МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина

(Технологии. Дизайн. Искусство)»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Электроприводы и системы управления электроприводами**

Направление(я) подготовки:09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность(и):Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (легкая промышленность)

Форма обучения:очная

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Нормативный срок освоения образовательной программы – 4 года

Кафедра Автоматики и промышленной электроники

**Москва 2022 г.**

**1. Цели освоения учебной дисциплины (модуля)**

В результате освоения учебной дисциплины (модуля) «Электроприводы и системы управления электроприводами» обучающийся должен:

- понимать роль электротехники, электроники автоматизированного электропривода в современном производстве текстильных изделий;

- уметь составлять технические задания на разработку электрических частей автоматизированных установок для управления технологическими процессами, участвовать в их реализации;

- уметь выбирать из числа существующих и создавать новые технические средства реализации современных промышленных автоматизированных электроприводов, выбирать элементы электропривода в соответствии с техническим заданием на основе технических данных, быть готовым создавать новые элементы с заданными параметрами;

- уметь выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах, применение полученных знаний основ фундаментальных теорий к рациональному решению возникающих технических и научных проблем;

- использовать математическое описание взаимосвязи входных и выходных параметров элементов электропривода, составлять функциональные и структурные схемы электропривода, определять его передаточные функции;

- определять параметры расчетных схем электропривода, анализировать свойства элементов звеньев динамической системы;

- освоить навыки совершенного научного мышления, необходимого для успешного освоения теории автоматизированного электропривода, электроники и электротехники, использование приобретенных знаний для решения практических задач в своей научной деятельности;

- сформировать навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

**2. Место учебной дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина «Электроприводы и системы управления электроприводами» включена в элективную часть Блока 1 Дисциплины (модуля), семестр 4.

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении предыдущих дисциплин: «История и методология науки», «Деловой иностранный язык», «Хранение и защита компьютерной информации», «Экономический анализ и управление производством», «Информационные системы управления качеством в автоматизированных и автоматических производствах», которые формируют у аспирантов набор общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для успешного освоения последующих дисциплин Учебного плана, таких как: «Электротехнические комплексы и системы как объекты автоматизации», «Защита интеллектуальной собственности», «Визуальное программирование» и приобретения профессиональных навыков в области научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности.

Контроль знаний студентов проводится в форме текущего контроля. Итоговая аттестация по дисциплине – экзамен.

**3. Компетенции, формируемые в результате освоения учебной дисциплины (модуля)**

**Таблица 1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Код и содержание компетенции | Критерии результатов обучения | Технологии  формирования  компетенций |
| способностью представлять полученные результаты научно-исследовательской деятельности на высоком уровне и с учетом соблюдения авторских прав (ОПК-6); | Знать: основные характеристики оборудования для автоматизации технологических процессов и производств, с целью проведения исследований в области энергосбережения сложных многомерных динамических объектов и систем энергосбережения в том числе электроприводов; оптимальные параметры измерений и условий эксплуатации электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; области применения, базовые принципы и методы использования техники и инструментального оборудования при проведении научных исследований в области изучения и анализа электроприводов и систем энергосбережения;  Уметь: разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию в области обеспечения энергоэффективности и энергосбережения сложных многомерных динамических объектов технологического оборудования, руководить их созданием; предлагать методические и нормативные документы регламентирующие использование определённой лабораторной и инструментальной базы в соответствии с направлением подготовки; применять и оценивать эффективность использования лабораторной и инструментальной базы в соответствии с профилем подготовки;  Владеть: навыками использования методических пособий, нормативных документов и технической документации в области электротехнических систем и комплексов, а также электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; необходимыми знаниями по использованию технической документации по направлению подготовки, базовыми навыками проведения научно- исследовательских работ в области электроприводов и систем энергосбережения. | Практические занятия  Самостоятельная работа |
| владением методами проведения патентных исследований, лицензирования и защиты авторских прав при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности (ОПК-7) | Знать:. основы проведения патентных исследований, лицензирования и защиты  авторских прав при создании инновационного продукта в профессиональной  деятельности; патентное и авторское законодательство РФ, объекты авторского права;  международные соглашения в области интеллектуальной собственности.  Уметь: проводить патентный поиск по определению аналогов и прототипов  предлагаемых моделей, составить описание процедуры лицензирования, составить  реферат на программу для ЭВМ, овладеть формой представления знака охраны  авторского права.  Владеть: навыками пользования источниками российского и зарубежного  законодательства об интеллектуальной собственности. . | Практические занятия  Самостоятельная работа |
| владение математическим, информационным, алгоритмическим и машинным обеспечением создания автоматизированных технологических процессов и производств и систем управления ими (ПК-1); | Знать: классические методы построения и анализа математических моделей, электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами;  Уметь: применять классические методы построения и анализа математических  моделей электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами;  Владеть: базовыми навыками выбора методов построения и анализа  математических моделей электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами. | Практические занятия  Самостоятельная работа |
| владение внедрением, сопровождением и эксплуатацией человекомашинных систем (ПК-3); | Знать: Описать владение внедрением, сопровождением и эксплуатацией человекомашинных систем управления сложными динамическими объектами  Уметь: Анализировать владение внедрением, сопровождением и эксплуатацией человекомашинных систем управления сложными динамическими объектами  Владеть: Оценить владение внедрением, сопровождением и эксплуатацией человекомашинных систем управления сложными динамическими объектами | Практические занятия  Самостоятельная работа |
| способность использовать научные и технические исследования и разработки, модели и структурные решения человекомашинных систем, предназначенных для автоматизации производства и интеллектуальной поддержки процессов управления и необходимой для этого обработки данных в организационно-технологических и распределенных системах управления в различных сферах технологического производства и других областях человеческой деятельности (ПК-4); | Знать: что такое оригинальные методы исследования электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; примеры применения оригинальных методов исследования для их практической реализации;  Уметь: самостоятельно предлагать нестандартные методы исследований и разрабатывать рекомендации для их реализации; разрабатывать методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований и перспективных технических разработок в области электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами, подготавливать конкретные задания для исполнителей, научно-технические отчеты, обзоры и публикации по результатам выполненных научных исследований;  Владеть: навыками проведения научных исследований и перспективных технических разработок, подготовкой отдельных заданий для исполнителей, обзоров и публикации по результатам проведенных исследований. | Практические занятия  Самостоятельная работа |
| оценивание актуальности развития проблемной области данной специальности и ее народнохозяйственное значение обусловленое ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации технологического производства и комплексной автоматизации производства и интегрированного управления функционированием как сетью технологических процессов, так и отдельным предприятием и целой отраслью народного хозяйства (ПК-5) | Знать: Объяснить актуальность развития электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами и их народнохозяйственное значение обусловленое ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации технологического производства и комплексной автоматизации производства и интегрированного управления функционированием как сетью технологических процессов, так и отдельным предприятием и целой отраслью народного хозяйства  Уметь: Оценить актуальность развития электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами и их народнохозяйственное значение обусловленое ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации технологического производства и комплексной автоматизации производства и интегрированного управления функционированием как сетью технологических процессов, так и отдельным предприятием и целой отраслью народного хозяйства  Владеть: Произвести оценку актуальности развития электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами и их народнохозяйственное значение обусловленое ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации технологического производства и комплексной автоматизации производства и интегрированного управления функционированием как сетью технологических процессов, так и отдельным предприятием и целой отраслью народного хозяйства | Практические занятия  Самостоятельная работа |

**4. Объем и содержание дисциплины**

**4.1. Объем дисциплины**

**Таблица 2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Показатель объема дисциплины** | **Трудоемкость** |
|
| Объем дисциплины в зачетных единицах | 4 |
| Объем дисциплины в часах | 144 |
| Лекции (ч) | 36 |
| Практические занятия  (семинары) (ч) | 36 |
| Самостоятельная работа (ч) | 72 |
| Форма контроля (зач./экз.) | Экзамен |

**4.2 Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)**

**Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)** | **Лекции** | | **Наименование практических (семинарских) занятий** | | **Оценочные средства** |
| **№ и тема лекции** | **Трудоемкость, час** | **№ и тема практического занятия** | **Трудоемкость, час** |
| Роль и значение автоматизированного электропривода при проектировании технологического оборудования. | № 1. Краткий исторический обзор. Значение электропривода для экономики отрасли. Общие сведения об автоматизации. Задачи развития и перспективные системы электроприводов. | 6 | - | - | Устная дискуссия |
| Механика электропривода. Кинематический анализ электротехнической части управляемого комплекса. | № 2-3. Математическое описание движения электропривода. Приведение статических моментов инерции. Электромеханические свойства электрических машин. Основные понятия. Характеристики электрических машин. Расчет динамики электротехнической части электропривода. | 6 | № 1. Расчет электромеханической системы простейшего динамического объекта | 6 | Тестирование, контрольная работа, устная дискуссия |
| Электрические машины. | № 4-5. Асинхронные двигатели (АД) Устройство и принцип действия АД. Вращающееся магнитное поле, частота его вращения. Понятие скольжения, скорость вращения ротора. Уравнения электрического состояния цепи статора и ротора, КПД, коэффициент мощности. Механические характеристики АД, работающего в различных режимах. Пуск АД с фазным и короткозамкнутым ротором. Регулирование частоты вращения АД.  Машины постоянного тока (МПТ) Классификация, устройство и принцип действия МПТ, работающих в режимах генератора и двигателя. ЭДС якоря, реакция якоря, коммутация. Основные характеристики двигателей постоянного тока параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.  Синхронные машины. Назначение, устройство и принцип действия синхронного двигателя (СД). Электромагнитный момент, угловая и U-образная характеристики СД. Пуск СД. Назначение, устройство и принцип действия синхронного генератора. | 6 | № 2. Расчет рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя | 6 | Тестирование, контрольная работа, домашнее задание |
| Электротехнические комплексы и системы на базе электропривода постоянного тока. | № 6-7. Силовые преобразователи постоянного тока. Разомкнутый по положению электропривод постоянного тока. Электропривод с обратной связью по положению. Динамика электротехнических комплексов сложных динамических объектов с двигателями постоянного тока. Примеры современных энергосберегающих комплектных электроприводов с микропроцессорным управлением. | 12 | № 3. Расчет механических и рабочих характеристик двигателя постоянного тока. | 12 | Устная дискуссия, тестирование, контрольная работа |
| Электротехнические комплексы и системы на базе асинхронных и синхронных электроприводов. | № 8-9. Преобразователи переменного тока. Электроприводы с асинхронными двигателями выполненные по системе «Преобразователь частоты - Асинхронный двигатель», «Тиристорный регулятор напряжения – Асинхронный двигатель». Современный комплектный энергосберегающий электропривод с синхронным двигателем. | 6 | № 4. Разработка и анализ структурной схемы электропривода переменного тока. | 12 | Устная дискуссия, тестирование, контрольная работа |
| **ВСЕГО часов в семестре** | . | **36** |  | **36** | **Экзамен** |

**5. Самостоятельная работа обучающихся**

**Таблица 4**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)** | **Содержание самостоятельной работы** | **Трудоемкость в часах** |
| 1 | Роль и значение автоматизированного электропривода при проектировании технологического оборудования. | Подготовка к устной дискуссии на тему: «Постановка и решение задач управления скоростными режимами энергоемкого технологического оборудования» | 4 |
| 2 | Механика электропривода. Кинематический анализ электротехнической части управляемого комплекса.  Электрические машины.  Электротехнические комплексы и системы на базе электропривода постоянного тока. | Подготовка к тестированию | 3 |
| Подготовка к контрольной работе | 3 |
| Подготовка к устной дискуссии на тему: «Основные требования, предъявляемые к управляемым электротехническим комплексам и системам технологического оборудования» | 4 |
| 3 | Электротехнические комплексы и системы на базе асинхронных и синхронных электроприводов.  Роль и значение автоматизированного электропривода при проектировании технологического оборудования.  Механика электропривода. Кинематический анализ электротехнической части управляемого комплекса. | Подготовка к тестированию. Чтение дополнительной литературы | 3 |
| Подготовка к контрольной работе. Чтение дополнительной литературы | 3 |
| Подготовка к домашнему заданию. Чтение дополнительной литературы | 3 |
| 4 | Электрические машины.  Электротехнические комплексы и системы на базе электропривода постоянного тока. | Подготовка к устной дискуссии на тему: «Расчет статических и динамических режимов сложных многомерных динамических объектов технологического назначения». Чтение дополнительной литературы | 4 |
| Подготовка к тестированию | 3 |
| Подготовка к контрольной работе | 3 |
| 5 | Роль и значение автоматизированного электропривода при проектировании технологического оборудования. | Подготовка к устной дискуссии на тему: «Разработка структур и аналитических зависимостей для расчета управляемых электротехнических комплексов и систем». Чтение дополнительной литературы | 4 |
| Подготовка к тестированию. Чтение дополнительной литературы | 4 |
| Подготовка к контрольной работе. Чтение дополнительной литературы | 4 |
| 6 | Экзамен | Подготовка к экзамену | 27 |
| **ВСЕГО часов в семестре:** | | | **72** |

**6. Образовательные технологии**

При освоении дисциплины «Электроприводы и системы управления электроприводами» используются следующие образовательные технологии:

- Устная дискуссия;

- Тестирование;

- Контрольная работа;

- Индивидуальное домашнее задание.

**7. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

**7.1. Примерная тематика курсовых проектов (работ) –** не предусмотрены.

**7.2. Примеры используемых оценочных средств для текущего контроля:**

Внутрисеместровый контроль знаний аспирантов проводится путем публичной защиты на семинарах и практических работах, выполняемых в аудитории и дома. Для стимулирования активной и ритмичной работы при изучении дисциплины используется рейтинговая систем, учитывающая посещаемость занятий, своевременность и качество защиты домашних заданий, их оригинальность, качество оформления, навыки публичной защиты и презентации.

**1. Тестирование.**

Заключается в кратких ответах в формате заполнения Слайда. Цель тестирования – контроль теоретического материала и умение составить Презентацию. Каждому аспиранту выдается комплект заданий из четырех слайдов.

**Тема: «Электрические машины»**

В электрических машинах осуществляется преобразование вида энергии. По роду деятельности электрические машины подразделяются на ***генераторы***, в которых механическая энергия преобразуется в электрическую, ***двигатели,*** в которых электрическая энергия преобразуется в механическую и ***электромашинные преобразователи***, которые преобразуют электрическую энергию одного рода в электрическую энергию другого рода (например, переменный ток в постоянный и наоборот). Кроме того, ряд электрических машин выполняет функции электромагнитного тормоза, осуществляет управление различными производственными механизмами и т.д.

**Тема: Трансформаторы.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 1.**  Трансформатор – это статическое электромагнитное устройство, имеющее не менее двух индуктивно связанных обмоток, предназначенное для… | **Варианты ответа:**  1) преобразования переменных напряжений и токов при передаче электроэнергии от источника к потребителю  2) понижения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к приемнику  3) повышения мощности, передаваемой от источника электрической энергии к потребителю  4) улучшения формы электрических сигналов, передаваемых от источников к приемникам |

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 2.**  Коэффициент трансформации однофазного трансформатора равен отношению… | **Варианты ответа:**  1) ЭДС обмотки высшего напряжения к ЭДС обмотки низшего напряжения.  2) числа витков обмотки низшего напряжения к числу витков обмотки высшего напряжения.  3) тока холостого хода к номинальному току.  4) тока обмотки высшего напряжения к току обмотки низшего напряжения. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 3.**  К активным элементам конструкции силового трансформатора относятся… | **Варианты ответа:**  1) магнитопровод и обмотки  2) расширитель и выхлопная труба  3) бак с радиаторами  4) трубчатый охладитель с вентилятором |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Задание № 4.**  Схеме соединения обмоток трёхфазного трансформатора «звезда – звезда» с выведенной нулевой точкой обмотки низшего напряжения соответствует рисунок… | **Варианты ответа:** | |
| 1) | 3) |
| 2) | 4) |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Задание** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **Ответ** | **1** | **1** | **1** | **3** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Трансформатор трёхфазный с магнитопроводом, соединение обмоток звезда-звезда с выведенной нейтральной точкой | или |  |
| Автотрансформатор однофазный с магнитопроводом |  | |
| Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой |  | |

**Тема: «Асинхронные машины».**

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 5.**  При питании обмотки статора от трехфазной сети, в воздушном зазоре асинхронной машины образуется вращающееся с частотой *n1=\_\_\_\_\_об/мин* магнитное поле. | **Варианты ответа:**  1) ; 2) ;  3) ; 4) |

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 6.**  Частота вращения ротора асинхронной машины *n2* равна\_\_\_\_\_\_ *об/мин*. | **Варианты ответа:**  1)  2)  3)  4) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Задание № 7.**  Синхронному двигателю соответствует механическая характеристика … | **Варианты ответа:** | |
| 1) | 3) |
| 2) | 4) |

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 8.**  Гидрогенератор – это \_\_\_\_\_\_\_ синхронная машина, ротор которой вращается с синхронной частотой \_\_\_\_\_\_\_\_ *об/мин*. | **Варианты ответа:**  1) явнополюсная; более 1500  2) неявнополюсная; менее 1500  3) явнополюсная; менее 1500  4) неявнополюсная; более 1500 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 9.**  Турбогенератор – это \_\_\_\_\_\_\_\_\_ синхронная машина, ротор которой вращается с синхронной частотой \_\_\_\_\_\_ *об/мин*. | **Варианты ответа:**  1) явнополюсная; не менее 1500  2) неявнополюсная; менее 1500  3) явнополюсная; менее 1500  4) неявнополюсная; не менее 1500 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание № 10.**  Синхронные машины **не работают** в режиме… | **Варианты ответа:**  1) двигателя  2) компенсатора  3) генератора  4) фазовращателя |

**2. Дискуссия.**

Дискуссии построены по принципу обсуждения мнений по вопросам, рассматриваемым на практических занятиях. В процессе дискуссий обсуждаются также вопросы, решаемые аспирантами в своих диссертациях.

Предлагаемые темы для научных дискуссий и обсуждений приведены ниже.

1. Модернизация управляемого электротехнического комплекса ткацкого станка с целью обеспечения экономии электроэнергии.

2. Расчет энергосберегающих режимов управляемого электротехнического комплекса сновальной машины.

3. Сравнительный анализ классических и интеллектуальных методов расчета энергосберегающих режимов управляемых электротехнических комплексов и систем технологического оборудования прядильного производства.

4. Применение технологии нейронных сетей для расчета динамических режимов управляемого электротехнического комплекса с крутильно-мотальным механизмом.

5. Расчет установившихся режимов электроэнергетической системы с использованием нейронных сетей.

**3. Домашнее задание.**

**Расчёт трехфазных синусоидальных цепей**

Схема «звезда»

1. Начертите расчётные схемы четырёхпроводной (рис. 3.1) и трёхпроводной (рис. 3.2) цепи, при соединении нагрузку в звезду. Укажите на них токи и напряжения. Запишите расчётные данные (табл. 3.1, 3.2).
2. Для всех режимов, указанных в табл. 3.1, 3.2:
3. рассчитайте фазные и линейные токи цепи;
4. по результатам расчётов постройте векторные диаграммы цепи;
5. определите активную, реактивную, полную мощность цепи.
6. Для несимметричного режима работы цепи рис. 3.1 начертите схему включения и определите показания приборов:
7. амперметра в нулевом проводе;
8. вольтметра для измерения фазного напряжения фазы и линейного напряжения .

Исходные данные для расчёта несимметричного режима работы схемы рис.3.1 приведены в табл. 3.1, а для расчёта симметричного и аварийного режимов работы схемы рис. 3.2 – в табл. 3.2.

Схема «треугольник»

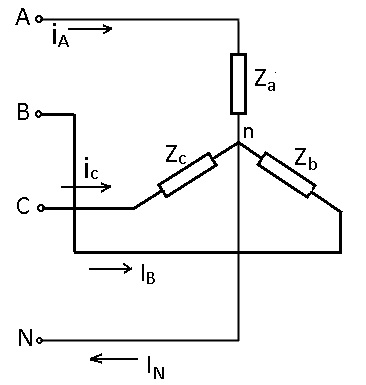
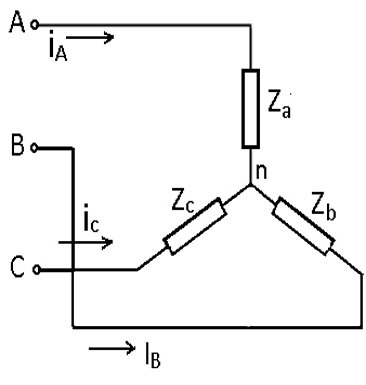
1. Начертите расчётную схему цепи, при соединении нагрузки в треугольник (рис. 3.3). Укажите на схеме линейные и фазные фоки и напряжения. Запишите расчётные данные.

Рисунок 3.1. Рисунок 3.2.

1. Для всех режимов указанных в таблице 3.3:
2. рассчитайте фазные и линейные токи цепи;
3. постройте векторные диаграммы цепи;
4. определите активную, реактивную и полную мощность цепи.
5. Для несимметричного режима работы цепи рис. 3.3 начертите схему включения и определите показания приборов:
6. амперметров для определения всех линейных и фазных токов;
7. вольтметра для измерения одного из фазных и линейного напряжения (например - ).

в) ваттметров для определения трёхфазной мощности цепи. Исходные данные для расчётов приведены в табл. 3.3.

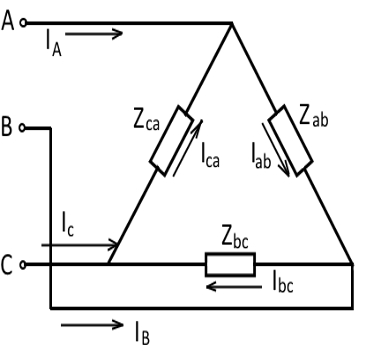


Рисунок 3.3.

**Указания к выполнению домашнего задания**

Расчёт трёхфазных синусоидальных цепей производится аналогично расчёту однофазных синусоидальных цепей, только отдельно для каждой фазы.

**Расчёт трёхфазный цепей при симметричной и несимметричной нагрузке в схеме четырёхпроводной звезды и симметричной нагрузке в схеме трёхпроводной звезды**

Для симметричного и несимметричного режимов работы четырёхпроводной схемы звезда (рис.3.1) и для симметричного режима работы схемы трёхпроводная звезда (рис. 3.2) соотношение между фазными и линейными напряжениями:

В комплексном виде фазные напряжения записываются (при совмещении фазного напряжения с действительной осью комплексной плоскости «+1»):

линейные напряжения:

Расчёт фазных токов производится отдельно для каждой фазы по закону Ома:

Линейные токи в схеме звезда всегда равны фазным токам:

.

При несимметричном режиме работы в четырёхпроводной схеме звезда ток в нулевом проводе равен:

при симметричном режиме :

**Расчет трехфазных цепей при несимметричной нагрузке  
в схеме трехпроводной звезды**

При расчете цепи по схеме трехпроводной звезды («звезда без нулевого провода») в несимметричном режиме работы необходимо найти напряжение смещения нейтрали :

,

Где – фазные напряжения цепи в симметричном режиме, B;

- комплексные проводимости фаз A, B, C.

Так как схема трёхпроводная звезда предназначена только для включения только симметричной трёхфазной нагрузки , то несимметричные режимы могут возникнуть:

- при обрыве одной из фаз.

В этом случае, проводимость этой (оборванной) фазы, становится равной 0 (например, при обрыве фазы «В»). В схеме возникает напряжение смещения нейтрали:

)/() = = ()/2,

А фазные напряжения становятся равными соответственно:

Токи цепи: .

- при коротком замыкании одной из фаз, проводимость этой фазы становится равной. Для расчёта величины напряжения смещения нейтрали, умножим числитель и знаменатель дроби, определяющей UnN на :

/ =,

Фазные напряжения становятся равными соответственно:

Фазные токи цепи: .

Ток в закороченной фазе определяется по первому закону Кирхгофа:

Примеры расчёта цепей см. раздел 3.5, п.п. 1,2,3,4.

**Расчёт трёхфазных цепей в схеме треугольник**

Независимо от соотношения сопротивлений фаз нагрузки соединённой по схеме треугольник, соотношение между линейными и фазными напряжениями всегда определяется равенством:

В комплексном виде эти напряжения записываются в виде:

Расчёт токов производится отдельно для каждой фазы по закону Ома в комплексной форме:

,[A];

,[A];

,[A].

Линейные токи в схеме треугольник определяются по первому закону Кирхгофа для узлов A,B,C схемы (см. рис. 3.3):

**Векторные диаграммы**

Построение векторных диаграмм осуществляется на комплексной плоскости, в выбранном масштабе для токов и напряжений, в соответствии с теми же положениями, что и для цепей однофазного синусоидального тока.

**Мощность цепи**

Мощность цепи рассчитывается отдельно для каждой фазы.

Для схемы звезда

Для схемы треугольник:

Таблица 3.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| , **схема рис.3.1**  **Режим работы несимметричный** | | | |
| **№ вариантов** | **Сопротивления, Ом** | | |
|  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 30 + j70 | 92 | 65 – j32 |
| 1 | 40 – j80 | 35 + j73 | 100 |
| 2 | 28 + j73 | J89 | 49 – j58 |
| 3 | 40 + j58 | 57 – j37 | -j63 |
| 4 | 65 + j30 | J68 | 36 – j52 |
| 5 | 73 – j25 | 37 + j52 | 83 |
| 6 | 52 + j39 | 73 | 48 – j43 |
| 7 | 76 – j36 | 39 + j58 | J72 |
| 8 | 30 + j75 | -j83 | 38 – j60 |
| 9 | 83 + j18 | 75 | 48 + j68 |
| 10 | 53 + j29 | 35 – j49 | -j68 |
| 11 | 33 + j65 | 48 – j70 | -j73 |
| 12 | 54 + j43 | J60 | 72 – j28 |
| 13 | 39 – j50 | 45 + j62 | 69 |
| 14 | 65 | 62 – j45 | 50 + j39 |
| 15 | 53 + j42 | -j63 | 48 – j52 |
| 16 | 72 | 55 + j70 | -j75 |
| 17 | 65 – j48 | J72 | 38 + j45 |
| 18 | 35 – j67 | 32 + j48 | 56 |
| 19 | 34 + j47 | -j80 | 60 – j35 |
| 20 | 65 – j56 | 35 + j67 | -j90 |
| 21 | 82 | 60 + j50 | 32 – j70 |
| 22 | 45 + j65 | 60 – j37 | 68 |
| 23 | 75 – j65 | 76 + j38 | -j80 |
| 24 | 43 + j70 | 56 – j60 | 80 |
| 25 | 85 + j65 | J100 | 48 – j70 |
| 26 | 53 – j74 | 65 + j25 | -j70 |
| 27 | 25 + j80 | 90 | 48 – j80 |
| 28 | 43 – j35 | 65 + j35 | -j70 |
| 29 | 43 + j62 | J65 | 65 – j25 |
| 30 | 54 – j28 | 75 | 49 + j60 |

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **схема рис.3.3.** | | | | | | | |
| № варианта | Сопротивления  , [Ом] | Режимы работы | | | | | |
| Симметричный | Обрыв фазы | Обрыв линейного провода | Несимметричный | | |
| [Ом] | [Ом] | [Ом] |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* | *8* |
| 1 | 43 + j76 |  | AB | A | 43 + 56 | 65 – j32 | 64 + j54 |
| 2 | 43 – j54 | BC | B | 56 – j76 | 86 + j43 | 46 - j80 |
| 3 | 55 + j20 | CA | C | 43 + j59 | 87 – j23 | 64 – j34 |
| 4 | 65 – j23 | AB | B | 58 + j42 | 42 – j58 | 23 + j86 |
| 5 | 86 – j65 | BC | C | 65 – j33 | 78 + j34 | 23 – j76 |
| 6 | 65 + j30 | CA | A | 130 | 64 + j56 | 43 – j55 |
| 7 | 34 – j53 | AB | A | 70 –j43 | 60 + j56 | 69 |
| 8 | 48 + j68 | BC | B | 65 + j85 | 25 + j65 | -j92 |
| 9 | 45 – j67 | CA | C | 73 – j25 | J85 | 52 + j60 |
| 10 | 60 + j50 | AB | B | 35 + j58 | 65 – j42 | j73 |
| 11 | 63 – j35 | BC | C | 30 + j70 | 92 | 65 – j32 |
| 12 | 82 + j42 | CA | A | 40 - j80 | 35 + j73 | 100 |
| 13 | 70 + j48 | AB | A | 28 + j73 | J89 | 49 – j58 |
| 14 | 65 + j75 | BC | B | 40 + j58 | 57 – j37 | -j63 |
| 15 | 74 – j53 | CA | C | 65 + j30 | J68 | 36 –j52 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 16 | 80 + j25 |  | AB | B | 54 – j53 | 76 + j32 | 35 – j43 |
| 17 | 35 – j83 | BC | C | 48 + j28 | 64 – j42 | 40 + j70 |
| 18 | 40 + j64 | CA | A | 35 – j67 | 24 + j18 | 50 – j25 |
| 19 | 50 – j43 | AB | A | 60 + j50 | 32 – j48 | 45 – j32 |
| 20 | 32 + j43 | BC | B | 63 – j35 | 45 + j65 | 34 + j47 |
| 21 | 42 – j65 | CA | C | 83 + j18 | 75 | 48 + j68 |
| 22 | 33 + j65 | AB | B | 53 + j29 | 35 – j49 | -j68 |
| 23 | 44 – j55 | BC | C | 33 + j65 | 48 – j70 | -j73 |
| 24 | 38 + j 80 | CA | A | 54 + j43 | j60 | 72 – j28 |
| 25 | 30 – j75 | AB | A | 39 – j50 | 45 + j62 | 69 |
| 26 | 29 + j73 | BC | B | 65 | 62 – j45 | 50 + j39 |
| 27 | 83 – j18 | CA | C | 53 + j42 | -j63 | 48 – j52 |
| 28 | 81 + j42 | AB | B | 72 | 55 + j70 | -j75 |
| 29 | 38 - j70 | BC | C | 75 + j30 | 49 + j59 | 30 – j75 |
| 30 | 72 + j34 | CA | A | 43+ j65 | 59 – j38 | 24 + j76 |

**Требования к содержанию индивидуальных домашних заданий по дисциплине**

1. Домашнее задание (или курсовой проект) должно быть выполнено в напечатанном виде.

2. Основные разделы должны отражать решение следующих вопросов:

2.1. Постановка и цель выполнения расчетно-графической работы;

2.2. Исходные данные для расчета и проектирования;

2.3. Технологический раздел (описание технологического процесса, обоснование необходимости автоматизированного контроля и управления, требования к автоматизированным системам);

2.4. Идентификация объекта управления;

2.5. Выбор и расчет функциональных элементов автоматизированного электропривода и его системы управления;

2.6. Обоснование и расчет регулятора, оптимизация параметров и его настройки;

2.7. Анализ устойчивости и качества системы управления электроприводом;

2.8. Выводы и заключение;

2.9. Список литературы;

2.10. Приложения.

**Темы индивидуальных домашних заданий**

1. Расчет механических и рабочих характеристик трехфазного асинхронного двигателя;

2. Расчет механических и рабочих характеристик двигателя постоянного тока;

3. Выбор, расчет и проектирование элементов автоматизированного электропривода;

4. Расчет и построение пусковых диаграмм электроприводов постоянного и переменного тока;

5. Расчет переходных процессов при пуске и торможении электропривода.

**4. Контрольная работа**

Контрольная работа содержит четыре задания для каждого варианта.

Первое задание предусматривает знание теоретического материала учебника и Лекций.

Второе задание предназначено для контроля самостоятельного изучения материала Учебных пособий:

1. Поляков А.Е., Филимонова Е.М «Управляемые электротехнические комплексы технологического оборудования». – М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2016. – 300 с.

2. Поляков А.Е., Чесноков А.В., Филимонова Е.М. «Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами». – М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2017. – 224 с.

3. А.В. Чесноков, А.Е. Поляков, Е.М. Филимонова «Теоретические положения и тестирование базовых знаний по электротехнике». – М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2016. – 164 с.

Третье задание предназначено для оценки умения самостоятельно выполнять расчетно-графические задания.

Четвертое задание предназначено для практической и теоретической проверки знаний аспиранта по пройденному материалу.

**Рекомендуемые варианты контрольных работ**

**Вариант № 1.**

**Вопрос 1 (или задание)** Назначение нейтрального провода в трехфазной электрической цепи.

**Вопрос 2 (или задание)** Какие параметры схемы замещения влияют на пусковой момент асинхронного двигателя?

**Вопрос 3 (или задание)** Методы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока.

**Вопрос 4 (или задание)** Поясните условно-логическую схему работы нагруженного трансформатора с учетом обратных связей.

**Вариант № 2.**

**Вопрос 1 (или задание)** Какую опасность представляет резонанс напряжений для электротехнических устройств?

**Вопрос 2 (или задание)** Как влияет на пусковой момент активное сопротивление пускового реостата АД с фазным ротором?

**Вопрос 3 (или задание)** На примере двигателя постоянного тока параллельного возбуждения поясните физические процессы и особенности пуска.

**Вопрос 4 (или задание)** Режимы работы трансформатора. Схема замещения для приведенного трансформатора. Упрощенная схема замещения.

**Вариант № 3.**

**Вопрос 1 (или задание)** Технико-экономическое значение коэффициента мощности (cos φ). Определите линейное напряжение симметричного генератора, если фазное напряжение равно 127 В.

**Вопрос 2 (или задание)** Напряжение питания первичной обмотки обмотки трансформатора U1 = 100 В, его частота f1 = 50 Гц, W1 = 1000. Определите основной магнитный поток (Ф).

**Вопрос 3 (или задание)** Как изменить направление вращения АД?

**Вопрос 4 (или задание)** В каком случае и почему возможен «разнос» (резкое увеличение частоты вращения якоря) двигателя постоянного тока параллельного возбуждения?

**Вариант № 4.**

**Вопрос 1 (или задание)** Как изменятся напряжения и токи потребителя электроэнергии в четырехпроводной трехфазной симметричной системе при отключении нейтрального провода?

**Вопрос 2 (или задание)** Определите скольжение для восьмиполюсного асинхронного двигателя, если частота вращения ротора n2н = 730 об/мин?

**Вопрос 3 (или задание)** Законы физики, проявляемые при работе двигателя постоянного тока.

**Вопрос 4 (или задание)** Укажите, какую мощность можно определить из опытов холостого хода и короткого замыкания.

**Вариант № 5.**

**Вопрос 1 (или задание)** Явление электромагнитной индукции. Механические усилия в магнитном поле машин постоянного и переменного тока.

**Вопрос 2 (или задание)** Первичная обмотка трансформатора включена в сеть напряжением U1 = 1000 В, на зажимах вторичной обмотки напряжение U2 = 100 В. Определите коэффициент трансформации (k) и число витков вторичной обмотки (W2), если число витков первичной обмотки W1 = 210.

**Вопрос 3 (или задание)** Перечислите и объясните тормозные режимы асинхронного двигателя.

**Вопрос 4 (или задание)** Определите, насколько изменится частота вращения АД при понижении напряжения на 10% и неизменной нагрузке на валу, если n1 = 1500 об/мин, f = 50 Гц, = 2,0 Ом, U = 220 В, Mc = 20 Н∙м.

**Вариант № 6.**

**Вопрос 1 (или задание)** Определите Э.Д.С. первичной обмотки трансформатора, если частота тока сети f1 = 50 Гц, число витков W1 = 500, амплитуда магнитного потока равна 0,0005 Вб.

**Вопрос 2 (или задание)** Уравнение электрического состояния АД. Схема замещения.

**Вопрос 3 (или задание)** Определите пусковой момент АД, если n1 = 3000 об/мин, U = 380 В, = 1,5 Ом, x1 = 1,8 Ом, = 2,5 Ом.

**Вопрос 4 (или задание)** Напишите основные математические выражения, характеризующие работу двигателя постоянного тока.

**Вариант № 7.**

**Вопрос 1 (или задание)** По известному действующему значению напряжения U = 500 В определите его амплитуду (Um), мгновенное (u) значение и угловую частоту тока сети (ω).

**Вопрос 2 (или задание)** Наиболее рациональный способ регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.

**Вопрос 3 (или задание)** Выведите уравнение естественной механической характеристики двигателя постоянного тока.

**Вопрос 4 (или задание)** Объясните, с какой целью параметры вторичной обмотки приводятся к числу витков первичной обмотки трансформатора.

**Вариант № 8.**

**Вопрос 1 (или задание)** Принцип работы асинхронного короткозамкнутого электродвигателя. Условно-логическая схема. Принцип получения вращающегося магнитного поля.

**Вопрос 2 (или задание)** Почему при уменьшении тока возбуждения ДПТ с параллельным возбуждением частота вращения его якоря возрастает?

**Вопрос 3 (или задание)** Как изменится максимальный (критический) момент АД с изменением питающего напряжения?

**Вопрос 4 (или задание)** Объясните, изменяются ли токи обмоток при изменении нагрузки трансформатора, как именно и почему.

**Вариант № 9.**

**Вопрос 1 (или задание)** Основные параметры, характеризующие работу асинхронного двигателя.

**Вопрос 2 (или задание)** Условно-логическая схема работы трансформатора.

**Вопрос 3 (или задание)** ДПТ параллельного возбуждения. U = 110 В, n2н = 1000 об/мин, ηн = 0,85, Р2н = 3,0 кВт. Определите Р1, Мн, I.

**Вопрос 4 (или задание)** Запишите комплексные выражения для фазных и линейных напряжений при соединении обмоток генератора звездой и треугольником.

**Вариант № 10.**

**Вопрос 1 (или задание)** Что происходит при обрыве обмотки возбуждения двигателя постоянного тока?

**Вопрос 2 (или задание)** Преимущества трехфазной системы синусоидального тока в сравнении с однофазной системой.

**Вопрос 3 (или задание)** Как изменяются энергетические показатели асинхронного двигателя при изменении нагрузки на валу?

**Вопрос 4 (или задание)** Определите пусковой ток АД, если U = 380 В, = 2,0 Ом, = 1,5 Ом, x1 = 1,8 Ом, = 2,5 Ом.

Полный комплект оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе.

**7.3. Примеры используемых оценочных средств для промежуточной аттестации**

Аспирант допускается к экзамену по дисциплине «Электроприводы и системы управления электроприводами» при условии выполнения учебного плана по дисциплине. Экзамен проводится в письменной форме с последующим устным опросом.

**Примерное содержание вопросов для сдачи экзамена**

1. Согласование параметров оборудования с параметрами среды;

2. Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока;

3. Основные элементы конструкции и принцип действия асинхронного двигателя как преобразователя одного вида энергии в другую;

4. Способы пуска в ход асинхронных двигателей;

5. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей;

6. Основные элементы конструкции и принцип действия трансформаторов;

7. Способы исследования трансформаторов;

8. Условия включения трансформаторов на параллельную работу;

9. Схемы и группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов;

10. Синхронные машины. Основные элементы конструкции, назначение.

Полный комплект оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе.

**Критерии оценки знаний, умений и навыков**

В текущий контроль знаний аудиторной работы входят: 1 контрольная работа, 4 теста, 4 устные дискуссии. В текущий контроль самостоятельной работы входит подготовка к устным дискуссиям, к контрольной работе, тестированию и выполнению домашнего задания.

Промежуточной аттестацией по дисциплине является – **экзамен**.

**Критерии оценки тестирования**

За каждый тест из 4 вопросов аспирант может получить – **результат «зачтено, 5 (отлично)»,** если дан правильный ответ на все вопросы; если количество правильных ответов 75 %, то **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** если менее 75 % – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)».**

**Критерий оценки домашнего задания**

1. Выполнение работы в срок – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** выполнение работы с опозданием в 2 недели – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** более позднее выполнение работы – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)».**
2. Правильность оформления. Аккуратно, без исправлений – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** незначительное отклонение от требований в части структурного наполнения работы – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** грубое нарушение требований по оформлению – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»**.
3. Аспирант знает основные термины, применяемые в области управляемых комплексов, теоретические основы автоматизированного электропривода, возможные перспективы и основные направления развития управляемых комплексов – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** незначительные пробелы в знаниях основных технологических терминов и формулировок – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** значительные пробелы в знаниях основных технологических терминов и формулировок, допущение грубых ошибок, ошибки в понимании сущности анализируемой технологии – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)».**
4. Аспирант демонстрирует умение: применять различные подходы к анализу поставленной проблемы – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** допускает незначительные ошибки в анализе и интерпретации поставленной проблемы – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** допускает значительные пробелы в определении технической терминологии, ошибки в ее интерпретации, ошибки в понимании сущности и способе построения систем автоматического регулирования – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)».**

5. Аспирант владеет навыками самостоятельного овладения новыми знаниями в области энергосбережения, используя современные образовательные технологии; способами систематизации и обобщения информации по вопросам профессиональной деятельности – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;**  допускает незначительные ошибки в ходе ответа на вопрос; незначительные неточности в формулировках – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;**  значительные пробелы в ходе описания объектов; значительные неточности в формировании системы мероприятий, направленных на создание инновационной продукции – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)».**

**Критерии оценки домашней (курсовой) работы**

| **Результат зачёта** | **Критерии оценки образовательных результатов** |
| --- | --- |
| зачтено,  5, отлично | **Результат «зачтено, 5 (отлично)»** выставляется обучающемуся, если актуальность темы полностью обоснована. Во введении приводится обоснование выбора конкретной темы, полностью раскрыта актуальность ее в современном технологическом аспекте, чётко определены, грамотно поставлены задачи и цель домашней работы. Основная часть работы демонстрирует большое количество прочитанных автором работ в области энергоресурсосбережения. В ней содержатся основные термины и понятия присущие объектам автоматизации, и они адекватно использованы. Критически прочитаны литературные источники: вся необходимая информация проанализирована, вычленена, логически структурирована. На основании всесторонней проработки проведен анализ методов исследования динамических систем, сделаны корректные выводы и грамотные обобщения. Автор домашней работы грамотно демонстрирует возможности применения компьютерных технологий, методов презентации. Оформление работы выполнено на хорошем художественном уровне, в правильной стилистике, в слайдах присутствует «цитата стиля». На защите аспирант демонстрирует полное понимание и владений темой исследования. Демонстрирует владение практическими навыками по теоретическим и технико-технологическим условиям управления энергосберегающими режимами.  **Обучающийся** в процессе выполнения домашней работы демонстрировал **высокую степень** овладения учебным материалом, имеющим непосредственное отношение к выполняемой работе, и практическим навыкам, а такжевысокую учебную дисциплину.  **Компетенции**, закреплённые за домашней работой, **сформированы на уровне – высокий**. |
| зачтено,  4, хорошо | **Результат «зачтено, 4 (хорошо)»** выставляется обучающемуся, если во введении не четко прописано обоснование выбора конкретной темы, частично и не вполне аргументировано раскрыта актуальность ее в современном техническом аспекте, не достаточно чётко определены задачи и цель домашней работы. Основная часть работы опирается на небольшое количество литературных источников прочитанных автором работ в области автоматизированного электропривода. Работа недостаточно хорошо структурирована. Проведен анализ определений качества управления технологическими объектами, но сделаны не вполне грамотные обобщения. Автор домашней работы частично демонстрирует возможности применения компьютерных технологий, методов презентации. Оформление работы выполнено на хорошем уровне, но без применения оригинальных методов оформления. На защите аспирант демонстрирует понимание и владений темой исследования, но допускает незначительные ошибки.  **Обучающийся** в процессе выполнения домашней работы демонстрировал **хорошую степень** овладения учебным материалом, имеющим непосредственное отношение к выполняемой работе, и практическим навыкам, а такжехорошую учебную дисциплину.  **Компетенции**, закреплённые за домашней работой, **сформированы на уровне – хороший (средний)**. |
| зачтено,  3,  удовлетворительно | **Результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»** выставляется обучающемуся, если во введении существует несоответствие между сформулированной темой и поставленными задачами, не аргументировано обоснование актуальности темы и ее значимости. Список литературы, не в полной мере относится к выбранной тематике проекта. Работа не структурирована. Проведен не глубокий анализ систем энергосберегающего управления. Автор домашней работы плохо владеет современными компьютерными технологиями. Оформление работы небрежное. На защите аспирант демонстрирует частичное понимание и владений темой исследования, и допускает грубые ошибки  **Обучающийся** в процессе выполнения домашней работы демонстрировал **достаточную степень** овладения учебным материалом, имеющим непосредственное отношение к выполняемой работе, и практическим навыкам, а такжедостаточную учебную дисциплину.  **Компетенции**, закреплённые за домашней работой, **сформированы на уровне – достаточный**. |
| не зачтено,  2,  не удовлетворительно | **Результат «не зачтено, 2 (не удовлетворительно)»** выставляется обучающемуся, если тема работы не раскрыта, материал не проработан, список литературы не соответствует тематике, материал оформлен и представлен небрежно и не в срок.  **Обучающийся** в процессе выполнения домашней работы демонстрировал **невысокую (недостаточную) степень** овладения учебным материалом, имеющим непосредственное отношение к выполняемой работе, и практическим навыкам, а такженизкую учебную дисциплину.  **Компетенции**, закреплённые за домашней работой, **сформированы на недостаточном уровне** или **не сформированы**. |

**Критерии оценки дискуссии**

1. Аспирант активно принимает участие в дискуссии, высказывает и аргументирует собственное мнение, принимает участие, высказывая и аргументируя общепринятое мнение по обсуждаемому вопросу – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** дополняет и развивает выступления других участников, принимает участие, но собственного мнения не высказывает, на вопросы ответить затрудняется – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** не участвует в дискуссии – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)».**

2. Аспирант знает и соблюдает правила ведения дискуссии, не вступает в пререкания с модератором, выстраивает аргументы последовательно и логично, критикует мнение, а не лицо, его излагающее – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** выступая, незначительно выходит за рамки правил и допускает незначительное нарушение регламента – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** проявляет повышенную эмоциональность, переходит на личности, препятствует ведению дискуссии – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»**.

3. Аспирантт демонстрирует знания теоретических основ и базовых понятий всех разделов лекционного материала, терминологию; знает, как грамотно изложить свои знания в рамках темы дискуссии – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** незначительные пробелы в знаниях теории, терминологии, небольшое расхождение излагаемого материала с темой дискуссии – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** значительные пробелы в знаниях теории, непонимание терминологии, несвязанное изложение – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»**.

4. Аспирант демонстрирует умение: иллюстрировать теоретические положения в области информационных и компьютерных технологий конкретными примерами из литературных источников (см. список дополнительной литературы), формулировать и аргументировать свою точку зрения – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** незначительные расхождения теоретических положений и подтверждающих их примеров – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** непонимание связи теории и практики, неумение изложить материал и подобрать примеры к теоретическим положениям, существенное отклонение от темы дискуссии – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»**.

5. Аспирант проявляет навыки публичной речи, аргументации, ведения полемики; навыки анализа, обобщения и критического осмысления самостоятельной полученной информации – **результат «зачтено, 5 (отлично)»;** допускает незначительные пробелы в изложении, не искажающие сути описываемого, недочеты в умении вести полемику – **результат «зачтено, 4 (хорошо)»;** допустил серьезные ошибки в работе с информацией, упустил наличие одного или ряда источников, что существенно исказило выводы работы – **результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»**.

**Критерии оценки контрольной работы**

Контрольные работы по дисциплине «Электроприводы и системы управления электроприводами» проводятся письменно. Результаты оцениваются по пяти бальной системе. Аспиранту предлагается 4 – 5 вопросов, имеющих теоретическую и расчетно-практическую направленность. Один из вопросов предусматривает расчетно-графическую реализацию поставленной задачи.

**Оценка «отлично»** выставляется аспиранту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания вопросов контрольной работы и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, направленных на реализацию энергосберегающих режимов энергоемким технологическим оборудованием, свободное и правильное обоснование принятых решений.

**Оценка «хорошо»** выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности, которые может устранить с помощью дополнительных вопросов преподавателя. Показывает твердые знания интеллектуальных методов и технологий.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется аспиранту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки электротехнических понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными понятиями выносимых на контрольную работу тем, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, который не знает большей части основного содержания выносимых на контрольную работу вопросов тем дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач, направленных на реализацию энергосберегающих режимов сложных многомерных динамических объектов технологического оборудования.

**Критерии оценки при сдаче экзамена**

| **Результат зачёта** | **Критерии оценки образовательных результатов** |
| --- | --- |
| зачтено,  5, отлично | **Результат «зачтено, 5 (отлично)»** выставляется обучающимся, если обучающийся на учебных занятиях и по результатам самостоятельной работы демонстрировал глубокое и прочное усвоение программного материала, последовательно, чётко и логически стройно излагал его на занятиях, умел тесно увязывать теорию с практикой, свободно справлялся с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причём не затруднялся с ответом при видоизменении заданий, использовал в ответах учебно-методический материал не только из основной литературы, правильно обосновывал принятое решение. Аспирант знает: основные характеристики оборудования для автоматизации технологических процессов и производств, с целью проведения исследований в области энергосбережения сложных многомерных динамических объектов и систем энергосбережения в том числе электроприводов; оптимальные параметры измерений и условий эксплуатации электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; области применения, базовые принципы и методы использования техники и инструментального оборудования при проведении научных исследований в области изучения и анализа электроприводов и систем энергосбережения; что такое оригинальные методы исследования электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; примеры применения оригинальных методов исследования для их практической реализации; структуру, содержание и требования технической документации в области электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; структуру и содержание графика учебного процесса; структуру и содержание рабочих программ дисциплин; структуру и содержание ФОС по дисциплинам; новые образовательные технологии при изучении электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.  умеет: разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию в области обеспечения энергоэффективности и энергосбережения сложных многомерных динамических объектов технологического оборудования, руководить их созданием; предлагать методические и нормативные документы регламентирующие использование определённой лабораторной и инструментальной базы в соответствии с направлением подготовки; применять и оценивать эффективность использования лабораторной и инструментальной базы в соответствии с профилем подготовки; самостоятельно предлагать нестандартные методы исследований и разрабатывать рекомендации для их реализации; разрабатывать методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований и перспективных технических разработок в области электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами, подготавливать конкретные задания для исполнителей, научно-технические отчеты, обзоры и публикации по результатам выполненных научных исследований; составлять рабочую программу дисциплины с учетом компетентностного подхода; составлять ФОС по рабочей программе учебной дисциплины; сравнивать эффективность базовых технологий с новыми технологиями,применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения;  владеет: навыками использования методических пособий, нормативных документов и технической документации в области электротехнических систем и комплексов, а также электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами; необходимыми знаниями по использованию технической документации по направлению подготовки, базовыми навыками проведения научно- исследовательских работ в области электроприводов и систем энергосбережения; навыками проведения научных исследований и перспективных технических разработок, подготовкой отдельных заданий для исполнителей, обзоров и публикации по результатам проведенных исследований; готовностью к разработке учебно-методической документации для реализации образовательных программ; способностью использовать современное оборудование и новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения при изучении и анализе электроприводов и систем управления сложными динамическими объектами.  **Учебные достижения** в семестровый период и результаты рубежного контроля демонстрировали **высокую степень овладения программным материалом**.  **Компетенции**, закреплённые за дисциплиной, **сформированы на уровне – высокий**. |
| зачтено,  4, хорошо | **Результат «зачтено, 4 (хорошо)»** выставляется обучающемуся, если рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в данный диапазон.  При этом, обучающийся на учебных занятиях и по результатам самостоятельной работы демонстрировал твёрдое знание материала, грамотно и по существу излагал его, не допускал существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применял, использовал в ответах учебно-методический материал исходя из специфики практических вопросов и задач, продемонстрировал владение необходимыми навыками и приёмами их выполнения.  **Учебные достижения** в семестровый период и результаты рубежного контроля продемонстрировал **хорошую степень овладения программным материалом**.  **Компетенции**, закреплённые за дисциплиной, **сформированы на уровне – хороший (средний)**. |
| зачтено,  3, удовлетворительно | **Результат «зачтено, 3 (удовлетворительно)»** выставляется обучающемуся, если рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в данный диапазон.  При этом, обучающийся на учебных занятиях и по результатам самостоятельной работы демонстрировал знания только основного материала, при этом, он не усвоил его деталей, допускал неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывал затруднения при выполнении практических работ.  **Учебные достижения** в семестровый период и результаты рубежного контроля продемонстрировал **достаточную (удовлетворительную) степень овладения программным материалом**.  **Компетенции**, закреплённые за дисциплиной, **сформированы на уровне – достаточный**. |
| не зачтено,  2, не удовлетворительно | **Результат «не зачтено, 2 (не удовлетворительно)»** выставляется обучающемуся, если рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в данный диапазон.  При этом, обучающийся на учебных занятиях и по результатам самостоятельной работы продемонстрировал незнание значительной части программного материала, допускал существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполнял практические работы.  Как правило, «не зачтено» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.  **Учебные достижения** в семестровый период и результаты рубежного контроля продемонстрировал **невысокую (недостаточную) степень овладения программным материалом**.  **Компетенции**, закреплённые за дисциплиной, **сформированы на недостаточном уровне** или **не сформированы**. |

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины (модуля)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Автор(ы) | Наименование издания | Вид издания (учебник, учебное пособие, ….) | Издательство | Год издания | Кол-во экз. | Электронный ресурс |
| **Основная литература** | | | | | |  |  |
| 1 | Фираго Б.И, Васильев Д.С | Векторные системы управления электроприводами | Учебное пособие | Мн.:Вышэйшая школа, 2016. - 159 с. | 2016 |  | http://znanium.com/catalog/product/1010940 |
| 2 | Поляков А.Е., Чесноков А.В., Филимонова Е.М. | Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами | Учебное пособие | М.: Форум | 2015 |  | http://znanium.com/catalog/product/506589 |
| 3 | [Кудинов А.](http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5" \l "none)  [А.](http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5" \l "none) | Энергосбережение в котельных установках ТЭС и систем теплоснабжения | монография | М.: НИЦ ИНФРА-М | 2018 г |  | http://znanium.com/bookread2.php?book=1000214 |
| **Дополнительная литература** | | | | | | | |
| 1 | Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Чесноков А.В., Филимонова Е.М. | Применение классических и интеллектуальных методов для исследования энергосберегающих режимов сложных управляемых электротехнических комплексов технологического оборудования | монография | М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ» | 2013 | 1 |  |
| 3 | Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М | Повышение эффективности управления энергосберегающими режимами технологического оборудования | монография | М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ» | 2015 | 1 |  |
|  | Поляков А.Е., Филимонова Е.М | Энергосбережение за счет применения интеллектуальных систем управления электротехническими комплексами технологического оборудования | монография | М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ» | 2016 | 1 |  |
|  | Поляков А.Е., Филимонова Е.М. | Управляемые электротехнические комплексы технологического оборуд.. Науч.-практ. и метод. реком. по выпол. курс. и диплом. проект. | Учебное пособие | М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016-300с | 2016 | 2 | http://znanium.com/catalog/product/519051 |
|  | Поляков А.Е., Рыжкова Е.А., Иванов М.С. | Электротехнические комплексы и системы технологического оборудования как объекты управления энергосберегающими режимами. Часть 1. Основные теоретические положения исследования энергосберегающих режимов сложных многомерных динамических объектов | монография | М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» | 2017 | 2 |  |

**8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, электронных образовательных ресурсов локальных сетей РГУ им. А.Н. Косыгина, необходимых для освоения дисциплины**

1. Библиотека РГУ им. А.Н. Косыгина <http://biblio.mgudt.ru/jirbis2/>.

2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «ИНФРА-М» «Znanium.com» <http://znanium.com/>.

3. Реферативная база данных «Web of Science» <http://webofknowledge.com/> .

4. Реферативная база данных «Scopus» <http://www.scopus.com/> .

5. Патентная база данных компании «QUESTEL – ORBIT» <https://www37.orbit.com/#PatentEasySearchPage>.

6. Электронные ресурсы издательства «SPRINGERNATURE» <http://www.springernature.com/gp/librarians>.

7. ООО «ИВИС» <http://dlib.eastview.com/>.

8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» <http://www.elibrary.ru/>.

9. Национальная электронная библиотека («НЭБ») [http://нэб.рф/](http://xn--90ax2c.xn--p1ai/).

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
| Аудитория №1814 - учебная лаборатория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.  Адрес:  Москва, ул. Малая Калужская, д.1 | Комплект учебной мебели, меловая доска, специализированное оборудование: осцеллографы, экспонаты приборов выработки электрического тока. |  |
| Аудитория №1808 - дисплейный класс для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.  Адрес:  Москва, ул. Малая Калужская, д.1 | Комплект учебной мебели, меловая доска, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации: экран, проектор, 8 персональных компьютеров. | Microsoft® Windows® XP Professional Russian Upgrade/Software Assurance Pack Academic OPEN No Level, артикул Е85-00638; лицензия № 18582213 от 30.12.2004 (бессрочная академическая лицензия; центр поддержки корпоративных лицензий Microsoft).  Kaspersky Endpoint Secunty для бизнеса - Стандартный Russian Edition, 250-499 Node 1 year Educational Renewal License; Договор №218/17-КС от 21.11.2018. |