



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ**

Направление подготовки (специальность)  
15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1023)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники  
26.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук \_\_\_\_\_

О.С. Малахов

Рецензент:

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ А.Ю. Юдин



### **Лист актуализации рабочей программы**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

## 1. Общие положения

Государственная итоговая аттестация проводится государственными экзаменационными комиссиями в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательных программ соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Бакалавр по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника должен быть подготовлен к решению профессиональных задач в соответствии с направленностью профилем образовательной программы Мехатронные системы в автоматизированном производстве и видам профессиональной деятельности:

- научно-исследовательской;
- проектно-конструкторской;
- организационно-управленческой.

В соответствии с видами и задачами профессиональной деятельности выпускник на государственной итоговой аттестации должен показать соответствующий уровень освоения следующих компетенций:

- способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);
- способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);
- способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели (УК-3);
- способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия (УК-4);
- способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия (УК-5);
- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки (УК-6);
- способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации в области машиностроения (ОПК-2);
- способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня (ОПК-3);
- способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов (ОПК-4);
- способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью с учетом стандартов, норм и правил (ОПК-5);
- способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий (ОПК-6);
- способен разрабатывать современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении (ОПК-7);

- способен оптимизировать затраты на обеспечение деятельности производственных подразделений (ОПК-8);
- способен разрабатывать и осваивать новое технологическое оборудование (ОПК-9);
- способен разрабатывать методики контроля и обеспечения производственной и экологической безопасности на рабочих местах (ОПК-10);
- способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем (ОПК-11);
- способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей (ОПК-12);
- способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем (ОПК-13);
- способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения (ОПК-14);
- способность разрабатывать концепции мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы (ПК-1);
- способность разработать и подготовить комплект конструкторской документации мехатронных систем, включающих автоматизированный электропривод (ПК-2);
- способность осуществлять руководство работниками, выполняющими проектирование мехатронной системы, включающей электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы (ПК-3);
- способность осуществлять авторский надзор за процессом изготовления мехатронной системы (ПК-4).

На основании решения Ученого совета университета от 17.03.2021 (протокол № 5) государственные аттестационные испытания по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника проводятся в форме:

- государственного экзамена;
- защиты выпускной квалификационной работы.

К государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по данной образовательной программе.

## **2. Программа и порядок проведения государственного экзамена**

Согласно рабочему учебному плану государственный экзамен проводится в период с 01.06.2023 по 16.06.2023. Для проведения государственного экзамена составляется расписание экзамена и предэкзаменационной консультации (консультирование обучающихся по вопросам, включенным в программу государственного экзамена).

Государственный экзамен проводится на открытых заседаниях государственной экзаменационной комиссии в специально подготовленных аудиториях, выведенных на время экзамена из расписания. Присутствие на государственном экзамене посторонних лиц допускается только с разрешения председателя ГЭК.

Обучающимся и лицам, привлекаемым к государственной итоговой аттестации, во время ее проведения запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

Государственный экзамен проводится в письменной форме.

Государственный экзамен включает 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание. Продолжительность экзамена составляет 3 часа.

Во время государственного экзамена студент может пользоваться: учебными программами, макетами, альбомами схем и другими наглядными пособиями.

Результаты государственного экзамена определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в день приема экзамена.

Критерии оценки государственного экзамена:

– на оценку **«отлично»** – обучающийся должен показать высокий уровень сформированности компетенций, т.е. показать не только знания и умения на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и профессиональные, интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений, основанных на прочных знаниях;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся должен показать средний уровень сформированности компетенций, т.е. показать не только знания и умения на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и профессиональные, интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – обучающийся должен показать пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, профессиональные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Результаты государственного экзамена объявляются на следующий рабочий день после проведения экзамена.

Обучающийся, успешно сдавший государственный экзамен, допускается к выполнению и защите выпускной квалификационной работы.

## **2.1 Содержание государственного экзамена**

### ***2.1.1 Перечень теоретических вопросов, выносимых на государственный экзамен***

1. Электромагнитный момент и электромагнитное усилие электрических машин вращательного и поступательного движения.

2. Компенсация изменения параметров объекта в системах автоматического регулирования при двухзонном регулировании.

3. Классификация гидропередат, области их применения.

4. Принципы построения систем управления асинхронным двигателем.

5. Гидравлический привод. Основные рабочие параметры гидропривода.

6. Типовые статические нагрузки, активные и реактивные моменты (силы).



7. Динамические режимы системы подчиненного регулирования с ПИ-регулятором скорости.
  8. Особенности шагового электропривода в составе мехатронной системы.
  9. Потери и КПД электроприводов в установившемся режиме.
  10. Система управления моментом асинхронного двигателя.
  11. Структурная модель электродвигателя постоянного тока, как часть мехатронной системы.
  12. Структурное моделирование мехатронных систем. Основные принципы.
  13. Система ТП-Д в зоне прерывистого режима как объект регулирования. Двойной регулятор тока.
  14. Достоинства и недостатки гидропривода при сравнении с механическими, электрическими и пневматическими приводами.
  15. Силовые полупроводниковые устройства в цепях электрических машин.
  16. Система ПЧ-АД. Принципиальная схема, принцип работы.
  17. Гидростатический парадокс. Закон Паскаля.
  18. Однофазный двухполупериодный управляемый выпрямитель со средней точкой.
- Коммутационные процессы.
19. Переходные процессы (идеальные) в подчиненной системе двухзонного регулирования.
  20. Приборы для измерения давления. Статическое давление жидкости на твердые поверхности в замкнутых объемах.
  21. Способы снижения потерь и расхода энергии в переходных процессах электроприводов с двигателями постоянного тока независимого возбуждения.
  22. Замкнутая по скорости САР с П-регулятором системы ТП-Д. Динамические характеристики.
  23. Определение и задачи гидростатики. Гидростатическое давление.
  24. Трехфазная нулевая схема выпрямления. Принцип действия, характеристики, преимущества, недостатки.
  25. Построение подчиненной САР системы ТП-Д с ПИ-регулятором скорости, динамические характеристики.
  26. Гидравлический реверсивный сервоклапан. Устройство, принцип работы.
  27. Трехфазная мостовая схема выпрямления. Принцип действия, характеристики, преимущества, недостатки.
  28. Трёхконтурная САР по положению. Структурная схема, регулятор положения, динамические характеристики.
  29. Гидравлические приводы. Классификация, сферы применения, устройство гидроприводов.
  30. Жесткость механических характеристик. Устойчивость работы электропривода в установившемся режиме.
  31. Влияние обратной связи по ЭДС на системы подчиненного регулирования. Компенсация влияния ЭДС.
  32. Составные элементы гидравлических напорных систем. Основная гидравлическая характеристика напорной системы.
  33. Полностью управляемые полупроводниковые приборы и их параметры
  34. Трёхконтурная САР по перемещению. Структурная схема, динамические характеристики.

35. Гидравлический удар. Гидравлическое уравнение баланса энергии при неустановившемся движении.

36. Зависимый инвертор, ведомый сетью

37. Назначение и реализация двухзонной системы автоматического регулирования для двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

38. Классификация гидроприводов по кинематике, характеру движения рабочей жидкости, способу регулирования, давлению, по методу управления и контроля.

39. Тормозные режимы электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

40. Частотный преобразователь с автономным инвертором напряжения. Схема, принцип работы.

41. Особенности реализации волновых редукторов и область их применения

42. Независимый (автономный) инвертор напряжения.

43. САР скорости для двигателя постоянного тока.

44. Достоинства и недостатки гидропривода при сравнении с механическими, электрическими и пневматическими приводами.

45. Естественные и искусственные характеристики электропривода с двигателями независимого возбуждения.

46. Системы управления электроприводом постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению двигателя.

47. Напорные системы. Мехатронная система глубинного насоса.

48. Реверсивные тиристорные преобразователи. Совместное и раздельное управление тиристорными группами.

49. Естественная и искусственные характеристики асинхронного двигателя при законе частотного регулирования  $U/F = \text{const}$ .

50. Реверсивный гидроклапан. Разновидности, принцип работы, характеристики.

### **2.1.2 Перечень практических заданий, выносимых на государственный экзамен**

1. Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (паспортные данные  $P_n = 3,5$  кВт,  $\eta_n = 870$  об/мин,  $U_{1л} = 380$  В,  $I_n = 10,1$  А,  $r_1 = 2,16$  Ом,  $x_1 = 2,03$  Ом,  $r_2' = 3,33$  Ом,  $x_2' = 1,46$  Ом) работают на общий вал. В результате технологического разброса параметров оказалось, что активное сопротивление ротора 1-ой машины на 10% меньше паспортного, а активное сопротивление ротора 2-ой машины на 10% больше паспортного. Оцените графическим способом загрузку двигателей, если суммарный момент нагрузки  $M_c = 75$  Нм.

2. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением применяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами:  $P_n = 12$  кВт,  $\eta_n = 790$  об/мин,  $U_n = 220$  В,  $I_n = 65$  А,  $R_\Sigma = 0,266$  Ом. Момент инерции  $J = 0,4$  кгм<sup>2</sup>. Определите диапазон  $D$  регулирования скорости при заданной точности ее поддержания  $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5$  Мн; момент статический сопротивлений изменяется в пределах от 0 до Мн; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200 С до 800 С.

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за  $t_{п} = 0,7$  с,  $T_v = 1,5$  с,  $U_{вн} = 220$  В.

3. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения:  $J_\Sigma = 10$  кгм<sup>2</sup>,  $\omega_0 = 1101$ /с,  $\omega_{нач} = 100$  1/с,  $K\Phi = 5$  вс,  $M_n = 1000$  Нм переходит в режим динамического торможения



с  $M_{нач} = 1,4 \text{ Мн}$ . Нарисовать кривые переходного процесса при  $\omega = f(t)$ ,  $i_a = f(t)$  при активном и реактивном  $M_c$ .

Определить:

1)  $T_m$

2) т.д. время торможения двигателя до скорости  $\omega = 0$ ;

3) Потери энергии в двигателях и откуда они поступают?

Нарисовать схему асинхронного вентильного каскада и пояснить принцип работы.

4. Асинхронный двигатель тормозится вхолостую в режиме противовключения. Критический момент  $M_k = 1000 \text{ Нм}$ , синхронная скорость  $\omega_0 = 104,7 \text{ 1/с}$ , момент инерции  $J = 10 \text{ кгм}^2$ . Определить величину критического скольжения, при котором время торможения  $t_{т min}$ , а также потери  $\Delta A_p$ , если  $R_1 / R_2 = 1$ .

5. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения тормозится в режиме противовключения с реактивным  $M_c = M_n$ . Технические данные:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_a = 0,266 \text{ Ом}$ ,  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ ,  $\omega_{нач} = 82,7 \text{ 1/с}$ ,  $I_{нач} = 130 \text{ А}$ .

а) Построить кривые  $\omega = f(t)$ ,  $M = f(t)$  и определить время торможения до  $\omega = 0$ .

б) Определить величину потерь энергии при торможении.

6. Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (паспортные данные:  $P_n = 3,5 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 870 \text{ об/мин}$ ,  $U_{1л} = 380 \text{ В}$ ,  $I_n = 10,1 \text{ А}$ ,  $r_1 = 2,16 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = 2,03 \text{ Ом}$ ,  $r_2' = 3,33 \text{ Ом}$ ,  $x_2' = 1,46 \text{ Ом}$ ) работают на общий вал. В результате технологического разброса параметров оказалось, что активное сопротивление ротора 1-го двигателя на 10% меньше паспортного, а 2-го на 10% больше паспортного. Оцените графическим способом загрузку двигателей, если суммарный момент нагрузки  $M_c = 75 \text{ Нм}$ .

7. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением изменяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_a = 0,266 \text{ Ом}$ , момент инерции  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ . Определите диапазон  $D$  регулирования скорости при заданной точности ее поддержания  $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5 \text{ Мн}$ ; момент статических сопротивлений изменяется в пределах от 0 до  $M_n$ ; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200 С до 800 С.

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за  $t_p = 0,7 \text{ с}$ ,  $T_v = 1,5 \text{ с}$ ,  $U_{вн} = 220 \text{ В}$ .

8. Для регулирования скорости ДПТ с НВ (паспортные данные двигателя:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_a = 0,266 \text{ Ом}$ , момент инерции  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ ,  $I_{нач} = 130 \text{ А}$ ). Используется система ТП-Д. Тиристорный преобразователь – трехфазная мостовая схема выпрямления, питается от сети с реактором ( $U_{л} = 220 \text{ В}$ ), индуктивность фазы  $L_{\phi} = 0,25 \text{ мГн}$ , активное сопротивление  $R_{\phi} = 0,015$ . Требуется обеспечить диапазон регулирования скорости  $D = 5$ . Оцените точность регулирования и коэффициент мощности при таком способе регулирования.

9. Рассчитайте переходный процесс пуска  $\omega = f(t)$ ,  $i_a = f(t)$  двигателя постоянного с НВ, имеющего следующие данные:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 1360 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_a = 0,194 \text{ Ом}$ , момент инерции  $J_{\Sigma} = 0,4 \text{ кгм}^2$ ,  $\lambda = 2$ . В якорную цепь для ограничения пускового тока на допустимом уровне включен дополнительный резистор  $R_{доб}$ ;  $M_c = M_n$

10. Регулирование скорости АД с КЗР осуществляется по системе ПЧ-АД. Паспортными данными двигателя:  $P_n = 3,5 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 870 \text{ об/мин}$ ,  $U_{1л} = 380 \text{ В}$ ,  $I_n = 10,1 \text{ А}$ ,

$R_1 = 2,16 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = 2,03 \text{ Ом}$ ,  $R_2' = 3,33 \text{ Ом}$ ,  $x_2' = 1,46 \text{ Ом}$ . Определите частоту и напряжение, которое необходимо приложить к статору, для получения скорости вращения

1)  $\omega = 157 \text{ рад/с}$  при моменте нагрузки  $M_c = 15 \text{ Нм}$ .

2)  $\omega = 45 \text{ рад/с}$  при  $M_c = 15 \text{ Нм}$ .

Рассчитайте и постройте характеристики  $\omega = f(M)$  при  $\omega = 91 \text{ рад/с}$ ,  $\omega = 45 \text{ рад/с}$ ,  $\omega = 157 \text{ рад/с}$ ,

11. Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (паспортные данные:  $P_n = 3,5 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 870 \text{ об/мин}$ ,  $U_{1л} = 380 \text{ В}$ ,  $I_n = 10,1 \text{ А}$ ,  $r_1 = 2,16 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = 2,03 \text{ Ом}$ ,  $r_2' = 3,33 \text{ Ом}$ ,  $x_2' = 1,46 \text{ Ом}$ ) работают на общий вал. В результате технологического разброса параметров оказалось, что активное сопротивление ротора 1-ой машины на 10% меньше паспортного, а активное сопротивление ротора 2-ой машины на 10% больше паспортного. Оцените графическим способом загрузку двигателей, если суммарный момент нагрузки  $M_c = 75 \text{ Нм}$ .

12. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением применяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_\Sigma = 0,266 \text{ Ом}$ . Момент инерции  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ . Определите диапазон  $D$  регулирования скорости при заданной точности ее поддержания  $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5 \text{ Мн}$ ; момент статический сопротивлений изменяется в пределах от 0 до  $M_n$ ; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от  $200 \text{ С}$  до  $800 \text{ С}$ .

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за  $t_n = 0,7 \text{ с}$ ,  $T_v = 1,5 \text{ с}$ ,  $U_{вн} = 220 \text{ В}$ .

13. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения:  $J_\Sigma = 10 \text{ кгм}^2$ ,  $\omega_0 = 1101/\text{с}$ ,  $\omega_{нач} = 100 \text{ 1/с}$ ,  $K\Phi = 5 \text{ вс}$ ,  $M_n = 1000 \text{ Нм}$  переходит в режим динамического торможения с  $M_{нач} = 1,4 \text{ Мн}$ . Нарисовать кривые переходного процесса при  $\omega = f(t)$ ,  $i_a = f(t)$  при активном и реактивном  $M_c$ .

Определить:

1)  $T_m$

2) т.д. время торможения двигателя до скорости  $\omega = 0$ ;

3) Потери энергии в двигателях и откуда они поступают?

Нарисовать схему асинхронного вентильного каскада и пояснить принцип работы.

14. Асинхронный двигатель тормозится вхолостую в режиме противовключения. Критический момент  $M_k = 1000 \text{ Нм}$ , синхронная скорость  $\omega_0 = 104,7 \text{ 1/с}$ , момент инерции  $J = 10 \text{ кгм}^2$ . Определить величину критического скольжения, при котором время торможения  $t_{т min}$ , а также потери  $\Delta A_p$ , если  $R_1 / R_2 = 1$ .

15. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения тормозится в режиме противовключения с реактивным  $M_c = M_n$ . Технические данные:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_\Sigma = 0,266 \text{ Ом}$ ,  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ ,  $\omega_{нач} = 82,7 \text{ 1/с}$ ,  $I_{нач} = 130 \text{ А}$ .

а) Построить кривые  $\omega = f(t)$ ,  $M = f(t)$  и определить время торможения до  $\omega = 0$ .

б) Определить величину потерь энергии при торможении.

16. Для регулирования скорости ДПТ с независимым возбуждением изменяется система Г-Д. Генератор и двигатель одинаковые эл.машины с параметрами:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_\Sigma = 0,266 \text{ Ом}$ , момент инерции  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ . Определите диапазон  $D$  регулирования скорости при заданной точности ее поддержания

$\Delta M_c \text{ доп} = 0,5 \text{ Мн}$ ; момент статических сопротивлений изменяется в пределах от 0 до Мн; температура машин в процессе работы изменяется в пределах от 200 С до 800 С.

Определите необходимый коэффициент форсировки для пуска двигателя в системе Г-Д за  $t_{п} = 0,7 \text{ с}$ ,  $T_v = 1,5 \text{ с}$ ,  $U_{вн} = 220 \text{ В}$ .

17. Для регулирования скорости ДПТ с НВ (паспортные данные двигателя:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_a = 0,266 \text{ Ом}$ , момент инерции  $J = 0,4 \text{ кгм}^2$ ,  $I_{нач} = -130 \text{ А}$ . Используется система ТП-Д. Тиристорный преобразователь – трехфазная мостовая схема выпрямления, питается от сети с реактором ( $U_{л} = 220 \text{ В}$ ), индуктивность фазы  $L_{\phi} = 0,25 \text{ мГн}$ , активное сопротивление  $R_{\phi} = 0,015$ . Требуется обеспечить диапазон регулирования скорости  $D = 5$ . Оцените точность регулирования и коэффициент мощности при таком способе регулирования.

18. Рассчитайте переходный процесс пуска  $\omega = f(t)$ ,  $i_a = f(t)$  двигателя постоянного с НВ, имеющего следующие данные:  $P_n = 12 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 1360 \text{ об/мин}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 65 \text{ А}$ ,  $R_a = 0,194 \text{ Ом}$ , момент инерции  $J_{\Sigma} = 0,4 \text{ кгм}^2$ ,  $\lambda = 2$ . В якорную цепь для ограничения пускового тока на допустимом уровне включен дополнительный резистор  $R_{доб}$ ;  $M_c = M_n$

19. Регулирование скорости АД с КЗР осуществляется по системе ПЧ-АД. Паспортные данные двигателя:  $P_n = 3,5 \text{ кВт}$ ,  $\eta_n = 870 \text{ об/мин}$ ,  $U_{нл} = 380 \text{ В}$ ,  $I_{нл} = 10,1 \text{ А}$ ,  $R_1 = 2,16 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = 2,03 \text{ Ом}$ ,  $R_2' = 3,33 \text{ Ом}$ ,  $x_2' = 1,46 \text{ Ом}$ . Определите частоту и напряжение, которое необходимо приложить к статору, для получения скорости вращения

1)  $\omega = 157 \text{ рад/с}$  при моменте нагрузки  $M_c = 15 \text{ Нм}$ .

2)  $\omega = 45 \text{ рад/с}$  при  $M_c = 15 \text{ Нм}$ .

Рассчитайте и постройте характеристики  $\omega = f(M)$  при  $\omega = 91 \text{ рад/с}$ ,  $\omega = 45 \text{ рад/с}$ ,  $\omega = 157 \text{ рад/с}$ ,

19. Для однофазной схемы выпрямления со средней точкой определить максимальное значение выпрямленной ЭДС  $E_{d0}$ , среднее значение выпрямленной ЭДС  $E_d$ , среднее значение выпрямленного тока  $I_d$ , среднее значение тока через вентиль  $I_{в.ср.}$ , максимальное напряжение на вентиле  $U_{max}$  при  $E_2\phi = 100 \text{ В}$ ;  $R_d = 10 \text{ Ом}$ ;  $L_d =$ ,  $\alpha = 30^\circ$ .

20. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{vsl} = f(\omega_0 t)$  для однофазной схемы выпрямления со средней точкой при работе на  $R_d$  ( $L_d = 0$ ) при  $\alpha = 60^\circ$ ,  $X_T = 0$ ;  $R_T = 0$ ;  $E_2\phi = 100 \text{ В}$ . Определить  $E_d$ ,  $U_{в.мах}$ .

21. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{vsl} = f(\omega_0 t)$  для однофазной схемы выпрямления со средней точкой при работе на  $R_d = 10 \text{ Ом}$ ;  $L_d =$  при  $\alpha = 60^\circ$  с учетом коммутации  $X_T = 0,5 \text{ Ом}$ ;  $E_2\phi = 100 \text{ В}$ . Определить  $E_d$ ,  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $U_{в.мах}$

23. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{vsl} = f(\omega_0 t)$  для однофазной мостовой схемы выпрямления при работе на  $R_d$  ( $L_d = 0$ ) при  $\alpha = 60^\circ$   $X_T = 0$ ;  $R_T = 0$ ;  $R_d = 10 \text{ Ом}$ ;  $E_2\phi = 100 \text{ В}$ . Определить  $E_d$ ,  $I_d$ ,  $U_{в.мах}$

24. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{vsl} = f(\omega_0 t)$  для однофазной мостовой схемы выпрямления при работе на  $R_d = 10 \text{ Ом}$ ;  $L_d =$  при  $\alpha = 60^\circ$  с учетом коммутации  $X_T = 0,5 \text{ Ом}$ ;  $E_2\phi = 100 \text{ В}$ . Определить  $E_d$ ,  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $U_{в.мах}$

25. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{vsl} = f(\omega_0 t)$ ,  $i_d = f(\omega_0 t)$ ,  $i_a, i_b, i_c = f(\omega_0 t)$  для трехфазной нулевой схемы выпрямления при работе на  $R_d$  ( $L_d = 0$ ) при  $\alpha = 0$ ,  $R_d = 10 \text{ Ом}$ ;

$E_{2\phi}=100$  В. Схема соединения обмоток трансформатора  $Y/Y$ . Определить  $E_{d0}$ ,  $I_d$ ,  $U_{в.мах}$ , средний ток вентиля  $I_{в.ср.}$ .

26. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{в.сл} = f(\omega_0 t)$ ,  $i_d = f(\omega_0 t)$ ,  $i_a = f(\omega_0 t)$  для трехфазной нулевой схемы выпрямления при работе на  $R_d=10$  Ом;  $L_d=$  при  $\alpha = 30^\circ$  с учетом коммутации  $X_T=0,5$  Ом ;  $E_{2\phi}=100$  В. Схема соединения обмоток трансформатора  $Y/Y$  Определить  $E_d$ ,  $I_d$ ,  $U_{в.мах}$ , средний ток вентиля  $I_{в.ср.}$ ,  $U_d$

27. Нарисовать кривые  $e_d = f(\omega_0 t)$ ,  $U_{в.сл} = f(\omega_0 t)$ ,  $i_d = f(\omega_0 t)$ ,  $i_a = f(\omega_0 t)$  для трехфазной мостовой схемы выпрямления при работе на  $R_d$  ( $L_d=0$ ) при  $\alpha = 30^\circ$ ,  $R_d=10$  Ом;  $E_{2\phi}=205$  В. Схема соединения обмоток трансформатора  $Y/Y$ . Определить  $E_{d0}$ ,  $I_d$ ,  $U_{в.мах}$ , средний ток вентиля  $I_{в.ср.}$ .

### 2.1.3 Учебно-методическое обеспечение

1. Анучин А.С., Системы управления электроприводов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Анучин А.С. - М. : Издательский дом МЭИ, 2015. - 373 с. - ISBN 978-5-383-00918-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009185.html>

2. Бычков, Ю. А. Непрерывные и дискретные нелинейные модели динамических систем : монография / Ю. А. Бычков, Е. Б. Соловьева, С. В. Щербаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 420 с. — ISBN 978-5-8114-3348-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169318> (дата обращения: 10.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Осипов, Г. С. Методы искусственного интеллекта : монография / Г. С. Осипов. - Москва : Физматлит, 2011. - 296 с. - ISBN 978-5-9221-1323-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544787> (дата обращения: 07.11.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Фурсов, В. Б. Моделирование электропривода : учебное пособие / В. Б. Фурсов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 220 с. — ISBN 978-5-8114-3566-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121467> (дата обращения: 07.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Марон, В. И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах : учебное пособие / В. И. Марон. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1235-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168389> (дата обращения: 10.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 3. Порядок подготовки и защиты выпускной квалификационной работы

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы является одной из форм государственной итоговой аттестации.

При выполнении выпускной квалификационной работы, обучающиеся должны показать свои знания, умения и навыки самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

Обучающий, выполняющий выпускную квалификационную работу должен показать свою способность и умение:

- определять и формулировать проблему исследования с учетом ее актуальности;
- ставить цели исследования и определять задачи, необходимые для их достижения;

- анализировать и обобщать теоретический и эмпирический материал по теме исследования, выявлять противоречия, делать выводы;
- применять теоретические знания при решении практических задач;
- делать заключение по теме исследования, обозначать перспективы дальнейшего изучения исследуемого вопроса;
- оформлять работу в соответствии с установленными требованиями.

### **3.1 Подготовительный этап выполнения выпускной квалификационной работы**

#### **3.1.1 Выбор темы выпускной квалификационной работы**

Обучающийся самостоятельно выбирает тему из рекомендуемого перечня тем ВКР, представленного в приложении 1. Обучающийся (несколько обучающихся, выполняющих ВКР совместно), по письменному заявлению, имеет право предложить свою тему для выпускной квалификационной работы, в случае ее обоснованности и целесообразности ее разработки для практического применения в соответствующей области профессиональной деятельности или на конкретном объекте профессиональной деятельности. Утверждение тем ВКР и назначение руководителя утверждается приказом по университету.

#### **3.1.2 Функции руководителя выпускной квалификационной работы**

Для подготовки выпускной квалификационной работы обучающемуся назначается руководитель и, при необходимости, консультанты.

Руководитель ВКР помогает обучающемуся сформулировать объект, предмет исследования, выявить его актуальность, научную новизну, разработать план исследования; в процессе работы проводит систематические консультации.

Подготовка ВКР обучающимся и отчет перед руководителем реализуется согласно календарному графику работы. Календарный график работы обучающегося составляется на весь период выполнения ВКР с указанием очередности выполнения отдельных этапов и сроков отчетности по выполнению работы перед руководителем.

### **3.2 Требования к выпускной квалификационной работе**

При подготовке выпускной квалификационной работы обучающийся руководствуется методическими указаниями и локальным нормативным актом университета СМК-О-СМГТУ-36-20 – Выпускная квалификационная работа: структура, содержание, общие правила выполнения и оформления.

### **3.3 Порядок защиты выпускной квалификационной работы**

Законченная выпускная квалификационная работа должна пройти процедуру нормоконтроля, включая проверку на объем заимствований, а затем представлена руководителю для оформления письменного отзыва.

Выпускная квалификационная работа, подписанная заведующим кафедрой, имеющая рецензию и отзыв руководителя работы, допускается к защите и передается в государственную экзаменационную комиссию не позднее, чем за 2 календарных дня до даты защиты, также работа размещается в электронно-библиотечной системе университета.

Объявление о защите выпускных работ вывешивается на кафедре за несколько дней до защиты.

По решению заведующего кафедры возможно проведение предварительной защиты ВКР для оценки готовности обучающегося.

Защита выпускной квалификационной работы проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии и является публичной. Защита одной выпускной работы *не должна превышать 30 минут*.

Для сообщения обучающемуся предоставляется *не более 10 минут*. Сообщение по содержанию ВКР сопровождается необходимыми графическими материалами и/или презентацией с раздаточным материалом для членов ГЭК. В ГЭК могут быть представлены также другие материалы, характеризующие научную и практическую ценность выполненной ВКР – печатные статьи с участием выпускника по теме ВКР, документы, указывающие на практическое применение ВКР, макеты, образцы материалов, изделий и т.п.

В своем выступлении обучающийся должен отразить:

- содержание проблемы и актуальность исследования;
- цель и задачи исследования;
- объект и предмет исследования;
- методику своего исследования;
- полученные теоретические и практические результаты исследования;
- выводы и заключение.

В выступлении должны быть четко обозначены результаты, полученные в ходе исследования, отмечена теоретическая и практическая ценность полученных результатов.

По окончании выступления выпускнику задаются вопросы по теме его работы. Вопросы могут задавать все присутствующие. Все вопросы протоколируются.

Затем слово предоставляется научному руководителю, который дает характеристику работы. При отсутствии руководителя отзыв зачитывается одним из членов ГЭК.

После этого выступает рецензент или рецензия зачитывается одним из членов ГЭК.

Заслушав официальную рецензию своей работы, студент должен ответить на вопросы и замечания рецензента.

Затем председатель ГЭК просит присутствующих выступить по существу выпускной квалификационной работы. Выступления членов комиссии и присутствующих на защите (до 2-3 мин. на одного выступающего) в порядке свободной дискуссии и обмена мнениями не являются обязательным элементом процедуры, поэтому, в случае отсутствия желающих выступить, он может быть опущен.

После дискуссии по теме работы студент выступает с заключительным словом. Этика защиты предписывает при этом выразить благодарность руководителю и рецензенту за проделанную работу, а также членам ГЭК и всем присутствующим за внимание.

### **3.4 Критерии оценки выпускной квалификационной работы**

Результаты защиты ВКР определяются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются *в день защиты*.

Решение об оценке принимается на закрытом заседании ГЭК по окончании процедуры защиты всех работ, намеченных на данное заседание. Для оценки ВКР государственная экзаменационная комиссия руководствуется следующими критериями:

- актуальность темы;
- научно-практическое значение темы;

– качество выполнения работы, включая демонстрационные и презентационные материалы;

– содержательность доклада и ответов на вопросы;

– умение представлять работу на защите, уровень речевой культуры.

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое раскрытие темы, полное выполнение поставленных задач, логично изложенное содержание, качественное оформление работы, соответствующее требованиям локальных актов, высокую содержательность доклада и демонстрационного материала, за развернутые и полные ответы на вопросы членов ГЭК;

Оценка **«хорошо»** – выставляется за раскрытие темы, хорошо проработанное содержание без значительных противоречий, в оформлении работы имеются незначительные отклонения от требований, высокую содержательность доклада и демонстрационного материала, за небольшие неточности при ответах на вопросы членов ГЭК.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за неполное раскрытие темы, выводов и предложений, носящих общий характер, в оформлении работы имеются незначительные отклонения от требований, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы членов ГЭК.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за необоснованные выводы, за значительные отклонения от требований в оформлении и представлении работы, отсутствие наглядного представления работы, когда обучающийся не может ответить на вопросы членов ГЭК.

Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания, что является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании и о квалификации образца, установленного Министерством образования и науки Российской Федерации.



**Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ**

1. Разработка и исследование мехатронной системы валков стана 370
2. Исследование мехатронной системы на базе микропроцессорного преобразователя частоты Simovert и разработка учебно-методического комплекса для проведения лабораторных работ
3. Исследование математической модели мехатронной системы универсального лабораторного стенда на базе электропривода переменного тока (Commander SK) с асинхронным двигателем
4. Анализ и диагностика электромеханических преобразователей мехатронных систем карьерных экскаваторов
5. Разработка и исследование мехатронной системы электропривода дроссировочной клетки АНГЦ ЛПЦ №11 ПАО «ММК»
6. Разработка и исследование мехатронной системы «клеть-моталка» стана 2000 горячей прокатки
7. Разработка и исследование мехатронной системы «клеть-моталка» пятиклетьевого стана холодной прокатки 630
8. Разработка и исследование математической компьютерной модели робота-пылесоса
9. Исследование и модернизация системы натяжения на АНГЦ №3 ПАО «ММК»
10. Разработка системы регулирования для мостовых кранов на базе систем технического зрения
11. Разработка и исследование мехатронной системы кислородной фурмы конвертера ККЦ ПАО «ММК»
12. Исследование и разработка математической модели мехатронной системы моталки пятиклетьевого стана холодной прокатки ЛПЦ №11 ПАО «ММК»
13. Исследование мехатронной системы моталки АНГЦ-3 ЛПЦ №11 ПАО "ММК"
14. Разработка мехатронной системы манипулятора типа «третья рука» в составе промышленного экзоскелета
15. Исследование систем автоматического управления гидроприводами перемещения электродов электродуговых печей
16. Разработка и исследование мехатронной системы управления роботом-манипулятором