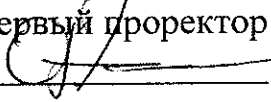


Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

 О.Д. Асенчик

09.12.2015

Регистрационный № УД-41-13 /уч.

## ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»

2015

Учебная программа составлена на основе:

образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-53 01 05 – 2013 специальности «Автоматизированный электропривод»;

учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» специализации 1-53 01 05 01 «Автоматизированный электропривод промышленных и транспортных установок» I 53-1-15/уч. 17.09.2013; I 53-1-25/уч. 13.02.2014; I 53-1-47/уч. 20.09.2013.

#### СОСТАВИТЕЛЬ

В.А. Савельев, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.С. Могила, заведующий кафедрой «Электроподвижной состав» учреждения образования «Белорусский государственный технический университет транспорта», кандидат технических наук, доцент;

А.В. Козлов, доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Автоматизированный электропривод» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 25.11.2015 г.);

Научно-методическим советом факультета автоматизированных и информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 4 от 30.11.2015 г.); *Урр-ст-10/ур*

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 03.12.2015 г.); *Урр-043-184*

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 08.12.2015 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Вступление

Дисциплина «Теория электропривода» является теоретической основой специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы». В данном курсе студенты изучают электромеханические свойства электродвигателей и электроприводов с точки зрения их применения в различных рабочих машинах, методы расчета и выбора электромеханических преобразователей, способы регулирования координат электропривода и т.д.

### Цели и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины «Теория электропривода» состоит в изучении общих физических свойств электропривода как объекта автоматического управления, его энергетических характеристик и основ выбора мощности силовых элементов на базе использования методов механики, электрических машин и теории автоматического управления.

Основными задачами дисциплины являются изучение:

- механики электропривода;
- основ теории обобщенной электрической машины;
- электромеханических свойств и характеристик двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и вентильных двигателей;
- характеристик и свойств взаимосвязанных электроприводов;
- выбора электродвигателей;
- энергетики электропривода;
- переходных процессов в электроприводе;
- регулирования скорости электроприводов на основе синхронных, асинхронных двигателей, а также двигателей постоянного тока;
- регулирования тока, момента и положения в электроприводе.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалистов, связи с другими учебными дисциплинами

Для изучения данной дисциплины необходимы знания следующих дисциплин: «Электрические машины», «Силовая преобразовательная техника».

### Требования к освоению учебной дисциплины

В результате изучения учебной дисциплины «Теория электропривода» студент должен:

знать:

- физические свойства, математическое описание и структурные схемы механической части электропривода;
- закономерности электромеханического преобразования энергии;

- характеристики и свойства электродвигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и вентильных двигателей;
- особенности электромеханических и механических переходных процессов;
- показатели оценки качества динамики одно- и двухмассовой системы электропривода;
- причины появления потерь мощности и энергии в электроприводе и методы их уменьшения;
- номинальные режимы работы и методы выбора мощности электродвигателей;
- способы регулирования скорости и момента электропривода методы и оценки этих способов;

уметь:

- рассчитывать параметры механической части электропривода;
- составлять расчетные схемы одно- и многомассовых моделей электропривода;
- вычислять показатели переходных процессов электропривода и сопоставлять их с технологическими требованиями;
- определять энергетические показатели электропривода;
- рассчитывать требуемую мощность двигателя и выбирать двигатели из каталога;
- оценивать способы регулирования скорости и момента электропривода;

владеть:

- методами оценки энергетических показателей регулируемых и нерегулируемых электроприводов;
- методами компьютерного моделирования процессов в электроприводах;
- методиками расчета и выбора элементов силового канала электропривода.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- в составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать техническую документацию на проектируемый автоматизированный электропривод и систему автоматизации;

- осуществлять запуск в эксплуатацию и обслуживание систем электропривода и автоматизации, выполнять необходимые для этого диагностические, наладочные и ремонтные работы;
- использовать методы анализа и мониторинга для приведения процессов профессиональной деятельности в соответствие действующим стандартам, инструкциям, правилам и нормам;
- внедрять современные энергоэффективные и ресурсосберегающие системы электропривода и автоматизации;
- разрабатывать технические задания на проектируемые автоматизированные электроприводы и (или) системы автоматизации с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- в составе группы специалистов по проектированию автоматизированных электроприводов и систем автоматизации или самостоятельно выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии с порядком разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации, особенностями вариантного проектирования на основе технико-экономического обоснования;
- использовать при организации проектно-конструкторских работ современные методы инженерного проектирования, системы и средства автоматизированного проектирования, системный анализ проектной ситуации;
- использовать теоретические основы и прикладные методы программирования с использованием компьютерной техники, вычислительные методы и моделирование при решении проектно-конструкторских задач;
- определять энергетические и технико-экономические показатели проектных решений;
- анализировать перспективы и направления развития автоматизированных электроприводов и систем автоматизации;
- на основе анализа контролируемых параметров и технического состояния автоматизированных электроприводов и систем автоматизации разрабатывать пути повышения экономической эффективности промышленных установок и технологических комплексов;
- осуществлять оперативный контроль, выявлять и анализировать нарушения в процессе функционирования автоматизированных электроприводов и систем автоматизации промышленных установок и технологических комплексов;
- обеспечивать учет и анализ аварийных ситуаций в работе автоматизированных электроприводов и систем автоматизации, разрабатывать предложения по их предупреждению;
- используя проектную и техническую документацию для систем автоматизированного электропривода и систем автоматизации, проводить электромонтажные работы в соответствии с действующими правилами и нормами;

- оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых оборудования и технологий;
- работать с научной, технической и патентной литературой;
- оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых оборудования и технологий.

Общее количество часов и количество аудиторных часов

Форма получения высшего образования: дневная, заочная полная и заочная сокращенная.

Учебная программа рассчитана 470 часов, из них аудиторных по дневной форме получения высшего образования 229 часов, по заочной полной форме получения высшего образования 40 часа, по заочной сокращенной форме получения высшего образования 38 часов.

Трудоемкость дисциплины 12 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

|                              | Форма получения высшего образования |                |                     |
|------------------------------|-------------------------------------|----------------|---------------------|
|                              | Дневная                             | Заочная полная | Заочная сокращенная |
| Курс                         | 3, 4                                | 4, 5           | 3, 4                |
| Семестр                      | 6, 7, 8                             | 7, 8, 9, 10    | 5, 6, 7             |
| Лекции (часов)               | 131                                 | 16             | 22                  |
| Практические занятия (часов) | 49                                  | 12             | 8                   |
| Лабораторные занятия (часов) | 49                                  | 12             | 8                   |
| Всего аудиторных (часов)     | 229                                 | 40             | 38                  |
| Формы контроля знаний        |                                     |                |                     |
| Экзамен (сем.)               | 6, 8                                | 9              | 7                   |
| Зачет (сем.)                 | 7                                   | 8              | 6                   |
| Тестирование (сем.)          | -                                   | 8              | 6                   |
| Курсовой проект (сем.)       | 7                                   | 10             | 7                   |

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Тема 1. Понятие электропривода и основные направления его развития.

Раздел 1. Механика электропривода

Тема 1. Кинематические схемы. Элементы кинематических цепей электроприводов производственных механизмов.

Тема 2. Типовые статические нагрузки электроприводов. Режимы работы электропривода.

Тема 3. Приведение моментов инерции, масс, сил и моментов сопротивления, жесткостей к валу двигателя. Учёт потерь в механических передачах. Зависимость КПД передачи от загрузки.

Тема 4. Уравнение движения электропривода. Одномассовая и двухмассовая схемы замещения механической части электропривода.

Тема 5. Структурные схемы механической части электропривода (двухмассовая и одномассовая). Анализ частотных характеристик механической части.

Тема 6. Установившееся движение электропривода и его устойчивость.

Тема 7. Неустановившееся движение электропривода при постоянстве динамического момента. Нагрузочные диаграммы механизма и двигателя.

Тема 8. Неустановившееся движение электропривода при линейно изменяющемся динамическом моменте.

Тема 9. Неустановившееся движение электропривода при произвольно изменяющемся динамическом моменте.

Раздел 2. Выбор силового электрооборудования электропривода

Тема 1. Общие сведения о выборе электродвигателей.

Тема 2. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей.

Тема 3. Методы проверки двигателей по нагреву. Методы средних потерь и эквивалентных величин. Учёт ухудшения условий охлаждения электродвигателя.

Тема 4. Особенности выбора электродвигателя по мощности для работы в продолжительном режиме.

Тема 5. Выбор мощности электродвигателя для работы в кратковременном и повторно-кратковременном режимах.

Тема 6. Выбор комплектных электроприводов постоянного тока.

Тема 7. Выбор преобразователей частоты для электропривода переменного тока.

Тема 8. Выбор и проверка силовых резисторов по нагреву. Тормозные устройства.

Тема 9. Выбор электрических аппаратов и оборудования для улучшения электромагнитной совместимости.

### Раздел 3. Энергетика электропривода

Тема 1. Коэффициент полезного действия электропривода.

Тема 2. Коэффициент мощности электропривода.

Тема 3. Энергосбережение средствами электропривода.

Тема 4. Экономическая оценка эффективности энергосбережения.

### Раздел 4. Основы теории обобщенной электрической машины

Тема 1. Обобщенная электрическая машина: характеристика, схема, уравнения электрического равновесия и электромагнитного момента, электромеханическая связь.

Тема 2. Линейные преобразования уравнений обобщенной электрической машины.

Тема 3. Фазные преобразования переменных обобщенной электрической машины.

### Раздел 4. Электромеханические свойства и характеристики разомкнутых электроприводов постоянного тока.

Тема 1. Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Математическое описание процессов преобразования энергии в двигателе постоянного тока независимого возбуждения. Уравнение естественной механической характеристики.

Тема 2. Пуск и торможение двигателей постоянного тока независимого возбуждения. Структурные схемы двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ).

Тема 3. Описание электромеханических процессов в двигателе постоянного тока последовательного возбуждения. Статические (естественные и искусственные) характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Торможение двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.

Тема 4. Регулирование скорости ДПТ НВ с помощью резисторов в цепи якоря.

Тема 5. Импульсное регулирование скорости ДПТ НВ.

Тема 6. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением напряжения на якоре и изменением магнитного потока. Двухзонное регулирование.

Тема 7. Системы «генератор – двигатель» и «управляемый преобразователь – двигатель».

Тема 8. Регулирование момента ДПТ НВ в системе «источник тока - двигатель».

### Раздел 5. Электромеханические свойства и характеристики разомкнутых электроприводов переменного тока.

Тема 1. Схемы включения и описание электромеханических процессов в асинхронном двигателе (АД).



Тема 2. Статические механические и электромеханические характеристики АД, режимы работы трехфазного АД. Способы торможения АД.

Тема 3. Регулирование скорости АД с помощью резисторов. Импульсное регулирование скорости АД.

Тема 4. Регулирование скорости АД изменением напряжения на статоре двигателя. Система «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель».

Тема 5. Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов.

Тема 6. Регулирование скорости АД в каскадных схемах включения.

Тема 7. Регулирование скорости АД изменением частоты питающего напряжения. Система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

Тема 8. Электропривод с однофазным АД.

Тема 9. Электропривод с линейным АД.

Тема 10. Схемы включения, статические характеристики и режимы работы синхронного двигателя (СД).

Тема 11. Регулирование скорости и торможение СД.

Тема 12. Электропривод с вентильным двигателем.

Тема 13. Электропривод с шаговым электродвигателем.

Тема 14. Вентильно-индукторный электропривод.

Раздел 6. Регулирование координат замкнутого электропривода.

Тема 1. Замкнутая система «управляемый преобразователь – двигатель» с отрицательной обратной связью по скорости .

Тема 2. Регулирование (ограничение) тока и момента двигателя с помощью нелинейной (гибкой) обратной связи по току.

Тема 3. Замкнутые электроприводы с подчиненным регулированием координат.

Тема 4. Замкнутая система управления электроприводом по схеме «источник тока - двигатель постоянного тока».

Тема 5. Замкнутый электропривод с использованием преобразователя частоты со скалярным управлением.

Тема 6. Замкнутый электропривод с использованием преобразователя частоты с векторным управлением.

Тема 7. Замкнутый асинхронный электропривод, выполненный по системе «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель».

Тема 8. Замкнутая система импульсного регулирования скорости двигателя с помощью резистора в цепи ротора.

Тема 9. Переходные процессы в замкнутой системе с гибкими обратными связями по току (моменту) и скорости. Решение дифференциальных уравнений динамической механической характеристики при различном соотношении постоянных времени.

Тема 10. Взаимосвязанный электропривод.

Тема 11. Следящий электропривод.

## ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель курсового проекта - закрепление и применение знаний, полученных при изучении курса «Теория электропривода». Объектом курсового проекта является автоматизированный электропривод производственного механизма, работающий по заданному циклу. Выполнение курсового проекта способствует выработке навыков самостоятельной работы со справочной и специальной технической литературой, применению на практике знаний, полученных при изучении курса «Теория электропривода».

В процессе выполнения курсового проекта необходимо:

- выполнить технологическое описание производственного механизма и проанализировать требования, предъявляемые к нему;
- произвести расчет и построение диаграмм скорости и статических нагрузок механизма;
- выбрать систему электропривода и предварительный типоразмер двигателя;
- рассчитать и построить скоростную и упрощенную нагрузочную диаграммы электропривода;
- выполнить проверку двигателя по нагреву и перегрузочной способности;
- выбрать силовое оборудование и рассчитать параметры системы электропривода;
- произвести расчет требуемых статических характеристик электропривода производственного механизма;
- рассчитать и проанализировать переходные процессы электропривода за цикл работы;
- выполнить окончательную проверку электродвигателя по нагреву и перегрузочной способности;
- рассчитать энергетику электропривода (потери мощности, расход электроэнергии, средний КПД за цикл и др.);
- составить схему управления, выбрать коммутационную аппаратуру и составить спецификацию на оборудование.

Средний объем расчетно-пояснительной записки курсового проекта 30 стр., а потребное время на его выполнение 60 часов. Трудоёмкость курсового проекта составляет 1,5 зачетной единицы.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Дневная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы   | Количество аудиторных часов |                      |                     |                      |      | Количество часов УСР* | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----------------------|-----------------------|
|                     |  | Лекции                      | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное |                       |                       |
| 1                   | 2  | 3                           | 4                    | 5                   | 6                    | 7    | 8                     | 9                     |
|                     | Семестр 6  |                             |                      |                     |                      |      |                       |                       |
|                     | Введение   |                             |                      |                     |                      |      |                       |                       |
|                     | Понятие электропривода и основные направления его развития   | 2                           |                      |                     |                      |      |                       | экзамен               |
| 1                   | Механика электропривода  |                             |                      |                     |                      |      |                       |                       |
| 1.1                 | Кинематические схемы. Элементы кинематических цепей электроприводов производственных механизмов.   | 2                           | 1                    |                     |                      |      |                       | экзамен               |
| 1.2                 | Типовые статические нагрузки электроприводов. Режимы работы электропривода   | 2                           |                      |                     |                      |      |                       | экзамен               |
| 1.3                 | Приведение моментов инерции, масс, сил и моментов сопротивления, жесткостей к валу двигателя. Учёт потерь в механических передачах. Зависимость КПД передачи от загрузки | 2                           | 2                    |                     | 2                    |      |                       | экзамен               |
| 1.4                 | Уравнение движения электропривода. Одно-массовая и двухмассовая схемы замещения механической части электропривода  | 2                           | 2                    |                     | 2                    |      |                       | экзамен               |
| 1.5                 | Структурные схемы механической части электропривода (двухмассовая и одномассовая). Анализ частотных характеристик механиче-  | 4                           | 1                    |                     |                      |      |                       | экзамен               |

|     |  |   |   |  |   |  |  |         |
|-----|--|---|---|--|---|--|--|---------|
|     | ской части   |   |   |  |   |  |  |         |
| 1.6 | Установившееся движение электропривода и его устойчивость  | 2 |   |  |   |  |  | экзамен |
| 1.7 | Неустановившееся движение электропривода при постоянстве динамического момента. Нагрузочные диаграммы механизма и двигателя              | 2 | 1 |  | 2 |  |  | экзамен |
| 1.8 | Неустановившееся движение электропривода при линейно изменяющемся динамическом моменте   | 2 | 1 |  |   |  |  | экзамен |
| 1.9 | Неустановившееся движение электропривода при произвольно изменяющемся динамическом моменте   | 2 |   |  |   |  |  | экзамен |
| 2   | Выбор силового электрооборудования электропривода  |   |   |  |   |  |  |         |
| 2.1 | Общие сведения о выборе электродвигателей  | 2 |   |  |   |  |  | экзамен |
| 2.2 | Нагрев и охлаждение электродвигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей   | 2 |   |  |   |  |  | экзамен |
| 2.3 | Методы проверки двигателей по нагреву. Методы средних потерь и эквивалентных величин. Учёт ухудшения условий охлаждения электродвигателя | 2 | 2 |  |   |  |  | экзамен |
| 2.4 | Особенности выбора электродвигателя по мощности для работы в продолжительном режиме  | 2 | 2 |  |   |  |  | экзамен |
| 2.5 | Выбор мощности электродвигателя для работы в кратковременном и повторно-кратковременном режимах  | 2 | 2 |  |   |  |  | экзамен |
| 2.6 | Выбор комплектных электроприводов постоянного тока   | 2 |   |  | 2 |  |  | экзамен |
| 2.7 | Выбор преобразователей   | 2 |   |  | 2 |  |  | экзамен |

|     |  |    |    |  |    |  |  |         |
|-----|--|----|----|--|----|--|--|---------|
|     | частоты для электропривода переменного тока  |    |    |  |    |  |  |         |
| 2.8 | Выбор и проверка силовых резисторов по нагреву. Тормозные устройства   | 2  |    |  |    |  |  | экзамен |
| 2.9 | Выбор электрических аппаратов и оборудования для улучшения электромагнитной совместимости  | 2  |    |  | 2  |  |  | экзамен |
| 3   | Энергетика электропривода  |    |    |  |    |  |  |         |
| 3.1 | Коэффициент полезного действия электропривода  | 2  | 1  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 3.2 | Коэффициент мощности электропривода  | 2  | 1  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 3.3 | Энергосбережение средствами электропривода   | 2  |    |  |    |  |  | экзамен |
| 3.4 | Экономическая оценка эффективности энергосбережения  | 2  |    |  |    |  |  | экзамен |
|     | Итого за 6 семестр   | 48 | 16 |  | 16 |  |  |         |
|     | Семестр 7  |    |    |  |    |  |  |         |
| 4   | Основы теории обобщенной электрической машины  |    |    |  |    |  |  |         |
| 4.1 | Обобщенная электрическая машина: характеристика, схема, уравнения электрического равновесия и электромагнитного момента, электромеханическая связь | 2  |    |  |    |  |  | зачет   |
| 4.2 | Линейные преобразования уравнений обобщенной электрической машины  | 2  |    |  |    |  |  | зачет   |
| 4.3 | Фазные преобразования переменных обобщенной электрической машины   | 2  |    |  |    |  |  | зачет   |
| 5   | Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей постоянного тока   |    |    |  |    |  |  |         |
| 5.1 | Схема включения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Математическое  | 2  | 2  |  | 1  |  |  | зачет   |

|     |  |   |   |  |   |  |  |       |
|-----|--|---|---|--|---|--|--|-------|
|     | описание процессов преобразования энергии в двигателе постоянного тока независимого возбуждения. Уравнение естественной механической характеристики  |   |   |  |   |  |  |       |
| 5.2 | Пуск и торможение двигателей постоянного тока независимого возбуждения. Структурные схемы двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ)   | 2 |   |  | 2 |  |  | зачет |
| 5.3 | Описание электромеханических процессов в двигателе постоянного тока последовательного возбуждения. Статические (естественные и искусственные) характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Торможение двигателя постоянного тока последовательного возбуждения | 2 | 2 |  | 2 |  |  | зачет |
| 5.4 | Регулирование скорости ДПТ НВ с помощью резисторов в цепи якоря  | 2 | 1 |  |   |  |  | зачет |
| 5.5 | Импульсное регулирование скорости ДПТ НВ   | 2 | 2 |  |   |  |  | зачет |
| 5.6 | Регулирование скорости ДПТ НВ изменением напряжения на якоре и изменением магнитного потока. Двухзонное регулирование  | 2 | 2 |  | 2 |  |  | зачет |
| 5.7 | Системы «генератор – двигатель» и «управляемый преобразователь – двигатель»  | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 5.8 | Регулирование момента ДПТ НВ в системе «источник тока - двигатель»   | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6   | Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей переменного тока.  |   |   |  |   |  |  |       |

|      |  |   |   |  |   |  |  |       |
|------|--|---|---|--|---|--|--|-------|
| 6.1  | Схемы включения и описание электро-механических процессов в асинхронном двигателе (АД)   | 2 |   |  | 2 |  |  | зачет |
| 6.2  | Статические механические и электро-механические характеристики АД, режимы работы трехфазного АД. Способы торможения АД                   | 2 | 2 |  | 2 |  |  | зачет |
| 6.3  | Регулирование скорости АД с помощью резисторов. Импульсное регулирование скорости АД   | 2 | 2 |  |   |  |  | зачет |
| 6.4  | Регулирование скорости АД изменением напряжения на статоре двигателя. Система «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель» | 2 | 2 |  | 2 |  |  | зачет |
| 6.5  | Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов   | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.6  | Регулирование скорости АД в каскадных схемах включения   | 2 |   |  | 2 |  |  | зачет |
| 6.7  | Регулирование скорости АД изменением частоты питающего напряжения. Система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».            | 2 | 2 |  | 2 |  |  | зачет |
| 6.8  | Электропривод с однофазным АД  | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.9  | Электропривод с линейным АД  | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.10 | Схемы включения, статические характеристики и режимы работы синхронного двигателя (СД)   | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.11 | Регулирование скорости и торможение СД   | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.12 | Электропривод с вентильным двигателем  | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.13 | Электропривод с шаговым электродвигателем  | 2 |   |  |   |  |  | зачет |
| 6.14 | Вентильно-индукторный электропривод  | 2 |   |  |   |  |  | зачет |

|     |  |    |    |  |    |  |  |         |
|-----|--|----|----|--|----|--|--|---------|
|     | Итого за 7 семестр   | 51 | 17 |  | 17 |  |  |         |
|     | Семестр 8  |    |    |  |    |  |  |         |
| 6   | Регулирование координат замкнутого электропривода  |    |    |  |    |  |  |         |
| 6.1 | Замкнутая система «управляемый преобразователь – двигатель» с отрицательной обратной связью по скорости                    | 2  | 2  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 6.2 | Регулирование (ограничение) тока и момента двигателя с помощью нелинейной (гибкой) обратной связи по току                  | 2  | 2  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 6.3 | Замкнутые электроприводы с подчиненным регулированием координат  | 2  | 2  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 6.4 | Замкнутая система управления электроприводом по схеме «источник тока - двигатель постоянного тока»                         | 2  |    |  |    |  |  | экзамен |
| 6.5 | Замкнутый электропривод с использованием преобразователя частоты со скалярным управлением                                  | 4  | 2  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 6.6 | Замкнутый электропривод с использованием преобразователя частоты с векторным управлением                                   | 4  | 2  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 6.7 | Замкнутый асинхронный электропривод, выполненный по системе «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель»     | 3  | 2  |  | 2  |  |  | экзамен |
| 6.8 | Замкнутая система импульсного регулирования скорости двигателя с помощью резистора в цепи ротора                           | 2  |    |  |    |  |  | экзамен |
| 6.9 | Переходные процессы в замкнутой системе с гибкими обратными связями по току (моменту) и скорости. Решение дифференциальных | 4  | 4  |  | 4  |  |  | экзамен |



|      |   |     |    |  |    |  |  |         |
|------|---|-----|----|--|----|--|--|---------|
|      | уравнений динамической механической характеристики при различном соотношении постоянных времени |     |    |  |    |  |  |         |
| 6.10 | Взаимосвязанный электропривод   | 4   |    |  |    |  |  | экзамен |
| 6.11 | Следящий электропривод  | 4   |    |  |    |  |  | экзамен |
|      | Итого за 8 семестр  | 32  | 16 |  | 16 |  |  |         |
|      | Всего   | 131 | 49 |  | 49 |  |  |         |

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Заочная сокращенная/полная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы   | Количество аудиторных часов |                      |                     |                      |      | Количество часов УСР* | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----------------------|-----------------------|
|                     |  | Лекции                      | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное |                       |                       |
| 1                   | 2  | 3                           | 4                    | 5                   | 6                    | 7    | 8                     | 9                     |
| 1                   | Механика электропривода  |                             |                      |                     |                      |      |                       |                       |
| 1.1                 | Кинематические схемы. Элементы кинематических цепей электроприводов производственных механизмов.   | 2/2                         |                      |                     |                      |      |                       | зачет, тест           |
| 1.2                 | Приведение моментов инерции, масс, сил и моментов сопротивления, жесткостей к валу двигателя. Учёт потерь в механических передачах. Зависимость КПД передачи от загрузки | 2/2                         | 1/2                  |                     |                      |      |                       | зачет, тест           |
| 1.3                 | Уравнение движения электропривода. Одно-массовая и двухмассовая схемы замещения механической части электропривода  | 1/1                         |                      |                     |                      |      |                       | зачет, тест           |
| 1.4                 | Неустановившееся движение электропривода при постоянстве динамического момента. Нагрузочные диаграммы механизма и двигателя  | 1/1                         |                      |                     |                      |      |                       | зачет, тест           |
| 2                   | Выбор силового электрооборудования электропривода  |                             |                      |                     |                      |      |                       |                       |
| 2.1                 | Нагрев и охлаждение электродвигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей   | 2/2                         |                      |                     |                      |      |                       | зачет, тест           |
| 2.2                 | Методы проверки двигателей по нагреву. Мето-   | 2/2                         | 1/2                  |                     |                      |      |                       | зачет, тест           |

|     |   |       |     |  |     |  |  |         |
|-----|---|-------|-----|--|-----|--|--|---------|
|     | ды средних потерь и эквивалентных величин. Учёт ухудшения условий охлаждения электродвигателя                                 |       |     |  |     |  |  |         |
| 3   | Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей постоянного тока  |       |     |  |     |  |  |         |
| 3.1 | Регулирование скорости ДПТ НВ изменением напряжения на якоре и изменением магнитного потока. Двухзонное регулирование         | 1/0,5 | 1/2 |  | 2/2 |  |  | экзамен |
| 4   | Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей переменного тока.   |       |     |  |     |  |  |         |
| 4.1 | Статические механические и электромеханические характеристики АД, режимы работы трехфазного АД. Способы торможения АД         | 1/0,5 | 1/2 |  | 2/2 |  |  | экзамен |
| 5   | Регулирование координат замкнутого электропривода   |       |     |  |     |  |  |         |
| 5.1 | Замкнутая система «управляемый преобразователь – двигатель» с отрицательной обратной связью по скорости                       | 2/1   | 2/2 |  | 2/2 |  |  | экзамен |
| 5.2 | Регулирование (ограничение) тока и момента двигателя с помощью нелинейной (гибкой) обратной связи по току                     | 2/1   |     |  | -/2 |  |  | экзамен |
| 5.3 | Замкнутые электроприводы с подчиненным регулированием координат   | 2/1   |     |  |     |  |  | экзамен |
| 5.4 | Регулирование скорости АД изменением частоты питающего напряжения. Система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель». | 2/1   |     |  | 2/2 |  |  | экзамен |
| 5.5 | Переходные процессы в замкнутой системе с гибкими обратными свя-  | 2/1   | 2/2 |  | -/2 |  |  | экзамен |

|  |       |      |  |      |  |  |  |
|--|-------|------|--|------|--|--|--|
| зьями по току (моменту) и скорости. Решение дифференциальных уравнений динамической механической характеристики при различном соотношении постоянных времени |       |      |  |      |  |  |  |
| Всего  | 22/16 | 8/12 |  | 8/12 |  |  |  |

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Теория электропривода: учебник для вузов / С.А. Ковчин, Ю.А. Сабинин. - Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 2000. - 496с.
2. Теория электропривода: учебник для вузов по спец. «Электропривод и автоматизация пром. установок» / В.И. Ключев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Энергоатомиздат, 1998. - 697с.
3. Теория электропривода: учеб. пособие для вузов / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. - Изд. 2-е. - Минск: Техноперспектива, 2007. - 585с.
4. Теория автоматизированного электропривода: учеб. пособие по спец. «Электропривод и автомат. пром. установок» / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. - Москва: Энергия, 1979. - 616 с.

## Дополнительная литература

5. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник. М. 1982.
6. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. / Под ред. И.П. Копылова. - М. 1988, 1989.

## Электронные учебно-методические комплексы

1. Савельев. В.А., Козлов А.В. Теория электропривода. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1912>

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

1. Захаренко В.С. Теория электропривода: курс лекций по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения / В.С. Захаренко, А.В. Козлов - Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2011. - 171 с.
2. Савельев В.А. Теория электропривода: метод. указания к курсовой работе по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / В.А. Савельев - Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2013. - 29 с.
3. Теория электропривода: метод. указания к контрол. работам по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» заоч. формы обучения / авт.-сост. С.И. Захаренко - Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2007. - 40 с.

*Список литературы сверен А. (Шитова И.В.)*

### Примерный перечень практических занятий

1. Расчет кинематических цепей электроприводов рабочих машин.
2. Составление двухмассовой и одномассовой схем замещения механической части электропривода.
3. Структурные схемы и частотные характеристики механической части с упругой связью для двухмассовой и одномассовой механических систем.
4. Расчет нагрузочной диаграммы механизма, приведенной к валу двигателя.
5. Выбор системы электропривода, предварительный выбор двигателя, выбор силового оборудования.
6. Расчет и построение скоростной и упрощенной нагрузочной диаграммы электродвигателя.
7. Проверка двигателя по нагреву и перегрузочной способности.
8. Расчет переходных процессов в механической части электропривода.
9. Расчет параметров двигателя постоянного тока и построение статических механических и электромеханических характеристик.
10. Расчет параметров асинхронного двигателя и построение статических механических и электромеханических характеристик.
11. Расчет реостатных характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором.
12. Выбор закона частотного регулирования и расчет искусственных характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
13. Расчет статических характеристик разомкнутого электропривода производственного механизма.
14. Расчет параметров замкнутой системы электропривода и построение статических характеристик замкнутого электропривода механизма.
15. Расчет переходных процессов в замкнутой системе электропривода. Анализ динамических показателей регулирования.
16. Уточненная проверка двигателя по нагреву.
17. Расчет энергетических показателей электропривода.
18. Составление схемы управления электропривода рабочей машины

### Примерный перечень лабораторных занятий

1. Исследование электромеханических свойств двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
2. Исследование электромеханических свойств двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
3. Исследование электромеханических свойств асинхронного двигателя с фазным ротором.
4. Исследование способов торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

5. Исследование электромеханических переходных процессов в разомкнутом электроприводе постоянного тока.

6. Исследование системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».

7. Исследование системы «широтно-импульсный преобразователь - двигатель постоянного тока».

8. Исследование системы «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель с фазным ротором».

9. Исследование системы электропривода с автоматическим импульсным регулированием для асинхронного двигателя с фазным ротором.

10. Исследование системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

11. Исследование асинхронно-вентильного каскада.

#### Примерная тематика курсового проекта

1. Электропривод шпинделя токарного станка.
2. Электропривод подачи горизонтально-фрезерного станка.
3. Электропривод стола продольно-строгального станка.
4. Электропривод прокатного стана.
5. Электропривод рольганга прокатного стана.
6. Электропривод механизма подъема мостового крана.
7. Электропривод механизма передвижения тележки мостового крана.
8. Электропривод пассажирского лифта.
9. Электропривод ленточно-цепного конвейера.
10. Электропривод шахтного подъемника.
11. Индивидуальный электропривод валков прокатного стана.
12. Электропривод грузового лифта.
13. Электропривод рольганга ножниц.
14. Электропривод цепного транспортера.
15. Электропривод толкателя методической печи.
16. Электропривод механизма захватов манипулятора.

#### Методы (технологии) обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение), реализуемое на лекционных занятиях;
- внедрение элементов научных исследований и патентного поиска при проектировании конкретного объекта, при выполнении практических занятий, а также при самостоятельной работе.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Теоретические лекционные занятия чередуются с практическими и лабораторными занятиями, а также с управляемой самостоятельной работой. Учебно-методическое обеспечение ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, умение работать с научно-технической литературой.

### Организация самостоятельной работы

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя, в соответствии с расписанием;
- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчётных заданий с консультациями у преподавателя.

### Модульная система

Модульная система по дисциплине «Теория электропривода» предназначена для совершенствования качества подготовки специалистов и улучшения усвоения необходимых теоретических знаний.

На модули разбит теоретический материал, излагаемый на лекциях. По завершению каждого модуля производится контроль знаний в виде письменного опроса по вопросам, соответствующего модуля.

За каждый опрос выставляется оценка по 10-бальной шкале. Среднее арифметическое значение оценок по модулям семестра участвует при формировании итоговой оценки с долей 60% (максимальная оценка 5 баллов).

Для повышения экзаменационной оценки до 6-7 баллов студент обязан продемонстрировать умение решать типовые задачи курса.

Для повышения экзаменационной оценки до 8-10 баллов студент обязан принимать участие в научно-исследовательской работе, научно-технических конференциях студентов и т.п.

Ход выполнения лабораторных работ не оценивается, т.к. все запланированные работы к началу сессии должны быть выполнены и защищены. В противном случае, студент в обязательном порядке сдает экзамен.

### Диагностика компетенций студентов

Оценка уровня знаний студентов производится по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам курса;
- выступление студентов на конференциях;
- сдача зачёта и экзамена по дисциплине, защита курсовой работы.



## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---|------------------|---|---|
| 1. Электрические машины                                       | АЭП              | нет   | Рабочую программу утвердить, протокол № 6 от 25.11.2015 г.  |
| 2. Силовая преобразовательная техника                         | АЭП              | нет   | Рабочую программу утвердить, протокол № 6 от 25.11.2015 г.  |