



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



**ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра Автоматизированного электропривода и мехатроники

Магнитогорск
2020 год

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от 08.10 2021 г. № 3
Зав. кафедрой А.А. Николаев

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 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 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника должен быть подготовлен к решению профессиональных задач в соответствии с направленностью профилем образовательной программы Электропривод и автоматика и видам профессиональной деятельности:

- научно-исследовательской;
- проектной;
- конструкторской;
- технологической.

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

- способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);
- способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2);
- способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде (УК-3);
- способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) (УК-4);
- способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах (УК-5);
- способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);
- способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (УК-7);
- способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов (УК-8);
- способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности (УК-9);
- способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению (УК-10);
- способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения (ОПК-2);

- способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-3);
- способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин (ОПК-4);
- способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности (ОПК-5);
- способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности (ОПК-6);
- способность подготовить отчет о проведенном обследовании оборудования, для которого разрабатывается система электропривода (ПК-1);
- способность подготовить техническое задание на разработку системы электропривода (ПК-2);
- способность выполнить проектные решения отдельных частей системы электропривода (ПК-3);
- способность подготовить комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электропривода (ПК-4);
- способность разработать простые узлы, блоки системы электропривода (ПК-5).

На основании решения Ученого совета университета от 26.02.2020 (протокол № 4) государственные аттестационные испытания по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника 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 01.06.2024 по 16.06.2024. 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 два этапа:

- на первом этапе проверяется сформированность общекультурных компетенций;
- на втором этапе проверяется сформированность общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с учебным планом.

Подготовка к сдаче и сдача первого этапа государственного экзамена

Первый этап государственного экзамена проводится в форме компьютерного тестирования. Тест содержит вопросы и задания по проверке общекультурных компетенций соответствующего направления подготовки/ специальности. В заданиях используются следующие типы вопросов:

- выбор одного правильного ответа из заданного списка;
- восстановление соответствия.

Для подготовки к экзамену на образовательном портале за три недели до начала испытаний в блоке «Ваши курсы» становится доступным электронный курс «Демо-версия. Государственный экзамен (тестирование)». Доступ к демо-версии осуществляется по логину и паролю, которые используются обучающимися для организации доступа к информационным ресурсам и сервисам университета.

Первый этап государственного экзамена проводится в компьютерном классе в соответствии с утвержденным расписанием государственных аттестационных испытаний.

Блок заданий первого этапа государственного экзамена включает 13 тестовых вопросов. Продолжительность экзамена составляет 30 минут.

Результаты первого этапа государственного экзамена определяются оценками «зачтено» и «не зачтено» и объявляются сразу после приема экзамена.

Критерии оценки первого этапа государственного экзамена:

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся должен показать, что обладает системой знаний и владеет определенными умениями, которые заключаются в способности к осуществлению комплексного поиска, анализа и интерпретации информации по определенной теме; установлению связей, интеграции, использованию материала из разных разделов и тем для решения поставленной задачи. Результат не менее 50% баллов за задания свидетельствует о достаточном уровне сформированности компетенций;

– на оценку **«не зачтено»** – обучающийся не обладает необходимой системой знаний и не владеет необходимыми практическими умениями, не способен понимать и интерпретировать освоенную информацию. Результат менее 50% баллов за задания свидетельствует о недостаточном уровне сформированности компетенций.

Подготовка к сдаче и сдача второго этапа государственного экзамена

Ко второму этапу государственного экзамена допускается обучающийся, получивший оценку «зачтено» на первом этапе.

Второй этап государственного экзамена 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 тем, проверяемых на первом этапе государственного экзамена

1. Философия, ее место в культуре
2. Исторические типы философии
3. Проблема идеального. Сознание как форма психического отражения
4. Особенности человеческого бытия
5. Общество как развивающаяся система. Культура и цивилизация
6. История в системе гуманитарных наук
7. Цивилизации Древнего мира
8. Эпоха средневековья
9. Новое время XVI-XVIII вв.
10. Модернизация и становление индустриального общества во второй половине XVIII – начале XX вв.
11. Россия и мир в XX – начале XXI в.
12. Новое время и эпоха модернизации
13. Спрос, предложение, рыночное равновесие, эластичность
14. Основы теории производства: издержки производства, выручка, прибыль
15. Основные макроэкономические показатели
16. Макроэкономическая нестабильность: безработица, инфляция
17. Предприятие и фирма. Экономическая природа и целевая функция фирмы
18. Конституционное право
19. Гражданское право
20. Трудовое право
21. Семейное право
22. Уголовное право
23. Я и моё окружение (на иностранном языке)
24. Я и моя учеба (на иностранном языке)
25. Я и мир вокруг меня (на иностранном языке)
26. Я и моя будущая профессия (на иностранном языке)

27. Страна изучаемого языка (на иностранном языке)
 28. Формы существования языка
 29. Функциональные стили литературного языка
 30. Проблема межкультурного взаимодействия
 31. Речевое взаимодействие
 32. Деловая коммуникация
 33. Основные понятия культурологии
 34. Христианский тип культуры как взаимодействие конфессий
 35. Исламский тип культуры в духовно-историческом контексте взаимодействия
 36. Теоретико-методологические основы командообразования и саморазвития
 37. Личностные характеристики членов команды
 38. Организационно-процессуальные аспекты командной работы
 39. Технология создания команды
 40. Саморазвитие как условие повышения эффективности личности
 41. Диагностика и самодиагностика организма при регулярных занятиях физической культурой и спортом
 42. Техническая подготовка и обучение двигательным действиям
 43. Методики воспитания физических качеств.
 44. Виды спорта
 45. Классификация чрезвычайных ситуаций. Система чрезвычайных ситуаций
 46. Методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
- 2.1.2 Перечень теоретических вопросов, выносимых на государственный экзамен**
1. Приведение параметров элементов механической части к одной расчетной скорости.
 2. Баланс мощностей и энергетические характеристики электропривода
 3. Типовые статические нагрузки, активные и реактивные моменты (силы), диссипативные моменты (силы).
 4. Потери и КПД электроприводов в установившемся режиме.
 5. Уравнение движения двухмассовой электромеханической системы с упругими связями.
 6. Потери и расход энергии в переходных процессах электроприводов с двигателями постоянного тока независимого возбуждения.
 7. Уравнение движения абсолютно жесткой электромеханической системы. Механические переходные процессы.
 8. Способы снижения потерь и расхода энергии в переходных процессах электроприводов с двигателями постоянного тока независимого возбуждения.
 9. Режимы преобразования энергии и ограничения, накладываемые на их протекание.
 10. Система Г-Д, схема, режимы работы.
 11. Жесткость механических характеристик. Устойчивость работы электропривода в установившемся режиме.
 12. Система Г-Д, регулирование скорости.
 13. Потери и расход энергии в переходных процессах асинхронного электропривода.
 14. Тормозные режимы электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

15. Нагревание и охлаждение двигателей. Постоянная времени нагрева.
16. Естественные и искусственные характеристики электропривода с двигателями последовательного возбуждения.
17. Нагрузочные диаграммы механизмов и двигателей.
18. Тормозные режимы работы электропривода с двигателями последовательного возбуждения.
19. Предварительный выбор двигателей по мощности.
20. Перегрузочная способность электроприводов с двигателями постоянного тока.
21. Режимы работы электроприводов.
22. Уравнение механической характеристики асинхронных электроприводов.
23. Выбор двигателей по мощности при длительном режиме работы. электроприводов.
24. Метод средних потерь при проверке двигателей по нагреву.
25. Скоростные характеристики асинхронных электроприводов.
26. Методы эквивалентных величин при выборе двигателей.
27. Влияние U_2 , R_2' , f_2 , на свойства и характеристики асинхронных электроприводов.
28. Выбор двигателей по мощности при кратковременном режиме работы.
29. Тормозные режимы асинхронных электроприводов.
30. Выбор двигателей по мощности при повторно-кратковременном режиме работы.
31. Механические характеристики синхронных электроприводов. Угловая характеристика, перегрузочная способность.
32. Переходные процессы в цепях обмоток возбуждения.
33. Регулирование скорости электроприводов с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.
34. Форсировка процесса возбуждения.
35. Регулирование скорости асинхронных электроприводов.
36. Переходные процессы в системе ТП-Д при пуске.
37. Построение и принцип работы системы НПЧ-СД.
38. Переходные процессы в системе ТП-Д при пуске и торможении.
39. Переходные процессы в электроприводах с линейными механическими характеристиками без учета индуктивности.
40. Система ТП-Д, схемы нереверсивных и реверсивных электроприводов.
41. Законы частотного регулирования скорости асинхронных электроприводов.
42. Двухдвигательный электропривод. Деление нагрузок.
43. Переходные процессы в асинхронном электроприводе без учета электромагнитных процессов.
44. Скоростные и механические характеристики системы ТП-Д.
45. Переходные процессы в электроприводах с двигателем постоянного тока независимого возбуждения при ударном приложении (сбросе) нагрузки.
46. Энергетические показатели системы ТП-Д.
47. Построение и принцип работы системы ПЧ-АД с автономным инвертором напряжения.
48. Асинхронно-вентильный каскад. Принцип действия, характеристики.

49. Из каких условий выбирается сглаживающий дроссель при работе вентильного преобразователя на якорь двигателя постоянного тока.
50. Условия перехода выпрямителя в режим зависимого инвертора при работе на эдс двигателя постоянного тока и обмотку возбуждения.
51. Угол безопасного инвертирования, его составные части; что происходит при его уменьшении?
52. Нарисуйте схемы реверсивных вентильных преобразователей. Достоинства и недостатки, область применения.
53. Способы управления группами реверсивных вентильных преобразователей, их сущность, достоинства и недостатки.
54. Законы управления группами реверсивных вентильных преобразователей, их сущность, достоинства и недостатки.
55. Фазовые и регулировочные характеристики вентильных преобразователей при различных законах управления реверсивным вентильным преобразователем.
56. Раздельное управление, принцип, алгоритмы.
57. Коэффициент мощности вентильных преобразователей, работающих на якорь двигателя постоянного тока, и способы его улучшения.
58. Защита вентильных преобразователей от внутренних и внешних коротких замыканий.
59. Защита от перенапряжений вентильных преобразователей.
60. Широтно-импульсные преобразователи постоянного тока. Схемы, принцип действия, область применения.
61. Широтно-импульсные преобразователи переменного тока. Схемы, принцип действия, область применения.
62. Непосредственные преобразователи частоты, схемы, принцип преобразования.
63. Тиристорные преобразователи частоты с автономным инвертором тока. Схема, достоинства и недостатки.
64. Тиристорные преобразователи частоты с автономным инвертором напряжения. Схема, достоинства и недостатки.
65. Преобразователи частоты с автономными инверторами на базе IGBT. Схемы, достоинства, область применения.
66. Способы регулирования выходного напряжения преобразователя частоты с АИН.
67. Принцип широтно-импульсной модуляции на примере однофазного транзисторного инвертора напряжения.
68. Компенсация изменения параметров объекта в системах автоматического регулирования при двухзонном регулировании.
69. Принципы построения систем управления асинхронным двигателем.
70. Динамические режимы системы подчиненного регулирования с ПИ-регулятором скорости.
71. СУЭП управления моментом асинхронного двигателя.
72. Система ТП-Д в зоне прерывистого режима как объект регулирования. Двойной регулятор тока.
73. Принципы построения систем векторного частотно-токового управления асинхронным двигателем.
74. Переходные процессы (идеальные) в подчиненной системе двухзонного регулирования.

75. Разомкнутая система скалярного управления асинхронным электроприводом.
76. Построение подчиненной САР системы ТП-Д с П-регулятором скорости, динамические характеристики.
77. Система скалярного управления асинхронным двигателем с обратной связью по току статора.
78. Влияние обратной связи по ЭДС на системы подчиненного регулирования. Компенсация влияния ЭДС.
79. Система скалярного управления асинхронным двигателем с обратной связью по скорости.
80. Системы управления электроприводом с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора.
81. Принципы управления пуско-тормозными режимами контакторных схем управления.
82. Системы управления электроприводом с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора.
83. Системы управления электроприводом постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению двигателя.
84. СУЭП управления моментом асинхронного двигателя.
85. Система ТП-Д в зоне прерывистого режима как объект регулирования. Адаптивный регулятор тока.
86. Принципы построения систем управления асинхронным двигателем.
87. Построение САР двухзонного регулирования по каналу обмотки возбуждения.
88. Принципы построения систем векторного частотно-токового управления асинхронным двигателем.
89. Построение позиционной системы подчиненного регулирования
90. Разомкнутая система скалярного управления асинхронным электроприводом.
91. Контур регулирования тока с моделью.
92. Система скалярного управления асинхронным двигателем с обратной связью по скорости.
93. Системы управления электроприводом с положительной обратной связью по току якоря, токовая отсечка.
94. Системы управления электроприводом с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора.
95. Система ТП-Д в зоне прерывистого режима как объект регулирования. Адаптивный регулятор тока.
96. Системы управления электроприводом с косвенной ориентацией по вектору потокосцепления ротора.
97. Система подчиненного регулирования с ПИ-регулятором скорости, динамические и статические характеристики.
98. Система скалярного управления асинхронным двигателем с обратной связью по току статора.
99. Построение САР двухзонного регулирования по каналу якорной цепи.
100. Принципы построения систем управления асинхронным двигателем.
101. Построение позиционной системы автоматического регулирования, отработка малых и средних перемещений.
102. СУЭП управления моментом асинхронного двигателя.

103. Оптимальный переходный процесс, принципы построения систем подчиненного регулирования, контур регулирования якорного тока.

104. Система скалярного управления асинхронным электродвигателем с обратной связью по току статора.

105. Системы управления электроприводом постоянного тока с положительной обратной связью по якорному току, токовая отсечка.

106. Системы управления электроприводом с прямой ориентацией по вектору потокоцепления ротора.

107. Ограничение ускорения в системе подчиненного регулирования координат с ПИ-регулятором скорости, динамические характеристики.

108. Система скалярного управления асинхронным двигателем с обратной связью по скорости.

109. Позиционная система автоматического регулирования. Малые и средние перемещения.

110. Разомкнутая система скалярного управления асинхронным электроприводом.

111. Динамические режимы системы подчиненного регулирования с П-регулятором скорости.

112. Принципы построения систем векторного частотно-токового управления асинхронным двигателем.

113. Построение контура регулирования возбуждения в двухзонной системе автоматического регулирования.

114. Системы автоматического регулирования с косвенной ориентацией по вектору потокоцепления ротора.

115. Влияние ЭДС двигателя на работу токового контура, компенсация влияния ЭДС.

116. Системы управления электроприводом с прямой ориентацией по вектору потокоцепления ротора.

2.1.3 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, $R_{я} = 0,266$ Ом. Момент инерции $J = 0,4$ кгм². 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: $J\Sigma = 10 \text{ кгм}^2$, $\omega_0 = 1101/\text{с}$, $\omega_{\text{нач}} = 100 \text{ 1/с}$, $K\Phi = 5 \text{ вс}$, $M_n = 1000 \text{ Нм}$ переходит в режим динамического торможения с $M_{\text{нач}} = 1,4 M_n$. 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 $t_{\text{т min}}$, а также потери ΔA_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: $P_n = 12 \text{ кВт}$, $U_n = 220 \text{ В}$, $\eta_n = 790 \text{ об/мин}$, $I_n = 65 \text{ А}$, $R_a = 0,266 \text{ Ом}$, $J = 0,4 \text{ кгм}^2$, $\omega_{\text{нач}} = 82,7 \text{ 1/с}$, $I_{\text{нач}} = 130 \text{ А}$.

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 $\Delta M_c \text{ доп} = 0,5 M_n$; 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 $J = 0,4 \text{ кгм}^2$, $I_{\text{нач}} = 130 \text{ А}$). 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 $R_{\text{доб}}$; $M_c = M_n$

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

$R_1 = 2,16 \text{ Ом}$, $x_1 = 2,03 \text{ Ом}$, $R_2' = 3,33 \text{ Ом}$, $x_2' = 1,46 \text{ Ом}$. 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 С до 800 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 ΔA_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 $I_{в.ср.}$.

2.1.4 Учебно-методическое обеспечение

1. Никитенко, Г. В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс]: Учебное пособие.- 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2013.-224 с.: ил.- (Учебники для вузов.Специальная литература).- Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5845 .- Заглавие с экрана.- ISBN 978-5-8114-1468-0

2. Встовский, А. Л. Электрические машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Л. Встовский. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 464 с. - ISBN 978-5-7638-2518-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/492153> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления элетротех. комплексами/А.Е.Поляков, А.В.Чесноков, Е.М.Филимонова - Москва : Форум,ИНФРА-М, 2015. - 224 с. (ВО: Бакалавриат) ISBN 978-5-00091-071-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/506589> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Щербаков, Е. Ф. Электрические аппараты: Учебник / Щербаков Е.Ф., Александров Д.С. - Москва :Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 304 с. ISBN 978-5-91134-929-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/466595> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

5. Ткаченко, Ф. А. Электронные приборы и устройства : учебник / Ф.А. Ткаченко. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2018. — 682 с. : ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-105228-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/977623> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

6. Цывильский, В. Л. Теоретическая механика: Учебник / В.Л. Цывильский. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 368 с. ISBN 978-5-905554-48-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/443436> (дата обращения: 23.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

7. Варданян, Г. С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник/Варданян Г. С., Андреев В. И., Горшков А. А., Варданян Г. С., Атаров Н. М., 2-е изд., испр. и доп. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с. (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-009587-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/448729> (дата обращения: 23.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

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 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 кафедрой 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.

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 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. "Автоматизированный электропривод подъема измерительной фурмы ККЦ ОАО "ММК"
2. "Автоматизированный электропривод лебедки скипового подъемника доменной печи № 9 ОАО "ММК"
3. "Автоматизированный электропривод валков прокатно-дрессировочного стана 630 ЛПЦ № 8 ОАО "ММК"
4. "Автоматизированный электропривод наклона лотка бесконусного загрузочного устройства доменной печи ОАО "ММК"
5. "Автоматизированный электропривод подъема кислородной фурмы ККЦ ОАО "ММК"
6. "Автоматизированный электропривод пятиклетьевого стана 630 холодной прокатки ЛПЦ № 8 ОАО "ММК"
7. "Автоматизированный электропривод прокатно-дрессировочного двухклетьевого стана 630 ЛПЦ № 8 ОАО "ММК"
8. Автоматизированный электропривод механизма поперечной транспортировки МНЛЗ ЭСПЦ ОАО «ММК».
9. Автоматизированный электропривод ножниц продольной резки стана 5000 ЛПЦ №9 ОАО «ММК».
10. Автоматизированный электропривод механизмов мостового крана ЭСПЦ ОАО «ММК».
11. Автоматизированный электропривод механизма наклона лотка БЗУ доменной печи ОАО «ММК».
12. Автоматизированный электропривод моталки реверсивного стана холодной прокатки ЛПЦ №5 ОАО «ММК».