимы преобразования энергии Координатные преобразования уравнений динамических процессов в обобщенной электрической машине. Фазные преобразования                                                                               | 14    | 2         | 16        | 22  | 54         |
| 4     | Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей | Электромеханические свойства ДПТ и АД. Уравнения электромеханического преобразования энергии и векторные диаграммы. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики Влияние параметров. Режимы работы                                                                                                                                                    | 12    | 4         | 14        | 24  | 54         |
| 5     | Динамические свойства электромеханической системы               | Обобщенная структурная схема электромеханической системы с линейной механической характеристикой. Статические режимы работы системы. Частотный анализ динамических свойств системы. Динамические особенности электромеханической системы                                                                                                                                                | 12    | 4         | 14        | 24  | 54         |
| 6     | Выбор мощности и проверка электродвигателя                      | Преобразование энергии в электромеханическом преобразователе в установившихся и динамических режимах работы при наличии и отсутствии нагрузки. Энергетические                                                                                                                                                                                                                           | 12    | 4         | 14        | 24  | 54         |

|              |  |                                                                                                                                                                                                          |           |           |           |            |            |
|--------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|              |  | показатели. Тепловые переходные процессы в электродвигателях при работе в номинальных режимах Нагрузочные диаграммы и тахограммы исполнительных органов рабочих машин. Расчет мощности, выбор двигателей |           |           |           |            |            |
| <b>Итого</b> |  |                                                                                                                                                                                                          | <b>78</b> | <b>18</b> | <b>90</b> | <b>138</b> | <b>324</b> |

### заочная форма обучения

| № п/п        | Наименование темы                                               | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Лек ц     | Прак зан. | Лаб. зан. | СРС        | Всего, час |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1            | Введение в дисциплину                                           | Структура и основные элементы электропривода. Цель, содержание, структура курса и связь с другими дисциплинами                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4         | 2         | 4         | 48         | 58         |
| 2            | Механика электропривода                                         | Основные механические узлы и кинематические схемы электроприводов. Приведение движущихся масс, зазоров, жесткостей связей и нагрузок к расчетной скорости. Обобщенные расчетные схемы механической части электропривода. Структурные схемы, передаточные функции и частотные характеристики механической части электропривода. Динамические нагрузки электропривода и методы их оценки. | 4         | 2         | 4         | 48         | 58         |
| 3            | Электромеханическое преобразование энергии                      | Обобщенное математическое описание динамических процессов электромеханического преобразования энергии. Электромеханическая связь и ее характеристики. Режимы преобразования энергии Координатные преобразования уравнений динамических процессов в обобщенной электрической машине. Фазные преобразования                                                                               | 4         | 2         | 4         | 48         | 58         |
| 4            | Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей | Электромеханические свойства ДПТ и АД. Уравнения электромеханического преобразования энергии и векторные диаграммы. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики Влияние параметров. Режимы работы                                                                                                                                                    | 4         | 2         | 4         | 48         | 58         |
| 5            | Динамические свойства электромеханической системы               | Обобщенная структурная схема электромеханической системы с линейной механической характеристикой. Статические режимы работы системы. Частотный анализ динамических свойств системы. Динамические особенности электромеханической системы                                                                                                                                                | 2         | 2         | 4         | 48         | 56         |
| 6            | Выбор мощности и проверка электродвигателя                      | Преобразование энергии в электромеханическом преобразователе в установившихся и динамических режимах работы при наличии и отсутствии нагрузки. Энергетические показатели. Тепловые переходные процессы в электродвигателях при работе в номинальных режимах Нагрузочные диаграммы и тахограммы исполнительных органов рабочих машин. Расчет мощности, выбор двигателей                  | 2         | 2         | 4         | 47         | 55         |
| <b>Итого</b> |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>20</b> | <b>12</b> | <b>24</b> | <b>287</b> | <b>343</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Исследование переходных процессов электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

Исследование переходных процессов электропривода с АД с КЗ ротором.

Исследование переходных процессов электропривода с АД с фазным ротором.

Исследование энергетических показателей ДПТ НВ и электропривода переменного тока на базе трехскоростного двигателя.

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 8 семестре для очной формы обучения, 10.

Примерная тематика курсового проекта: «Проектирование электропривода механизмов повторно-кратковременного циклического режима работы с учетом его кинематической части ( по вариантам)»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Изучение методики выбора по мощности электродвигателя для механизмов повторно-кратковременного режима работы, расчета кинематической части и электромеханических характеристик электродвигателя.

- Изучение методики расчета переходных процессов электропривода с применением программ расчета этих процессов на ЭВМ.

- Изучение методика проверки по нагреву, по перегрузочной способности двигателей с учетом динамических усилий в механической части электропривода, методика расчета энергетических показателей электропривода.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

Основные методические рекомендации по выполнению курсового проекта и вариантам заданий приведены в методической литературе.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций**

## на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                            | Критерии оценивания                                      | Аттестован                                                    | Не аттестован                                                   |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-3        | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий     | тест                                                     | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                         | Решение стандартных практических задач                   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                      | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-5        | знать планы проведения активных и пассивных экспериментов на физических, математических и реальных объектах электроэнергетики                                                                | тест                                                     | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | уметь рассчитать потери энергии в электроприводе в установившихся и переходных режимах; определять энергетические показатели электропривода, определять показатели надежности электропривода | Решение стандартных практических задач                   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | владеть современными методами статистической обработки результатов экспериментальных исследований                                                                                            | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-6        | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной                                                                                                             | тест                                                     | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих            | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих            |

|      |                                                                                                                                                                                          |                                                          |                                                               |                                                                 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|      | деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий                                                                                  |                                                          | программах                                                    | программах                                                      |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                     | Решение стандартных практических задач                   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-7 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий | тест                                                     | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                     | Решение стандартных практических задач                   | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8, 7, 6 семестре для очной формы обучения, 9, 10, 8 семестре для заочной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                        | Критерии оценивания                    | Зачтено                                                  | Не зачтено           |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
| ПК-3        | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий | Тест                                   | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|             | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в                                                                                                       | Решение стандартных практических задач | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |

|      |                                                                                                                                                                                              |                                                          |                                                          |                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
|      | электродвигателях                                                                                                                                                                            |                                                          |                                                          |                      |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                      | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
| ПК-5 | знать планы проведения активных и пассивных экспериментов на физических, математических и реальных объектах электроэнергетики                                                                | Тест                                                     | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|      | уметь рассчитать потери энергии в электроприводе в установившихся и переходных режимах; определять энергетические показатели электропривода, определять показатели надежности электропривода | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
|      | владеть современными методами статистической обработки результатов экспериментальных исследований                                                                                            | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
| ПК-6 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий     | Тест                                                     | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                         | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                      | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
| ПК-7 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий     | Тест                                                     | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в                                                                                                           | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |

|  |                                                                                                                         |                                                          |                                                          |                  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
|  | электродвигателях                                                                                                       |                                                          |                                                          |                  |
|  | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены |

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                        | Критерии оценивания                                      | Отлично                                                | Хорошо                                                                                | Удовл.                                                   | Неудовл.                             |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| ПК-3        | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий | Тест                                                     | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%                                                            | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|             | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                     | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|             | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| ПК-5        | знать планы проведения активных и пассивных экспериментов на физических, математических и реальных объектах электроэнергетики                                                            | Тест                                                     | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%                                                            | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|             | уметь рассчитать потери энергии в электроприводе в установившихся и переходных режимах; определять энергетические показатели                                                             | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех         | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |

|      |                                                                                                                                                                                          |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|      | электропривода, определять показатели надежности электропривода                                                                                                                          |                                                          |                                                        | задачах                                                                               |                                                          |                                      |
|      | владеть современными методами статистической обработки результатов экспериментальных исследований                                                                                        | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| ПК-6 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий | Тест                                                     | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%                                                            | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                     | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|      | владеть навыками решения задач в области теоретического и физического моделирования электроэнергетического оборудования                                                                  | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| ПК-7 | знать технику анализа различных источников информации в области профессиональной деятельности, известные методы решения технических и производственных задач в области электротехнологий | Тест                                                     | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%                                                            | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|      | уметь математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях                                                                                     | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|      | владеть навыками решения задач в                                                                                                                                                         | Решение прикладных                                       | Задачи решены в                                        | Продемонстрирован                                                                     | Продемонстрирован                                        | Задачи не решены                     |

|  |                                                                                                        |                                                |                                                    |                                                                                       |                                                 |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--|
|  | области<br>теоретического и<br>физического<br>моделирования<br>электроэнергетическог<br>о оборудования | задач в<br>конкретной<br>предметной<br>области | полном<br>объеме и<br>получены<br>верные<br>ответы | верный ход<br>решения<br>всех, но не<br>получен<br>верный ответ<br>во всех<br>задачах | верный ход<br>решения в<br>большинстве<br>задач |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--|

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

**1. Если электродвигатель с активным моментом сопротивления на валу реверсируется, то при скорости, равной нулю, и пренебрежении моментом холостого хода двигателя абсолютное значение ускорения**

- 1) остается неизменным.
- 2) меняется скачком;
- 3) меняется плавно;

**2. Какая из величин двигателя постоянного тока зависит от величины нагрузки?**

- 1) ЭДС двигателя  $E$
- 2) ток якоря  $I_a$ .
- 3) момент двигателя  $M$

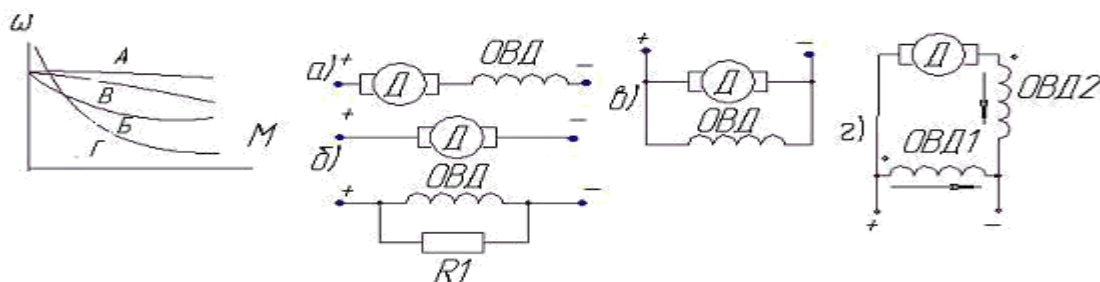
**3. Какая из приведенных ниже зависимостей называется механической характеристикой двигателя**

- 1)  $\omega(M_c)$ ;
- 2)  $\omega(I_a)$ ;
- 3)  $\omega(M)$ .

**4. К чему обычно приводят значения скоростей и моментов при получении расчетной схемы механической части электропривода?**

- 1) к валу двигателя.
- 2) к валу рабочей машины
- 3) используются нормированные значения скоростей и моментов

**5. Какая из приведенных на рисунке схем может быть использована для получения механической характеристики типа А?**



- 1) схема а
- 2) схема б или в.
- 3) схема в

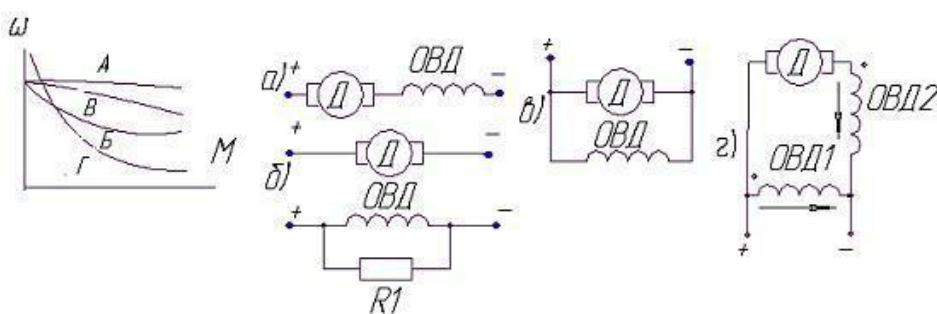
6. Двигатель постоянного тока не может создать вращающий момент при отсутствии:

- 1) добавочного резистора в якорной цепи  $J$ ;
- 2) магнитного потока  $\Phi$  и тока якоря  $I_{я}$ .
- 3) ток якоря  $I_{я}$ ;

7. Какая из приведенных ниже зависимостей называется электромеханической характеристикой двигателя

- 1)  $\omega(M)$ ;
- 2)  $\omega(I_{я})$ .
- 3)  $\omega(M)$ ;

8. Какая из приведенных на рисунке схем может быть использована для получения механической характеристики типа Б?



- 1) схема а;
- 2) схема б или в;
- 3) схема в.

9. Во сколько раз изменится момент и ток АД, если уменьшить напряжение в 2 раза? При расчете принять  $\omega = \text{const}$ .

- 1) 2 и 4;

- 2)  $4i^2$ .
- 3)  $4i^4$ ;

**10. Как изменится механическая характеристика АД при снижении напряжения сети?**

- 1) характеристика не изменится;
- 2) уменьшится жесткость характеристики и величина максимального момента.
- 3) увеличится жесткость механической характеристики и величина максимального момента.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

**1. Номинальная мощность двигателя в продолжительном режиме 140 кВт. При работе с ПВ = 25 % и пренебрежением постоянными потерями номинальная мощность его**

- 1) 140кВт ;
- 2) 560кВт ;
- 3) 70кВт .

**2. Для проверки по нагреву предварительно выбранного двигателя постоянного тока независимого возбуждения, работающего с переменной нагрузкой, регулирование угловой скорости вращения в котором осуществляется ослаблением его магнитного потока, следует воспользоваться методом:**

- 1) эквивалентного момента;
- 2) эквивалентной мощности;
- 3) средних потерь.

**3. Как повлияет на потери при пуске короткозамкнутого асинхронного двигателя вхолостую снижение питающего напряжения?**

- 1) Потери уменьшатся;
- 2) Потери увеличатся.
- 3) Мало данных;

**4. Какое из следующих определений синхронного компенсатора является верным?**

- а) синхронный двигатель, работающий в режиме холостого хода без нагрузки на валу.
- б) асинхронный двигатель, работающий в режиме холостого хода без нагрузки на валу;

в) набор батарей статических конденсаторов с элементами системы управления.

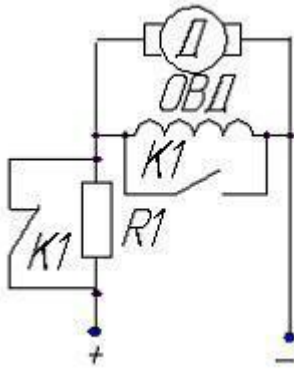
**6. Величина магнитного поля двигателя постоянного тока зависит:**

- 1) от тока якоря  $I_a$
- 2) от угловой скорости вращения якоря  $\omega$
- 3) от тока возбуждения  $I_e$ .

**8. Для изменения направления вращения АД с фазным ротором необходимо:**

- 1) изменить порядок чередования двух фаз обмоток ротора
- 2) изменить порядок чередования двух фаз обмоток статора.
- 3) отключить одну фазу в статоре

**9. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения работал на естественной механической характеристике при номинальной нагрузке ( $M_c = \text{const}$ ) на его валу. Как повлияет на режим работы двигателя включение ключа  $K1$ ?**



- 1) увеличится угловая скорость вращения якоря двигателя.
- 2) уменьшится угловая скорость вращения якоря двигателя
- 3) правильного ответа нет

**10. При выборе оборудования электропривода мощность преобразователя должна быть...**

- 1) равной мощности электродвигателя
- 2) большей мощности чем выбранный электродвигатель.
- 3) меньшей мощности чем выбранный электродвигатель

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Как изменится пусковой момент двигателя при понижении напряжения в сети на 20%?

Решение задачи: Учитывая, что момент двигателя прямо пропорционален квадрату подведенного напряжения, пусковой момент будет равен:

$$M_H = M_P \left( \frac{U_P}{U_H} \right)^2 = M_P (0,8)^2 = 0,64 M_P, \text{ где } M_P - \text{ пусковой момент при } U_H.$$

2. Асинхронный двигатель ( $P_H = 5,5 \text{ кВт}$ ;  $n_0 = 1500$  об/мин) имеет кратковременные перегрузки, равные  $1,7 M_H$ . Опрокинется ли двигатель при понижении напряжения в сети на 20%, если  $m_K = 2,2$ ?

Решение задачи: Для того, чтобы двигатель не “опрокинулся” должно выполняться условие:

$$1,7 \leq m_K (0,8)^2; \quad 2,2 \cdot 0,64 = 1,4; \quad 1,7 > 1,4 - \text{ из расчета видно, что двигатель “опрокинется”}.$$

3. Асинхронный двигатель 4A160S4У3 ( $P_H = 15 \text{ кВт}$ ;  $\eta_H = 88,5\%$ ;  $\cos \phi_H = 0,88$ ;  $n_0 = 1500$  об/мин;  $\tau_{\text{доп}} = 110$  °С) работает продолжительно при температуре окружающей среды, равной  $0$  °С. Определить допустимую мощность двигателя при этих условиях.

Решение задачи: Допустимая продолжительность нагрузки для двигателя  $P_H = 15$  кВт при температуре окружающей среды  $0$  °С будет равно

$$P_{0^\circ \text{C}} = P_H \sqrt{1 + \frac{\Delta \tau}{\tau_{\text{доп}}} (\alpha + 1)} = 15 \sqrt{1 + \frac{40 - 0}{110} (0,5 + 1)} = 18,6 \text{ кВт}$$

где  $\Delta \tau = T_{\text{СТ}} - T_{\text{ОК}}$  — разность между стандартной температурой окружающей среды, равной  $40$  °С, и действительной;

$\alpha = 0,5$  — отношение постоянных потерь в двигателе к переменным. Для асинхронного двигателя  $\alpha = 0,4 \dots 0,7$ .

4. Для защиты электродвигателя, работающего с постоянной длительной нагрузкой, выбрать автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем и магнитный пускатель с тепловым реле. Двигатель: АИР100S2;  $P_H = 4$  кВт;  $n_H = 2850$  об/мин;  $I_H = 7,9$  А;  $\eta_H = 87\%$ ;  $\cos \phi = 0,88$ ;  $I_{\text{ПУС}}/I_H = 7,5$ ;  $m_{\text{ДВ}} = 28,5$  кг.

Решение задачи: Для отключения двигателя при коротком замыкании выбираем автоматический выключатель серии ВА51Г–25 из условия  $U_{\text{на}} \geq U_C$ ;  $I_{\text{на}} \geq I_{\text{нагр}}$

$I_{\text{на}} = 25 \text{ А} \geq I_{\text{нд}} = 7,9 \text{ А}$ . Номинальный ток электромагнитного расцепителя выбираем равным  $I_{\text{нр}} = 8 \text{ А}$ . Автоматический выключатель трех полюсный с электромагнитным расцепителем ВА52Г-25-3200.

Проверяем автоматический выключатель на несрабатывание при пуске двигателя:

С учетом:  $K = 14$  – кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя;

$K_3 = 1,2$  - коэффициент надежности срабатывания электромагнитного расцепителя.

для ВА51Г 112 > 71,1 А – условие выполняется.

Аналогично выбираем магнитный пускатель серии ПМ12-01620. Магнитный пускатель не реверсивный, с тепловым реле РТТ; номинальный ток пускателя  $I_{нп} = 16A$ . Номинальный ток теплового реле РТТ-1 равен 25А. Ток нагревательного элемента теплового реле выбираем из условия:  $I_{мин тр} < I_{нд} < I_{маx тр}$

Выбираем нагревательный элемент с номинальным током несрабатывания на 8А. Ток регулировки 6,8...9,2А.  $6,8 < 7,9 < 9,2A$ .

5. Определить установившееся превышение температуры электродвигателя, работающего в номинальном режиме. Мощность электродвигателя - 1,1 кВт, номинальный КПД=0,89, теплоотдача 1,5 Вт/°С.

Решение задачи: Превышение температуры электродвигателя:  $\tau = Q/A, ^\circ C$ .

где Q – количество теплоты, выделяемое в двигателе в единицу времени, Дж/сек;

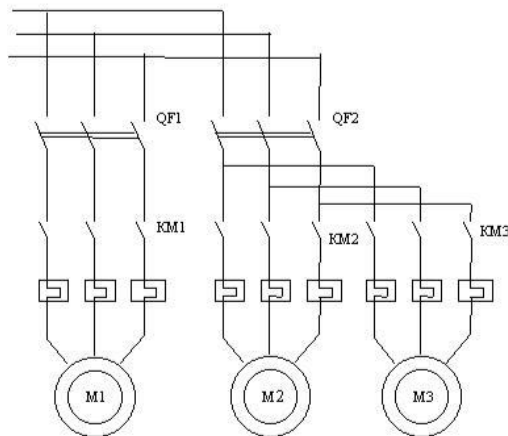
A – теплоотдача, Дж/сек·°С.

Мощность, затрачиваемая на потери, выделяющиеся в виде тепла:

$$Q = 1100 \cdot (1 - 0,89) = 121 \text{ Вт} = 121 \text{ Дж/сек.}$$

Превышение температуры: 
$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{121}{1,5} = 80,6 ^\circ C.$$

6. Для схемы, представленной на рисунке описать методику выбора автоматических выключателей и магнитных пускателей.



Каталожные данные электродвигателей:

M1: 4A132S4Y1  $P_H=7,5$  кВт;  $\eta_H=0,87$   
 $m_H=2,2$ ;  $m_m=1,7$ ;  $m_K=3$ ;  $s_H=2,9\%$ ;  $s_K=$   
 $J_D=0,028 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

M2: 4A80B4Y1  $P_H=1,5$  кВт;  $\eta_H=0,77$ ;  $\cos \varphi$   
 $m_H=1,6$ ;  $m_K=2,2$ ;  $s_H=5,8\%$ ;  $s_K=34\%$ ;  $i_H=5$ ;  $J_D$

M3: 4A80A4Y1  $P_H=1,1$  кВт;  $\eta_H=0,75$ ;  $\cos \varphi$   
 $m_H=1,6$ ;  $m_K=2,2$ ;  $s_H=5,4\%$ ;  $s_K=34\%$ ;  $i_H=5$ ;  $J_D$

Решение задачи: Номинальные и пусковые токи электродвигателей:

$$I_{н1} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,875 \cdot 0,86} = 15,16 \text{ А}, I_{п1} = 7,5 \cdot 15,6 = 113,71 \text{ А},$$

$$I_{n2} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,77 \cdot 0,83} = 3,57 \text{ А}, I_{n2} = 5 \cdot 3,57 = 17,85 \text{ А},$$

$$I_{n3} = \frac{11 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,75 \cdot 0,81} = 2,75 \text{ А}, I_{n3} = 5 \cdot 2,75 = 13,77 \text{ А}.$$

Автоматические выключатели выбирают из условий:

$$U_{н.а} \geq U_n; I_{н.а} \geq I_p; I_{н.расц} \geq I_p; I_{с.о} \geq k_n \cdot I_{max}.$$

7. Определить реактивную мощность, потребляемую электродвигателем 4А280М6 при степени загрузки равной 1. Паспортные данные двигателя

$$P_H = 90 \text{ кВт}; \eta_H = 92,5\%; \cos \varphi_H = 0,89; U_L = 380 \text{ В}; \text{Ток холостого хода } I_{xx} = 0,6 \cdot I_H.$$

Решение задачи: Определить номинальный ток двигателя

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{90}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,925 \cdot 0,89} = 166 \text{ А}.$$

Реактивная мощность, потребляемая электродвигателем при степени загрузки равной 1.

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \tan \varphi_H = \frac{90}{0,925} \cdot 0,512 = 49,8 \text{ кВАр}$$

8.. При диагностике электродвигателя были измерены сопротивления фазных обмоток постоянному току. В результате измерения были получены следующие значения  $R_A=20$  Ом;  $R_B=19,8$  Ом;  $R_C=19,9$  Ом. Паспортное значение сопротивления фазной обмотки постоянному току равно 20 Ом. Сделать вывод о состоянии фазных обмоток электрических машин.

Решение задачи: Измеренные значения сопротивлений обмоток различных фаз не должны отличаться более чем на 0,02 Ом. Определим, на сколько изменяются измеренные значения относительно паспортного значения сопротивления обмотки.

Фаза А -  $\Delta R_A=0$  Ом; фаза В -  $\Delta R_B=0,2$  Ом; фаза С -  $\Delta R_C=0,1$  Ом. Это недопустимо, значит в фазах В и С могут быть короткозамкнутые витки или сечение провода этих фазных обмоток отличается от расчетного.

9. Для оценки технического состояния изоляции обмотки асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с линейным номинальным напряжением  $U_H=380$  В необходимо провести испытания повышенным напряжением межвитковой изоляции и электрической прочности главной изоляции. Измеренное сопротивление изоляции обмотки электродвигателя через 15 ( $R_{15}$ ) и 60 ( $R_{60}$ ) секунд после включения мегомметра равны:  $R_{15}=8$  Мом,  $R_{60}=10$  Мом. При оценке индукционными методами технического состояния активной стали этого электродвигателя, масса которой составляет  $G=17$  кг, зафиксированные ваттметром потери в стали составили  $P=50$  Вт. Определить: Напряжение испытания межвитковой изоляции, время испытаний. Напряжение испытания электрической прочности главной изоляции, время испытаний.

Решение задачи: 1. Напряжение испытания межвитковой изоляции равно

$$U_{исп} = U_H + 0,3U_H = 380 + 114 = 494 \text{ В.}$$

Время испытаний равно  $t_{исп} = 3$  мин.

2. Напряжение испытания электрической прочности равно

$$U_{исп} = 1000 + 2U_H = 1000 + 760 = 1760 \text{ В.}$$

Время испытаний равно  $t_{исп} = 1$  мин.

10. Определить ток плавкой вставки предохранителей для защиты от коротких замыканий электродвигателя токарного станка:  $P_H = 7,5$  кВт;  $U_H = 380$  В;  $\cos \varphi = 0,8$ ;  $\eta = 87\%$ ;  $k_{пуск} = 7$ . Коэффициент кратковременной тепловой перегрузки  $\alpha = 2,5$  – для легких условий.

Решение: Определим номинальную силу тока эд:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,87} = 16,4 \text{ А;}$$

Рассчитывается пусковой ток электродвигателя:  $I_{пуск} = I_H \cdot k_{пуск} = 16,4 \cdot 7 = 114,8 \text{ А}$

В соответствии с условиями выбора плавких предохранителей определяются

номинальные токи плавких вставок:  $I_{вс} = 16,4 \text{ А;}$   $I_{вс} = \frac{I_{пуск}}{\alpha} = \frac{114,8}{2,5} = 45,9 \text{ А;}$

Из двух полученных значений выбираем большее.

11. Используя номинальные и каталожные данные двигателя, определите постоянную времени якорной цепи. Запишите уравнение жесткости механической характеристики.

Данные двигателя:

| $U_{я.н}, \text{В}$ | $\omega_n, 1/\text{с}$ | $I_{я.н}, \text{А}$ | $r_{яэ}, \text{Ом}$ | $R_n$ | $K_L$ |
|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|
| 110                 | 100                    | 20                  | 0,5                 | 2     | 0,6   |

Решение:

Постоянная времени якорной цепи определяется по выражению:

$$T_\Sigma = L_\Sigma / r_\Sigma$$

Где  $L_\Sigma = K_L \times U_n / (r_n \text{ при } I_{я.н})$

$L_\Sigma$  - индуктивность якорной цепи, Гн.

Модуль жесткости механической характеристики:

$$b = c_2 / r_{\Sigma}$$

где  $c_2 = (U_n - I_{я.н} \cdot r_n) \cdot \omega_n$  - удельная э.д.с. машины

## 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Виды электроприводов. Основные направления развития электропривода.

2. Основные механические узлы и кинематические схемы электроприводов. Приведение движущихся масс, зазоров, жесткостей связей и нагрузок к расчетной скорости.

3. Обобщенные расчетные схемы механической части электропривода. Применение

уравнений Лагранжа для получения уравнений движения электропривода.

4. Структурные схемы, передаточные функции и частотные характеристики механической части электропривода.

5. Переходные процессы в двухмассовой упругой системе. Учет сил вязкого трения.

6. Переходные процессы в двухмассовой упругой системе с учетом зазоров. Обобщенная структурная схема механической части электропривода.

7. Динамические нагрузки электропривода и методы их оценки. Динамический коэффициент и способы его уменьшения. Оптимальное передаточное отношение.

8. Обобщенное математическое описание динамических процессов электромеханического преобразования энергии. Электромеханическая связь. Режимы преобразования энергии и их характеристики. .

9. Координатные преобразования уравнений динамических процессов в обобщенной электрической машине. Комплексная форма записи уравнений. Фазные преобразования .

10. Ограничения, накладываемые на процессы электромеханического преобразования энергии. Энергетические показатели преобразования энергии .

11. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока с независимым возбуждением. Уравнения и структурная схема. Частотный анализ их механических характеристик и динамической жесткости.

12. Режимы работы двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

Его энергетическая диаграмма.

13. Уравнения и структурные схемы двигателя последовательного возбуждения. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики двигателя с последовательным возбуждением. 14. Режимы работы двигателя с последовательным возбуждением. Особенности характеристик двигателя постоянного тока со смешанным возбуждением.

14. Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Уравнения электромеханического преобразования энергии и векторные диаграммы асинхронного двигателя. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей.

15. Электромеханические свойства асинхронных двигателей. Влияние параметров. Энергетическая диаграмма и режимы работы .

16. Динамические свойства асинхронного электродвигателя с линеаризованными уравнениями механической характеристики при питании от источника напряжения и тока .

17. Электромеханические свойства синхронных двигателей. Линеаризованное уравнение динамической механической характеристики. Структурная схема и частотный анализ механических характеристик.

18. Вентильные и шаговые двигатели. Уравнения и структурные схемы. Основные динамические свойства вентильных и шаговых двигателей .

19. Обобщенная структурная схема электромеханической системы с линейной механической

характеристикой. Уравнения динамики электромеханической системы.

20. Частотный анализ динамических свойств электромеханической системы без учета упругих механических связей. Анализ влияния соотношения постоянных времени электромеханической системы.

21. Динамические особенности электромеханической системы с упругой связью. Понятие о демпфирующей способности электропривода. Способы улучшения динамических свойств электропривода.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

*вопросы для экзамена:*

#### **Экзаменационный билет №\_1\_**

1. Роль электропривода в народном хозяйстве.
2. Искусственные механические характеристики асинхронного двигателя при изменении напряжения, частоты и сопротивления роторной и статорной цепей.

#### **Экзаменационный билет №\_2\_**

1. Виды электроприводов: групповой, индивидуальный, взаимосвязанный, многодвигательный, электрический вал.
2. Механические характеристики асинхронного двигателя в тормозных режимах. Направление потоков энергии.

#### **Экзаменационный билет №\_3\_**

1. Составление структурной схемы одномассовой механической части электропривода.
2. Электромеханическое преобразование энергии в синхронном двигателе. Угловая и механическая характеристики двигателя. Пуск синхронного двигателя. Техничко-экономические преимущества применения синхронных двигателей с регулируемым возбуждением.

#### **Экзаменационный билет №\_4\_**

1. Влияние диссипативных сил на частотные характеристики двухмассовой механической части с упругой связью. Понятие о коэффициенте резонансного усиления.
2. Функциональная схема электропривода. Определение и назначение элементов функциональной схемы.

#### **Экзаменационный билет №\_5\_**

1. Динамические нагрузки электропривода при наличии упругой механической связи. Понятие о динамическом коэффициенте. Влияние кинематических погрешностей и зазоров в передачах на динамику электропривода.
2. Виды статических моментов. Классификация рабочих механизмов по характеру статического момента. Активные и реактивные моменты и силы.

### **Экзаменационный билет №\_6\_**

1. Механическая часть электропривода. Понятие о кинематической схеме и ее элементах.
2. Статические электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Жесткость механической характеристики и зависимость ее от параметров электрической цепи двигателя.

### **Экзаменационный билет №\_7\_**

1. Кинематическая и расчетная схемы электропривода. Приведение моментов и усилий к валу двигателя. Понятие о прямом и обратном направлениях потока энергии в электроприводе.
2. Электромеханическое преобразование энергии в двигателе постоянного тока независимого возбуждения. Электромеханические и механические характеристики в режимах торможения.

### **Экзаменационный билет №\_8\_**

1. Переход от кинематической к расчетной схеме в электроприводе. Приведение моментов инерции и масс, упругих деформаций и жесткостей к валу двигателя.
2. Искусственные электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при изменении напряжения, магнитного потока, сопротивления цепи якоря.

### **Экзаменационный билет №\_9\_**

1. Электромеханическое преобразование энергии в асинхронном двигателе. Уравнение электромагнитного момента. Схемы замещения асинхронного двигателя. Электромеханические характеристики двигателя.
2. Составление расчетных схем механической части электропривода. Параллельные и разветвленные расчетные схемы механической части электропривода.

### 3. Задача

#### **Экзаменационный билет №\_10\_**

1. Уравнение движения электропривода с двухмассовой и одномассовой расчетными схемами. Уравнение движения электропривода для машин с постоянным статическим моментом.
2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока смешанного возбуждения в двигательном и тормозных режимах работы.
3. Задача

#### **Экзаменационный билет №\_11\_**

1. Установившийся и переходный режимы работы электропривода. Двигательный и тормозной режимы работы электродвигателя. Определение и энергетика.
2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Универсальные рабочие характеристики. Режимы торможения двигателя.

#### **Экзаменационный билет №\_12\_**

1. Составление структурной схемы двухмассовой механической части электропривода.
2. Краткая историческая справка о развитии электропривода переменного тока. Работы отечественных ученых.

#### **Экзаменационный билет №\_13\_**

1. Переходные процессы в механической части электропривода с жестким механическим звеном при постоянным динамическом моменте в случае пуска электропривода. Переходные процессы в двухмассовой механической части электропривода с упругой связью без учета и с учетом диссипативных сил.
2. Краткая историческая справка о развитии электропривода постоянного тока. Работы отечественных ученых.

#### **Экзаменационный билет №\_14\_**

1. Частотные методы анализа модели механической части электропривода. Сравнительный анализ характеристик двухмассовой и одномассовой моделей.

2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения в двигательном и тормозных режимах работы.

### **Экзаменационный билет №\_15\_**

1. Механическая характеристика асинхронного двигателя и определение ее основных точек.
2. Электромеханическое преобразование энергии в двигателе постоянного тока последовательного возбуждения. Искусственные электромеханические и механические характеристики двигателя при изменении напряжения и сопротивления цепи якоря.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 7 баллов, задача оценивается в 6 баллов (3 баллов верное решение и 3 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины   | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства                                                                         |
|-------|--------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Введение в дисциплину                      | ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7         | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 2     | Механика электропривода                    | ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7         | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 3     | Электромеханическое преобразование энергии | ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7         | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 4     | Электромеханические свойства и             | ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7         | Тест, контрольная работа, защита лабораторных                                                            |

|   |                                                   |                        |                                                                                                          |
|---|---------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | характеристики электродвигателей                  |                        | работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....                                               |
| 5 | Динамические свойства электромеханической системы | ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |
| 6 | Выбор мощности и проверка электродвигателя        | ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту.... |

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1 Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр “Академия”, 2004. – 576 с.

2 Крысанов, В.Н. Теория электрического привода : Учеб. пособие. Ч.1. / Крысанов, В.Н. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 198 с. - 82-00.

3 Крысанов, В.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс] : Лабораторный практикум: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые дан. ( 2 383 Кбайт). / Крысанов, В.Н. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - 30-00.

4 Крысанов, В.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс] : Курсовое проектирование: Учеб. пособие. / Крысанов, В.Н. - Электрон. текстовые, граф. дан. ( 3894 Кбайт). - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 1 файл. - 30-00.

5 Основы электропривода : Учеб. пособие / О. А. Дмитриев, В. Н. Крысанов. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 241 с. - 81-00.

6. Основы проектирования электрических приводов; Сост.: В.Н. Крысанов. - Воронеж : ВГТУ, 2014. – 136с.

7. Методические указания по выполнению лабораторных работ №1-3 по дисциплине «Электропривод в современных технологиях», ГОУВПО ВГТУ, 2015, 41 с.

8 Фролов Ю.М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу /Фролов Ю.М., Шелякин В. П. - Издательство "Лань" ISBN 978-5-8114-1141-2 - 2012, 368 с. –ЭБС Лань.

9 Негадаев В.А. Электрический привод: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника"/ Негадаев В.А. - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева, ISBN 978-5-00137-056-7, 2019, - 132с. - ЭБС Лань.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

#### **Лицензионное программное обеспечение**

- Microsoft Office Word 2007
- Microsoft Office Excel 2007

- Microsoft Office Power Point 2007
- ABBYY Fine Reader 9.0

### **Свободное ПО**

- Skype
- Open Office

### **Отечественное ПО**

- «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»»
- Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиат-интернет»»
- Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ)
- Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU

### **Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- <http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

### **Информационная справочная система**

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

### **Современные профессиональные базы данных**

- Электротехнический портал. Адрес ресурса: <http://электротехнический-портал.рф/>
- Силовая Электроника для любителей и профессионалов. Адрес ресурса: <http://www.multikonelectronics.com/>
- Справочники по электронным компонентам. Адрес ресурса: <https://www.rlocman.ru/comp/sprav.html>
- Известия высших учебных заведений. Приборостроение (журнал). Адрес ресурса: <http://pribor.ifmo.ru/ru/archive/archive.htm>
- Портал машиностроения. Адрес ресурса: <http://www.mashportal.ru/>
- Электроцентр. Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Электромеханика. Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

- 1. Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
- 2. Учебные лаборатории:** «Электропривода», «Энергосбережения и энергоэффективности»
- 3. Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Теория электропривода».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Практическое занятие                  | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Лабораторная работа                   | Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.                                                                                                                                             |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul> |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, зачетом с оценкой, зачетом, зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.                                                                                                                                                                                                                                |

Лист регистрации изменений

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений                                                                                                                                                | Дата<br>внесения<br>изменений | Подпись заведующего<br>кафедрой,<br>ответственной за<br>реализацию ОПОП             |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2019                    |  |
| 2        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2020                    |  |
|          |                                                                                                                                                                            |                               |                                                                                     |