

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

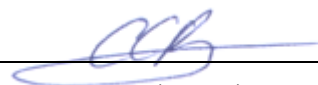
Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«22» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электрический привод»

(Наименование дисциплины)

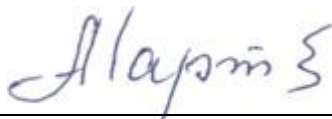
Код направления подготовки	13.03.02
Наименование направления подготовки	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Цифровая энергетика
Форма обучения	заочная

Санкт-Петербург – 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доцент каф.№32, к.т.н.,
доцент

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.А. Мартынов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«24» апреля 2023 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 32

доц., к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(03)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

старший преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Электрический привод» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-3 «Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с

- электромеханическим преобразованием электрической энергии в механическую энергию;

- управлением электромеханических преобразователей энергии (электрических приводов) с учетом требований рабочих машин и технологий на выбор структуры и типа электрического привода;

- расчетом основных параметров и характеристик электрических приводов;

- испытанием электрических приводов и анализом результатов испытаний.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современному электрическому приводу, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электроприводов постоянного и переменного тока. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик электрических приводов, проводить элементарные лабораторные испытания электроприводов.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией	ПК-3.Д.2 разрабатывает эскизные и рабочие чертежи графической части рабочей и проектной документации

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Теоретические основы электротехники,
- Электрические машины,
- Электрохимические и полупроводниковые преобразователи электрической энергии.

Знания и навыки, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Проектирование электроприводов,
- и при дипломном проектировании.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	12	12
Аудиторные занятия, всего час.	24	24
в том числе:		
лекции (Л), (час)	12	12
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	12	12
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	9	9
Самостоятельная работа, всего (час)	111	111
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий. Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

№ п/п	Раздел, темы дисциплины	Л (час)	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8						
1	Раздел 1. ЭП как система.	1,0				11,0
2	Тема 1.1. Назначение и классификация ЭП.					
3	Тема 1.2. Уравнения Лагранжа- Максвелла II рода для электромеханической системы.					
4	Раздел 2. Механическая часть силового канала ЭП	2,0				10,0
5	Тема 2.1. Функциональные схемы механической части ЭП и их основные элементы					
6	Тема 2.2. Приведение моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к одной оси.					

7	Раздел 3. ЭП постоянного тока.	2,0		4		20,0
8	Тема 3.1 Механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением					
9	Тема 3.2. Способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.					
10	Тема 3.3. Способы торможения двигателя постоянного тока					
11	Тема 3.4. Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота.					
12	Тема 3.5. Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.					
13	Раздел 4. Реверсивные ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях.	3,0		4,0		30,0
14	Тема 4.1. ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.					
15	Тема 4.2. ЭП постоянного тока с транзисторным широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря.					
16	Раздел 5. Асинхронный ЭП.	4,0		4,0		30,0
17	Тема 5.1. Способы регулирования скорости вращения. Тормозные					

	режимы асинхронного привода.					
18	Тема 5.2 Регулирование скорости вращения путем регулирования напряжения, подаваемого на обмотку статора.					
19	Тема 5.3. Частотное управление АД					
	Итого в семестре	12	0	12		111
	Итого	12	0	12	0	111

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	ЭП как система
Тема 1.1	Предмет и цель курса «Электрический привод». Назначение и классификация ЭП. Структурная схема ЭП. Разомкнутые и замкнутые системы ЭП.
Тема 1.2	Уравнения Лагранжа - Максвелла II рода для электромеханической системы. Вывод уравнений динамики электрической машины постоянного тока с применением уравнений Лагранжа - Максвелла II рода.
Раздел 2	Механическая часть силового канала ЭП.
Тема 2.1	Функциональные схемы механической части ЭП и их основные элементы. Моменты и силы сопротивления в электромеханической системе.
Тема 2.2	Приведение моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к одной оси.
Тема 2.3	Уравнение движения ЭП. Статическая устойчивость ЭП.
Раздел 3	ЭП постоянного тока.
Тема 3.1	Механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением.
Тема 3.2	Способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.
Тема 3.3	Способы торможения двигателя постоянного тока.

Тема 3.4	Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота.
Тема 3.5	Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.
Раздел 4	Реверсивные ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях.
Тема 4.1	ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.
Тема 4.2	ЭП постоянного тока с транзисторным широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря
Раздел 5	Асинхронный ЭП.
Тема 5.1	Способы регулирования скорости вращения. Тормозные режимы асинхронного привода.
Тема 5.2	Регулирование скорости вращения путем регулирования напряжения, подаваемого на обмотку статора. Механические характеристики асинхронного ЭП при управлении по каналу напряжения. Передачная функции АД при управлении по каналу напряжения обмотки статора.
Тема 5.3	Частотное управление АД при: $- \frac{U_1}{f_1} = const;$ <ul style="list-style-type: none"> - постоянстве полного потока; - постоянстве рабочего потока; - частотно-токовом управлении; - постоянстве абсолютного скольжения; - векторном управлении АД. <div style="text-align: right;">Передачная функция АД при управлении по каналу частоты.</div>

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготов	№ раздела дисциплины
-------	---------------------------------	---------------------	------------------------------	----------------------

			ки, (час)	
Семестр 8				
1	Механические характеристики двигателя постоянного тока (ДПТ)	2	2	Раздел 2
2	Определение момента инерции ДПТ	2	2	Раздел 2
3	Рекуперативное и динамическое торможение ДПТ	2	2	Раздел 2
4	Реостатный пуск ДПТ	2	2	Раздел 2
5	Механические характеристики асинхронного двигателя (АД) в двигательном и генераторном режимах	2	2	Раздел 5
6	Механические характеристики АД в режиме торможения противовключением и динамического торможения	2	2	Раздел 5
Всего:		12	12	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	70	70
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)	21	21
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	111	111

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в
-------	--------------------------	--------------------------

URL адрес		библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83 M29	1.Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.–СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	70
621.313 M29	2.Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	70
621.314 M29	3.Мартынов А.А. Основы электрического привода. Часть1 Уч.-методич. пособие.2017. 155 с.	15
621.313 M29	4. Мартынов А.А. Основы электрического привода. Часть2. Уч.-методич. пособие.2021. 145 с.	15
621.316 M29	5. Мартынов А.А. Электроприводы с релейно-контактными системами управления. Уч.-методич. пособие. 2020. 104 с	15
621.314 M29	6.Мартынов А.А. Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств. Уч.-методич. Пособие. Электрический привод .Часть1. 2019.109 с.	15

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
URL:http://194.226.30/32/book.htm	Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]
URL:http://imin.urc.ac.ru	Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].
URL:http://www.rsl.ru	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://web.ido.ru	Электронная библиотека [Электронный ресурс].
URL:http://gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс].
http://window.edu.ru/	Информационный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-21
2	Специализированная лаборатория «Электрический привод»	31-01

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Примерный перечень вопросов для тестов; Перечень контрольных работ.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<p>направления;</p> <ul style="list-style-type: none"> – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	Уравнения Лагранжа-Максвелла применительно к электромеханическим системам.	ПК-3.Д.2
2	Построение математической модели электрического привода постоянного тока на основе уравнений Лагранжа-Максвелла.	ПК-3.Д.2
3	Типовые статические характеристики исполнительных механизмов.	ПК-3.Д.2
4	Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока пуправляющему воздействию.	ПК-3.Д.2
5	Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока по возмущению (Мнг).	ПК-3.Д.2
6	Приведение характеристик исполнительного механизма (Jн, Мн) к валу двигателя.	ПК-3.Д.2
7	Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока при управлении сопротивлением цепи обмотки якоря.	ПК-3.Д.2
8	Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока при управлении напряжением обмотки якоря	ПК-3.Д.2
9	Динамическое торможение электропривода постоянного тока: схема, характеристики.	ПК-3.Д.2
10	Рекуперативное торможение электропривода постоянного тока: схема, характеристики.	ПК-3.Д.2
11	Сравнительная оценка способов регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока	ПК-3.Д.2
12	Торможение противовключением электропривода постоянного тока: схема, характеристики.	ПК-3.Д.2
13	Схема трехступенчатого реостатного пуска двигателя постоянного	ПК-3.Д.2

	тока, расчет пусковых резисторов, электромеханическая характеристика при пуске двигателя.	
14	Пуск двигателя постоянного тока в функции времени. Расчет пусковых реостатов и времени срабатывания реле, замыкающих ступени пускового реостата.	ПК-3.Д.2
15	Переходный процесс прямого пуска двигателя постоянного тока. Вывод зависимостей $\omega=f(t)$ и $i_a=f(t)$.	ПК-3.Д.2
16	Влияние соотношения постоянных времени T_M и T_Ω электропривода постоянного тока на характер переходных процессов ЭП.	ПК-3.Д.2
17	Способы управления тиристорного электропривода постоянного тока: схемы, принцип работы, достоинства, недостатки.	ПК-3.Д.2
18	Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Несимметричный и симметричный способы управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.	ПК-3.Д.2
19	Основной закон частотного управления асинхронного двигателя. Схема замещения АД при частотном управлении.	ПК-3.Д.2
20	Закон частотного управления $U_1/f_1=const$: механические характеристики, диапазон регулирования скорости вращения.	ПК-3.Д.2
21	Частотный закон управления АД с постоянством рабочего потока: структурная схема, достоинства, недостатки.	ПК-3.Д.2
22	Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.	ПК-3.Д.2
23	Асинхронный электропривод при регулировании скорости вращения путем изменения напряжения обмотки статора: схема, характеристики.	ПК-3.Д.2
24	Передаточная функция АД при управлении по каналу напряжения.	ПК-3.Д.2

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Тест №1: Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения двигателя постоянного тока Ω :	ПК-3.Д.2

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\pi}}(1-s); \quad (1)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{яц}}}{C_{\text{e}} \Phi} \quad (2)$$

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\pi}}; \quad (3)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}}}{C_{\text{e}} \Phi}. \quad (4)$$

где $U_{\text{я}}$ – напряжение якоря;
 $I_{\text{я}}$ – ток якоря;
 $R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря;
 f – частота питающей сети;
 s – скольжение.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №2:

Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения асинхронного двигателя Ω :

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\pi}}(1-s); \quad (1)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{яц}}}{C_{\text{e}} \Phi} \quad (2)$$

$$\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\pi}}; \quad (3)$$

$$\Omega = \frac{U_{\text{я}}}{C_{\text{e}} \Phi}. \quad (4)$$

где $U_{\text{я}}$ – напряжение якоря;
 $I_{\text{я}}$ – ток якоря;
 $R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря;
 f – частота питающей сети;
 s – скольжение.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	3
3	2
4	4

ПК-3.Д.2

	<p>Тест №3: Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения синхронного двигателя Ω:</p> $\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\pi}}(1-s); \quad (1)$ $\Omega = \frac{U_{я} - I_{я} R_{яц}}{C_e \Phi} \quad (2)$ $\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\pi}}; \quad (3)$ $\Omega = \frac{U_{я}}{C_e \Phi}. \quad (4)$ <p>где $U_{я}$ –напряжение якоря; $I_{я}$ –ток якоря; $R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря; f – частота питающей сети; s – скольжение.</p> <table border="1" data-bbox="587 1167 1273 1359"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Номер ответа	Номер формулы	1	2	2	3	3	1	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер формулы											
1	2											
2	3											
3	1											
4	4											
	<p>Тест №4: Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента инерции нагрузки J'_H при вращательном движении нагрузки:</p> $J'_H = \frac{J_H}{i_p^2}; \quad (1)$ $J'_H = \frac{J_H}{i_p}; \quad (2)$ $J'_H = J_H i_p^2; \quad (3)$	ПК-3.Д.2										

$$J'_n = m\rho^2 = m\left(\frac{v_{u.o}}{\Omega}\right)^2; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

J_n – момент инерции нагрузки;

$v_{u.o}$ – линейная скорость перемещения исполнительного органа рабочего механизма массой m .

ρ – радиус приведения.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №5:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента инерции нагрузки J'_n при поступательном перемещении нагрузки:

$$J'_n = \frac{J_n}{i_p^2}; \quad (1)$$

$$J'_n = \frac{J_n}{i_p}; \quad (2)$$

$$J'_n = J_n i_p^2; \quad (3)$$

$$J'_n = m\rho^2 = m\left(\frac{v_{u.o}}{\Omega}\right)^2; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

J_n – момент инерции нагрузки;

$v_{u.o}$ – линейная скорость перемещения исполнительного органа рабочего механизма массой m .

ρ – радиус приведения.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1
4	4

ПК-3.Д.2

Тест №6:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать

ПК-3.Д.2

приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки M'_n при вращательном движении нагрузки:

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p^2}; \quad (1)$$

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p}; \quad (2)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho \eta; \quad (3)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho / \eta; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

M_c – статический момент нагрузки;

η_p – коэффициент полезного действия редуктора;

ρ – радиус приведения.

$F_{u.o}$ – усилие развиваемое исполнительным органом.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	3
3	2
4	4

Тест №7:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки M'_n при поступательном движении нагрузки вверх (при подъеме груза):

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p^2}; \quad (1)$$

$$M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p}; \quad (2)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho \eta; \quad (3)$$

$$M'_c = F_{u.o} \rho / \eta; \quad (4)$$

где i_p – передаточное отношение редуктора;

M_c – статический момент нагрузки;

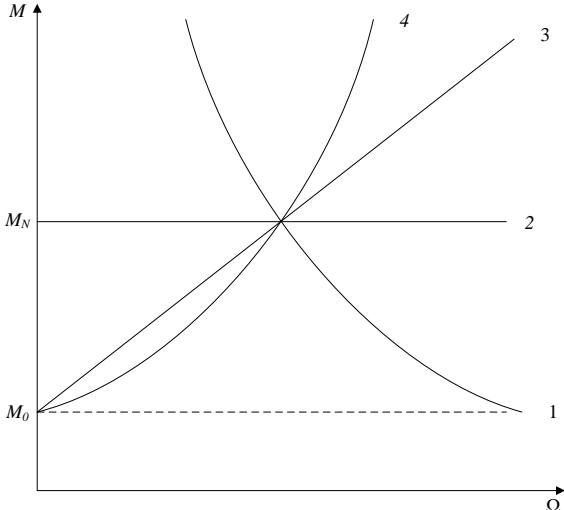
η_p – коэффициент полезного действия редуктора;

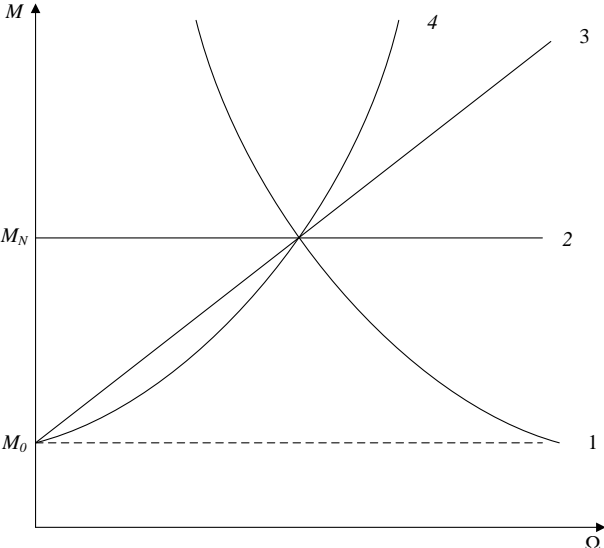
ρ – радиус приведения.

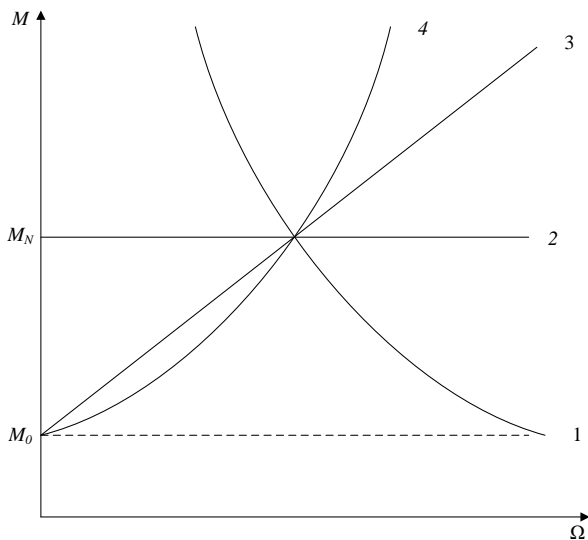
$F_{u.o}$ – усилие развиваемое исполнительным органом.

Номер ответа	Номер формулы
1	2
2	3
3	1

ПК-3.Д.2

	4	4											
	<p>Тест №8: Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки $M'_н$ при поступательном движении нагрузки вниз (при спуске груза):</p> $M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p^2}; \quad (1)$ $M'_c = \frac{M_c}{\eta_p i_p}; \quad (2)$ $M'_c = F_{u.o} \rho \eta; \quad (3)$ $M'_c = F_{u.o} \rho / \eta; \quad (4)$ <p>где i_p – передаточное отношение редуктора; M_c – статический момент нагрузки; η_p – коэффициент полезного действия редуктора; ρ – радиус приведения. $F_{u.o}$ – усилие развиваемое исполнительным органом.</p> <table border="1" data-bbox="587 1146 1291 1339"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		Номер ответа	Номер формулы	1	2	2	3	3	1	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер формулы												
1	2												
2	3												
3	1												
4	4												
	<p>Тест №9: На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «сухое трение»:</p> 		ПК-3.Д.2										

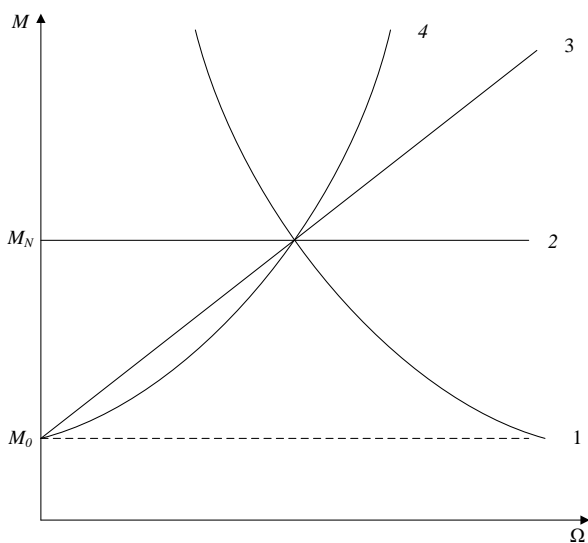
	<table border="1" data-bbox="587 199 1339 389"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер характеристики</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Номер ответа	Номер характеристики	1	2	2	3	3	1	4	4	
Номер ответа	Номер характеристики											
1	2											
2	3											
3	1											
4	4											
	<p>Тест №10:</p> <p>На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «вязкое трение»:</p>  <table border="1" data-bbox="587 1496 1339 1686"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер характеристики</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Номер ответа	Номер характеристики	1	2	2	3	3	1	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер характеристики											
1	2											
2	3											
3	1											
4	4											
	<p>Тест №11:</p> <p>На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «вентиляторная нагрузка»:</p>	ПК-3.Д.2										



Номер ответа	Номер характеристики
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №12:

На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «постоянства мощности»:



Номер ответа	Номер характеристики
1	2

ПК-3.Д.2

2	3	
3	1	
4	4	

Тест 13: Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет механическую характеристику двигателя постоянного тока в четырех квадрантах.

ПК-3.Д.2

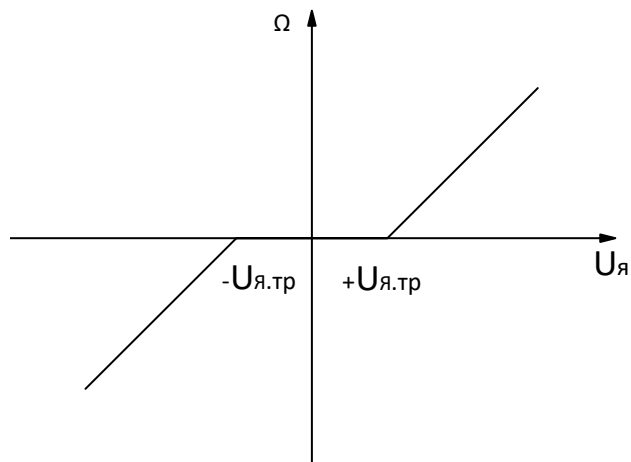
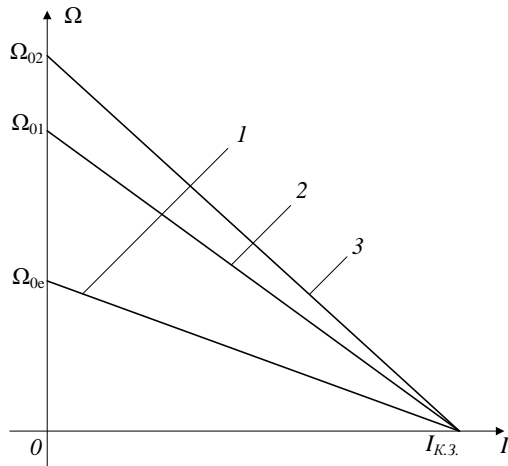


Рис.1

Рис.2

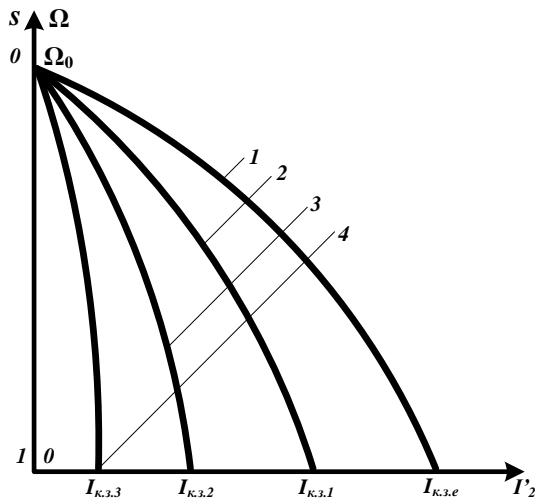
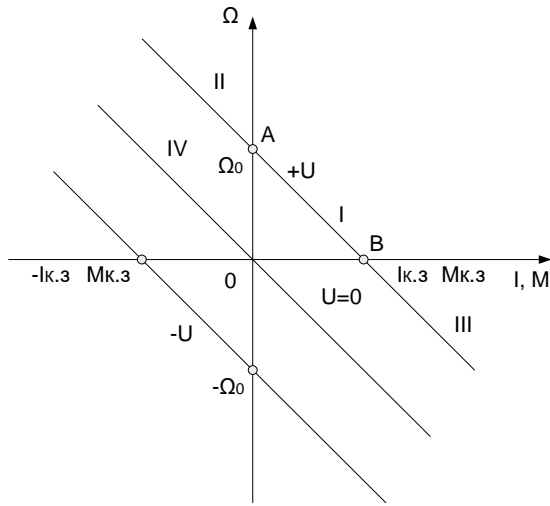


Рис.3

Рис.4

Номер ответа	Номер рисунка
1	Рис.1
2	Рис.2
3	Рис.3
4	Рис.4

Тест 14: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.

ПК-3.Д.2

$$U_{я} = k_{сх} U_{2ф} \cos \alpha; \quad (1)$$

$$U_{я} = U_d D; \quad (2)$$

$$U_{я} = U_d (1 - 2D); \quad (3)$$

$$U_{я} = U_d - I_{я} (R_{я} + R_{я.р}), \quad (4)$$

где $U_{я}$ – напряжение, подаваемое на обмотку якоря;

U_d – напряжение источника постоянного тока;

	<p>$U_{2\phi}$ – напряжение фазы вторичной обмотки трансформатора, питающего управляемый выпрямитель; D – коэффициент заполнения импульса напряжения, подаваемого на обмотку якоря; $R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря; $R_{я.р}$ – регулировочное сопротивление, включенное в цепь обмотки якоря; $I_{я}$ – ток обмотки якоря; α – угол регулирования; $k_{сх}$ – коэффициент преобразования схемы.</p> <table border="1" data-bbox="587 533 1335 723"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Номер ответа	Номер формулы	1	1	2	2	3	3	4	4	
Номер ответа	Номер формулы											
1	1											
2	2											
3	3											
4	4											
	<p>Тест 15: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с широтно – импульсным преобразователем напряжения в цепи обмотки якоря при несимметричном способе управления.</p> <p>$U_{я} = k_{сх} U_{2\phi} \cos \alpha;$ (1) $U_{я} = U_d D;$ (2) $U_{я} = U_d (1 - 2D);$ (3) $U_{я} = U_d - I_{я} (R_{я} + R_{я.р}),$ (4)</p> <p>где $U_{я}$ – напряжение, подаваемое на обмотку якоря; U_d – напряжение источника постоянного тока; $U_{2\phi}$ – напряжение фазы вторичной обмотки трансформатора, питающего управляемый выпрямитель; D – коэффициент заполнения импульса напряжения, подаваемого на обмотку якоря; $R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря; $R_{я.р}$ – регулировочное сопротивление, включенное в цепь обмотки якоря; $I_{я}$ – ток обмотки якоря; α – угол регулирования; $k_{сх}$ – коэффициент преобразования схемы.</p> <table border="1" data-bbox="587 1624 1335 1814"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Номер ответа	Номер формулы	1	1	2	2	3	3	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер формулы											
1	1											
2	2											
3	3											
4	4											
	<p>Тест 16: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с широтно – импульсным преобразователем напряжения в цепи обмотки якоря при симметричном способе управления.</p>	ПК-3.Д.2										

$$U_{\text{я}} = k_{\text{сх}} U_{2\text{ф}} \cos \alpha; \quad (1)$$

$$U_{\text{я}} = U_d D; \quad (2)$$

$$U_{\text{я}} = U_d (1 - 2D); \quad (3)$$

$$U_{\text{я}} = U_d - I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\text{я.р}}), \quad (4)$$

где $U_{\text{я}}$ – напряжение, подаваемое на обмотку якоря;

U_d – напряжение источника постоянного тока;

$U_{2\text{ф}}$ – напряжение фазы вторичной обмотки трансформатора, питающего управляемый выпрямитель;

D – коэффициент заполнения импульса напряжения, подаваемого на обмотку якоря;

$R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря;

$R_{\text{я.р}}$ – регулировочное сопротивление, включенное в цепь обмотки якоря;

$I_{\text{я}}$ – ток обмотки якоря;

α – угол регулирования;

$k_{\text{сх}}$ – коэффициент преобразования схемы.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3
4	4

Тест 17: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока при регулировании сопротивления цепи обмотки якоря

$$U_{\text{я}} = k_{\text{сх}} U_{2\text{ф}} \cos \alpha; \quad (1)$$

$$U_{\text{я}} = U_d D; \quad (2)$$

$$U_{\text{я}} = U_d (1 - 2D); \quad (3)$$

$$U_{\text{я}} = U_d - I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\text{я.р}}), \quad (4)$$

где $U_{\text{я}}$ – напряжение, подаваемое на обмотку якоря;

U_d – напряжение источника постоянного тока;

$U_{2\text{ф}}$ – напряжение фазы вторичной обмотки трансформатора, питающего управляемый выпрямитель;

D – коэффициент заполнения импульса напряжения, подаваемого на обмотку якоря;

$R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря;

$R_{\text{я.р}}$ – регулировочное сопротивление, включенное в цепь обмотки якоря;

$I_{\text{я}}$ – ток обмотки якоря;

α – угол регулирования;

$k_{\text{сх}}$ – коэффициент преобразования схемы.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2

ПК-3.Д.2

		3	3									
		4	4									
	<p>Тест 18:</p> <p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции скоростного ЭП постоянного тока по управляющему воздействию с учетом электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угловая скорость вращения двигателя.</p> $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1}. \quad (1)$ $W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нп}(p)} = \frac{K_M (T_{\Delta} p + 1)}{T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1}, \quad (2)$ $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M p + 1}. \quad (3)$ $W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нп}(p)} = \frac{K_M}{T_M p + 1}. \quad (4)$ <p>где: $K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению; $k_U = 1 / k_e = 1 / (C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию; $T_M = J_{я} R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП; $T_{\Delta} = L_{я} / R_{я}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.</p> <table border="1" data-bbox="587 1541 1337 1729"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Номер ответа	Номер формулы	1	1	2	2	3	3	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер формулы											
1	1											
2	2											
3	3											
4	4											
	<p>Тест 19:</p> <p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по возмущению (по моменту двигателя) без учета электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угловая скорость вращения двигателя.</p>	ПК-3.Д.2										

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1}. \quad (1)$$

$$W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{\text{нп}}(p)} = \frac{K_M (T_{\text{э}} p + 1)}{T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1}, \quad (2)$$

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{T_M p + 1}. \quad (3)$$

$$W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{\text{нп}}(p)} = \frac{K_M}{T_M p + 1}. \quad (4)$$

где:

$K_M = R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению;

$k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию;

$T_M = J_{\text{я}} R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП;

$T_{\text{э}} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3
4	4

Текст 20: Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по возмущению (по моменту двигателя) с учетом электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угловая скорость вращения двигателя.

ПК-3.Д.2

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1}. \quad (1)$$

$$W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{\text{нп}}(p)} = \frac{K_M (T_{\text{э}} p + 1)}{T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1}, \quad (2)$$

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{T_M p + 1}. \quad (3)$$

$$W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M}{T_M p + 1}. \quad (4)$$

где:

$K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению;

$k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию;

$T_M = J_{я} R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП;

$T_{\omega} = L_{я} / R_{я}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3
4	4

Тест 21: Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по управляющему воздействию без учета электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угловая скорость вращения двигателя.

ПК-3.Д.2

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M T_{\omega} p^2 + T_M p + 1}. \quad (1)$$

$$W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M (T_{\omega} p + 1)}{T_M T_{\omega} p^2 + T_M p + 1}, \quad (2)$$

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M p + 1}. \quad (3)$$

$$W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M}{T_M p + 1}. \quad (4)$$

где: Н

$K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению;

$k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию;

$T_M = J_{я} R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП;

$T_{\omega} = L_{я} / R_{я}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.

Номер ответа	Номер формулы
1	1

	2	2												
	3	3												
	4	4												
	<p>Тест 22: Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по управляющему воздействию с учетом электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угол поворота вала двигателя</p> $W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1)p}; \quad (1)$ $W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M (T_{\text{э}} p + 1)}{(T_M T_{\text{э}} p + T_M p + 1)p}. \quad (2)$ $W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M p + 1)p}; \quad (3)$ $W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M}{(T_M p + 1)p}. \quad (4)$ <p>где: $K_M = R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению; $k_U = 1/k_e = 1 / (C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию; $T_M = J_{\text{я}} R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП; $T_{\text{э}} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.</p> <table border="1" data-bbox="288 1272 1086 1464"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>			Номер ответа	Номер формулы	1	1	2	2	3	3	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер формулы													
1	1													
2	2													
3	3													
4	4													
	<p>Тест 23: Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по управляющему воздействию без учета электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угол поворота вала двигателя</p> $W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1)p}; \quad (1)$ $W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M (T_{\text{э}} p + 1)}{(T_M T_{\text{э}} p + T_M p + 1)p}. \quad (2)$			ПК-3.Д.2										

$$W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M p + 1)p}; \quad (3)$$

$$W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M}{(T_M p + 1)p}. \quad (4)$$

где:

$K_M = R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ – коэффициент передачи двигателя по возмущению;

$k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ – коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию;

$T_M = J_{\text{я}} R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ – электромеханическая постоянная времени ЭП;

$T_{\text{э}} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}}$ – электромагнитная постоянная времени ЭП.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3
4	4

Тест 24: Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по возмущению с учетом электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угол поворота вала двигателя

Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции позиционного ЭП постоянного тока по возмущению с учетом электромагнитных переходных процессов.

$$W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M T_{\text{э}} p^2 + T_M p + 1)p}; \quad (1)$$

$$W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M (T_{\text{э}} p + 1)}{(T_M T_{\text{э}} p + T_M p + 1)p}. \quad (2)$$

$$W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M p + 1)p}; \quad (3)$$

$$W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M}{(T_M p + 1)p}. \quad (4)$$

где:

$K_M = R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ – коэффициент передачи двигателя по возмущению;

$k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ – коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию;

$T_M = J_{\text{я}} R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ – электромеханическая постоянная времени ЭП;

$T_{\text{э}} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}}$ – электромагнитная постоянная времени ЭП.

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3

ПК-3.Д.2

	4	4												
	<p>Тест 25: Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по возмущению без учета электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угол поворота вала двигателя</p> $W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1)p}; \quad (1)$ $W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M (T_{\Delta} p + 1)}{(T_M T_{\Delta} p + T_M p + 1)p}. \quad (2)$ $W_{\varphi}^y(p) = \frac{\varphi(p)}{U_{\text{я}}(p)} = \frac{k_U}{(T_M p + 1)p}; \quad (3)$ $W_{\varphi}^B(p) = \frac{\varphi(p)}{M(p)} = \frac{K_M}{(T_M p + 1)p}. \quad (4)$ <p>где: $K_M = R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению; $k_U = 1/k_e = 1 / (C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию; $T_M = J_{\text{я}} R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП; $T_{\Delta} = L_{\text{я}} / R_{\text{я}}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.</p> <table border="1" data-bbox="288 1379 1086 1570"> <thead> <tr> <th>Номер ответа</th> <th>Номер формулы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>			Номер ответа	Номер формулы	1	1	2	2	3	3	4	4	ПК-3.Д.2
Номер ответа	Номер формулы													
1	1													
2	2													
3	3													
4	4													
	<p>Тест 26:</p> <p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции асинхронного ЭП при управлении по каналу напряжения без учета электромагнитных переходных процессов.</p> $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Delta \Omega(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{k_u}{T_M p + 1}, \quad (1)$			ПК-3.Д.2										

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{f(p)} = \frac{k_f}{T_m p + 1}. \quad (2)$$

$$W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\alpha(p)} = \frac{T_m p}{T_m p + 1}. \quad (3)$$

$$W_{\gamma}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\gamma(p)} = \frac{T_m p}{T_m p + 1}. \quad (4)$$

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3
4	4

Тест 27:

Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции асинхронного ЭП при управлении по каналу частоты без учета электромагнитных переходных процессов.

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Delta\Omega(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{k_u}{T_m p + 1}, \quad (1)$$

$$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{f(p)} = \frac{k_f}{T_m p + 1}. \quad (2)$$

$$W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\alpha(p)} = \frac{T_m p}{T_m p + 1}. \quad (3)$$

$$W_{\gamma}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\gamma(p)} = \frac{T_m p}{T_m p + 1}. \quad (4)$$

Номер ответа	Номер формулы
1	1
2	2
3	3
4	4

Тест №29:

Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет электромеханическую характеристику ЭП постоянного тока

ПК-3.Д.2

ПК-3.Д.2

с широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря с несимметричным способом управления.

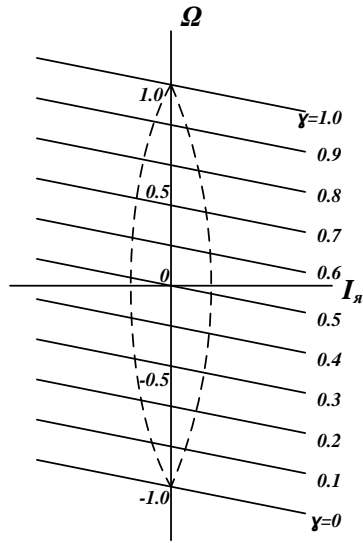


Рис.1

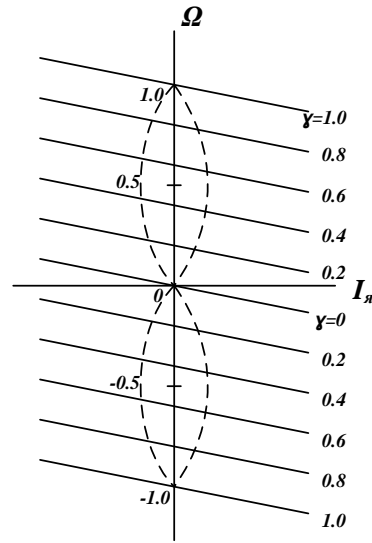


Рис.2

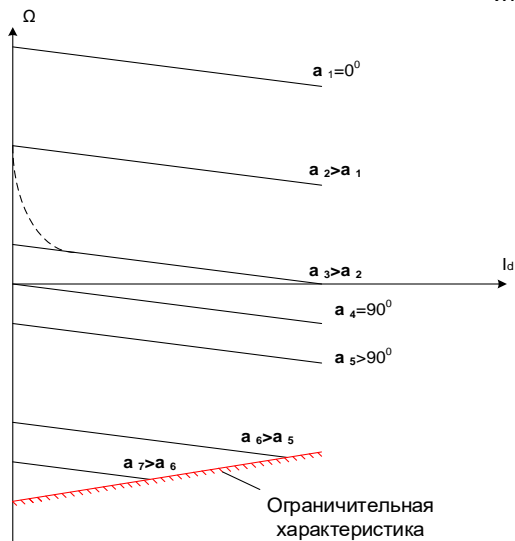
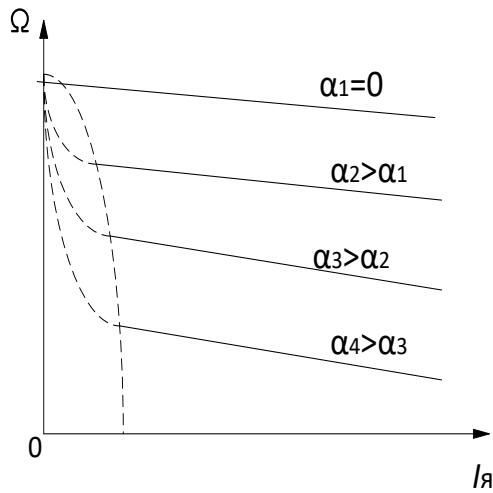


Рис.3

Рис.4

Номер ответа	Номер рисунка
1	Рис.1
2	Рис.2
3	Рис.3
4	Рис.4

Тест №30:

Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет электромеханическую характеристику ЭП постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря с симметричным способом управления.

ПК-3.Д.2

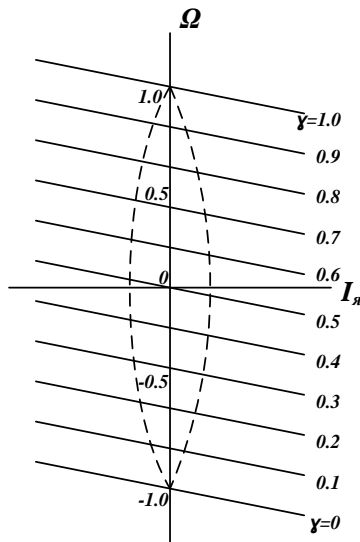


Рис.1

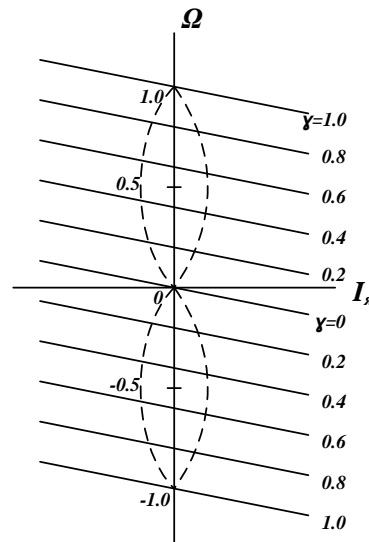
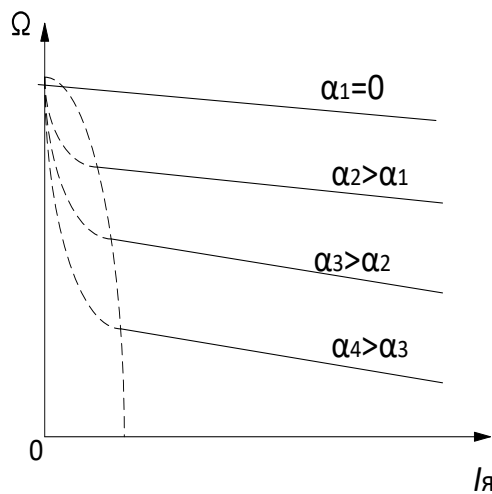


Рис.2



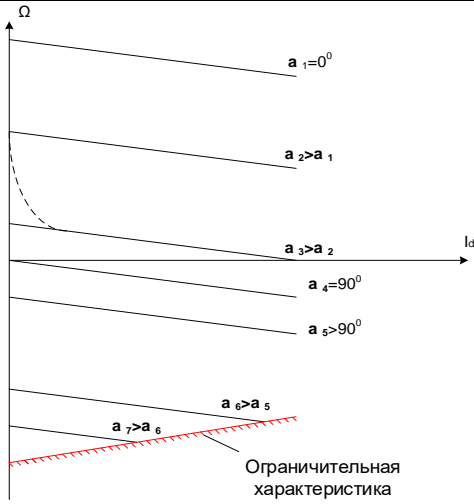


Рис.3

Рис.4

Номер ответа	Номер рисунка
1	Рис.1
2	Рис.2
3	Рис.3
4	Рис.4

Тест №31:

Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет электромеханическую характеристику ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря с рекуперацией энергии в питающую сеть.

ПК-3.Д.2

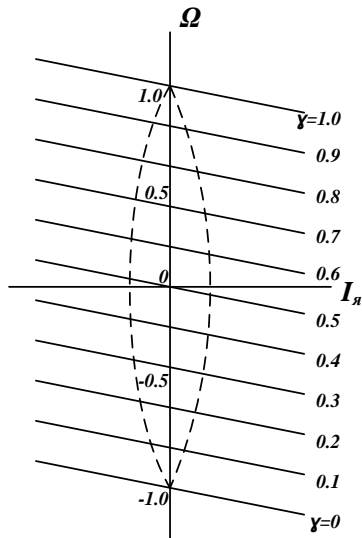


Рис.1

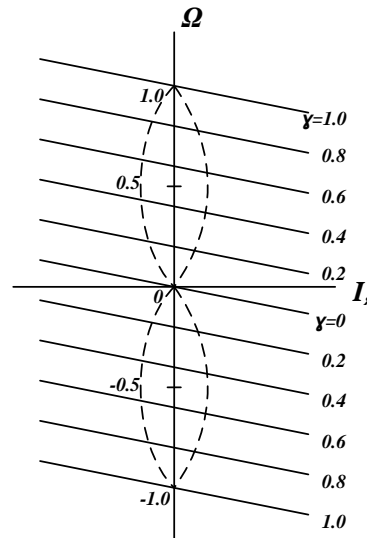


Рис.2

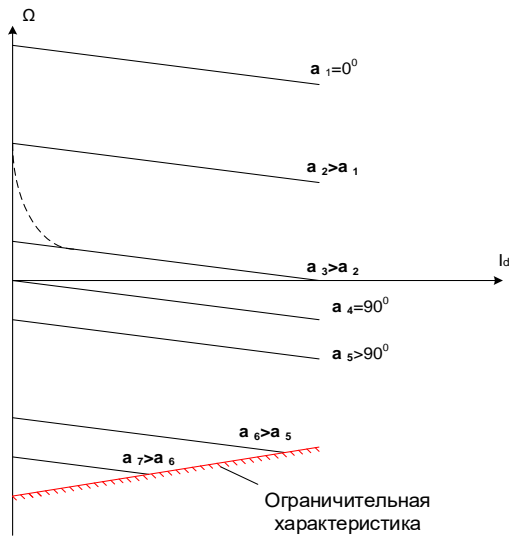
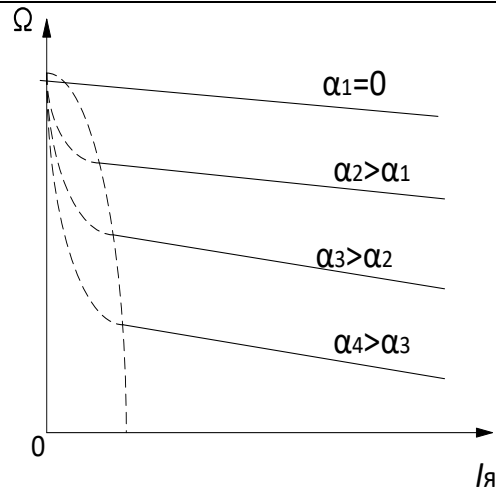


Рис.3

Рис.4

Номер ответа	Номер рисунка
1	Рис.1
2	Рис.2
3	Рис.3
4	Рис.4

Тест №32:

Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет электромеханическую характеристику ЭП постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря с несимметричным способом управления.

ПК-3.Д.2

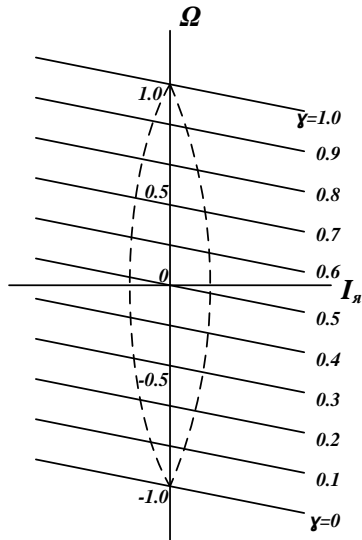


Рис.1

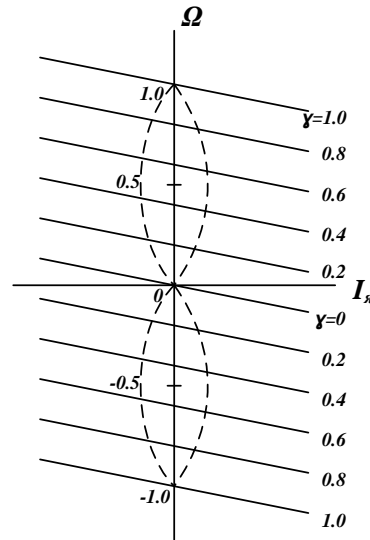


Рис.2

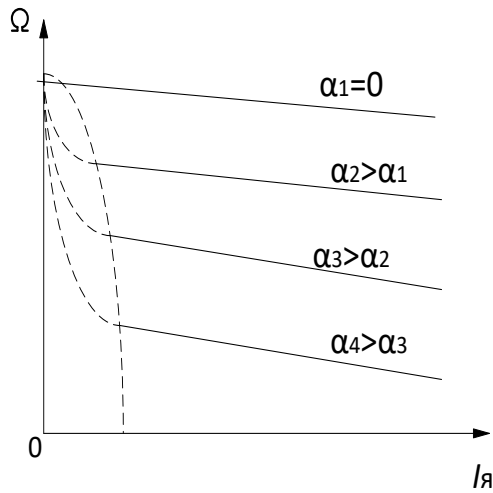


Рис.3

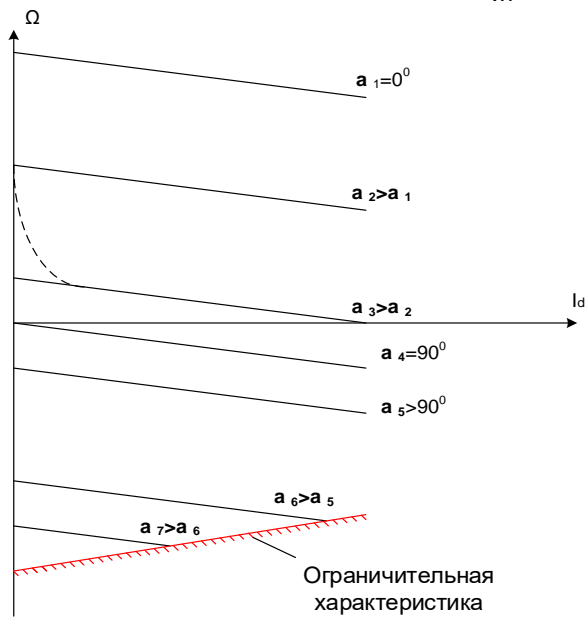


Рис.4

22	110	130	85	65	3
23	120	150	90	75	2
24	110	150	100	60	6
25	100	160	110	90	2
26	90	160	130	60	1
27	80	170	150	105	2
28	70	170	170	120	2,5
29	60	180	180	120	2
30	50	180	190	60	1
31	40	170	200	70	2
32	30	170	210	140	2
33	20	160	220	80	3
34	10	160	230	80	2
35	0	150	240	165	3
36	0	130	230	165	1,5
37	0	110	220	110	3
38	0	100	210	160	2
39	0	90	200	110	3
40	0	80	190	150	2

Задача №2

Для заданного варианта задачи, приведенного в таблице 1, определите время переходного процесса $t_{п.п.}$, за которое скорость ЭП снизится в N раз при заданных значениях:

- начального значения скорости $\Omega_{нач}$, рад/с.;
- момента, развиваемого электродвигателем M_d , Нм;
- момента сопротивления нагрузки M_c , Нм;
- момента инерции электропривода J_Σ ;

$N = \Omega_{нач} / \Omega_{кон}$ – диапазон снижения скорости вращения ЭП.

После решения задачи укажите номер правильного ответа, приведенный в таблице 2, для заданного варианта задачи.

Таблица 1: Варианты задачи №2.

Исходные данные

№ вар	$N = \Omega_{нач} / \Omega_{кон}$	$\Omega_{нач}$	M_d	M_c	J_Σ
		рад/с	Нм	Нм	кгм ²
1	2	300	100	150	2,0
2	3	300	100	200	2,0
3	4	400	100	250	1
4	6	300	150	250	2
5	5	250	50	100	2
6	5	350	100	200	5
7	4	400	100	150	4
8	4	200	100	200	3
9	3	300	150	250	3
10	3	400	250	350	3
11	4	300	50	150	4
12	4	100	70	170	4

13	3	150	100	200	3
14	3	250	100	300	6
15	3	350	150	250	6
16	3	400	200	300	3
17	3	400	50	250	3
18	3,5	350	50	250	4
19	4	400	100	300	2
20	4	500	50	300	4
21	5	450	50	200	5
22	5	450	50	100	5
23	5	350	50	225	5
24	5	300	100	150	3
25	5	200	100	200	3
26	6	600	150	250	3
27	6	600	100	300	3
28	6	600	100	350	3
29	6	600	50	150	5
30	6	600	50	250	5
31	6	600	150	450	6
32	6	600	150	500	7
33	7	450	50	200	7
34	7	350	100	275	7
35	7	350	100	450	7
36	7	350	20	90	7
37	7	350	40	215	7
38	6	350	50	400	6

Задача №3:

- Для заданного варианта задачи, приведенного в таблице 1, определите:
- номинальный момент двигателя постоянного тока M_N , Нм;
 - ток якоря при прямом пуске двигателя постоянного тока в ход $I_{я.п}$, А;
 - коэффициент момента двигателя постоянного тока k_m , Нм/А;
 - момент двигателя при прямом пуске $M_п$, Нм;
 - значение сопротивления $R_{я.п}$, включение которого в цепь обмотки якоря, обеспечит величину пускового тока равную двойному значению номинального тока якоря;
 - электромеханическую постоянную времени ЭП постоянного тока T_m , с;
 - электромагнитную постоянную времени ЭП постоянного тока T_ω , с;
 - время переходного процесса прямого пуска ЭП постоянного тока $t_{п.п}$, с.
- После решения задачи укажите номер правильного ответа, приведенный в таблице 2, для заданного варианта задачи.

Таблица 1: Варианты задачи №3.

№ вар	Исходные данные						
	$P_{дв N}$ Вт	$U_{я}$ В	$I_{я}$ А	$R_{я}$ Ом	Ω рад/с	J_p кгм ²	$L_{я}$ Гн
1	100	110	2	5,5	100	0,001	0,055

2	150	60	4	1,5	150	0,002	0,03
3	200	110	2,5	5	200	0,003	0,05
4	250	110	3	5	100	0,004	0,1
5	300	220	2	10	150	0,005	0,2
6	110	110	1,5	5	220	0,006	0,1
7	140	60	3	3	280	0,007	0,03
8	180	80	3	4	180	0,008	0,04
9	220	110	3	5	220	0,009	0,05
10	240	220	1,5	10	240	0,001	0,1
11	250	60	5	1,5	250	0,002	0,015
12	270	80	4	2	270	0,003	0,02
13	280	100	3,5	5	280	0,004	0,05
14	300	110	3,5	5	300	0,005	0,08
15	320	140	3,0	7	320	0,006	0,07
16	370	160	2,5	5	185	0,007	0,05
17	380	180	2,5	6	190	0,008	0,06
18	400	200	2,5	10	200	0,009	0,1
19	420	220	2,5	11	210	0,01	0,11
20	440	60	9,0	1	220	0,02	0,01
21	460	80	8,0	2	115	0,03	0,02
22	480	100	5,5	2	120	0,04	0,02
23	500	110	5,0	2	100	0,05	0,02
24	520	120	5,0	3	130	0,06	0,06
25	540	150	4,0	3	180	0,07	0,06
26	560	160	4,0	4	140	0,08	0,08
27	580	180	4,0	6	145	0,09	0,06
28	600	200	4,0	5	150	0,01	0,1
29	620	220	4,0	5	155	0,02	0,1
30	640	200	4,0	5	160	0,03	0,05
31	660	180	5,0	3	110	0,04	0,06
32	680	160	8,0	4	170	0,05	0,8
33	700	140	7,0	2	200	0,06	0,4
34	720	110	8,0	1,1	180	0,07	0,22
35	740	90	10	1	185	0,08	0,1
36	760	70	14	0,5	190	0,09	0,05
37	780	50	20	0,25	390	0,01	0,025
38	800	220	5	4	200	0,02	0,12
39	820	200	5,0	4	205	0,032	0,2
40	840	180	6,0	3	210	0,04	0,3
41	860	150	6,0	2,5	215	0,05	0,25
42	880	140	7,0	2,0	220	0,06	0,2
43	900	110	9,0	1,0	225	0,07	0,1
44	930	150	9,0	2,0	310	0,02	0,2
45	940	180	6,0	2,0	235	0,04	0,2

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Электрический привод», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях [1], [2], [6], [7], [8], [9].

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала и методические указания к изучению дисциплины

Введение

Литература [1], стр. 5-15.

Методические указания.

Электрическим приводом называется электромеханическая система, предназначенная для проведения в движение рабочих органов машин, целенаправленного управления этими процессами и состоящая из передаточного, электродвигательного, преобразовательного и управляющего устройств. Необходимо рассмотреть вышеперечисленные элементы электропривода и их взаимосвязь, а также основные виды электроприводов и их назначение.

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определения понятиям электропривод, передаточное устройство, электродвигательное устройство, преобразовательное устройство, управляющее устройство.

2. Перечислите основные виды электроприводов, укажите их назначение. 3.

Укажите основные этапы развития электропривода.

Раздел 1. ЭП как система.

Литература [1], стр.29-43.

Методические указания.

Структурная схема ЭП. Разомкнутые и замкнутые системы ЭП. Уравнения Лагранжа- Максвелла II рода для электромеханической системы. Вывод уравнений динамики электрической машины постоянного тока с применением уравнений Лагранжа- Максвелла II рода.

Раздел 2. Механическая часть силового канала ЭП.

Литература [1], стр. 18-49.

Методические указания.

При изучении этого раздела следует рассмотреть функциональную схему механической части ЭП и ее основные элементы, а также необходимо установить моменты и силы сопротивления нагрузки электропривода. Необходимо установить зависимость статического момента нагрузки (M_c) электропривода от скорости вращения (ω) для наиболее распространенных видов нагрузки. Следующим важным вопросом этого раздела является вопрос приведения моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к валу двигателя. Эта процедура необходима при расчете и исследовании практически всех видов электроприводов. Также важным является вывод уравнения движения ЭП. Отметим, что уравнение движения необходимо для вывода передаточной функции ЭП и будет востребовано в следующих разделах курса. Важной характеристикой ЭП является вопрос статической устойчивости механической части ЭП. Для статической устойчивости механической системы ЭП необходимо выполнение следующего неравенства:

$$\partial M_c / \partial \omega > \partial M_{дв} / \partial \omega, \text{ т.е.}$$

необходимо, чтобы приращение момента сопротивления при изменении скорости вращения было бы больше приращения электромагнитного момента двигателя при изменении скорости на ту же самую величину.

Вопросы для самоконтроля:

1. Нарисуйте функциональную схему механической части ЭП, укажите из каких основных узлов состоит механическая подсистема ЭП.

2. Перечислите типовые упругие элементы ЭП и напишите уравнения, необходимые для характеристики этих элементов.

3. Приведите статические характеристики нагрузок:

- с постоянным (т.е. независимым от скорости) моментом нагрузки;

- «сухое трение»;

- «вязкое трение»;

- вентиляторная нагрузка;

- нагрузка с постоянной мощностью.

4. Напишите формулу приведения статического момента нагрузки к валу двигателя.

5. Напишите формулу приведения момента инерции нагрузки к валу двигателя.

6. Напишите уравнение движения ЭП с вращательным типом движения.

7. Напишите уравнение движения ЭП с поступательным типом движения.

8. Нарисуйте механические характеристики двигателя и нагрузки [$M_{дв}=f(\omega)$ и $M_c=f(\omega)$], соответствующие:

а-устойчивой работе механической подсистемы ЭП;

б-неустойчивой работе механической подсистемы ЭП.

Раздел 3. ЭП постоянного тока.

Тема 1. Механические и регулировочные характеристики двигателя постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением и способы торможения двигателя постоянного тока

Литература [1], стр.69-108. 109-145. [2], стр.23-46.

Методические указания.

В этом разделе необходимо изучить механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением. При проектировании ЭП часто приходится решать задачи расчета добавочных сопротивлений, включаемых в цепь обмотки якоря для получения разнообразных механических характеристик: при пуске, динамическом торможении или в режиме противовключения. Необходимо освоить основы методики расчета этих добавочных сопротивлений.

Известно, что электрический двигатель обладает важным свойством, а именно обладает способностью самоторможения, т.е. двигатель может переходить в тормозной режим и осуществлять торможения ЭП без применения каких –либо внешних механических тормозных устройств. Необходимо изучить способы торможения двигателя постоянного тока, электрические схемы для реализации этих способов и характеристики торможения.

Вопросы для самоконтроля:

1.Напишите выражение механической характеристики двигателя постоянного тока.
2.Нарисуйте механические характеристики двигателя постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением, дайте пояснения различию этих характеристик.

кажите способы регулирования скорости вращения его.

3.Напишите выражение скорости вращения двигателя постоянного тока и у
4.Укажите какой из способов регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока обеспечивает линейный характер регулировочной характеристики.

5.Нарисуйте электрическую схему для реализации динамического торможения двигателя постоянного тока и его механическую характеристику при динамическом торможении, выведите выражение тормозного момента.

6.Дайте пояснение генераторного (рекуперативного) торможения двигателя постоянного тока, приведите механические характеристики генераторного торможения.

7.Дайте пояснение торможение противовключением, приведите электрическую схему для реализации торможения противовключением.

Раздел 4.. Механические и регулировочные характеристики электропривода постоянного тока с полупроводниковыми преобразователями в цепи обмотки якоря.

Литература [1], 109-145. [2], стр.23-46

Методические указания.

Практически во всех современных электроприводах постоянного тока регулирование скорости вращения осуществляется за счет регулирования напряжения, подаваемого на обмотку якоря от полупроводникового преобразователя. В качестве полупроводниковых преобразователей для ЭП постоянного тока наибольшее применение находят управляемые тиристорные выпрямители и транзисторные преобразователи с широтно-импульсным способом регулирования напряжения.

Необходимо изучить основные схемы реверсивных ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях – устройство, принцип работы, механические и регулировочные характеристики этих ЭП

Вопросы для самоконтроля:

1.Нарисуйте схему реверсивного тиристорного электропривода, выполненного на базе трехфазного мостового выпрямителя.

2. Укажите способы управления реверсивного тиристорного электропривода постоянного тока и дайте пояснения принципу реализации их.

3. Напишите выражение механической характеристики реверсивного тиристорного электропривода постоянного тока и постройте ее для нескольких значений угла регулирования выпрямителя.

4. Напишите выражение регулировочной характеристики реверсивного тиристорного электропривода постоянного тока и постройте ее для двух значений момента сопротивления, равным нулю и равным номинальному.

5. Нарисуйте электрическую схему реверсивного ЭП постоянного тока, выполненного на основе транзисторного преобразователя с широтно-импульсным способом регулирования напряжения (ШИП).

6. Нарисуйте временные диаграммы, поясняющие реализации несимметричного способа управления транзисторного преобразователя с ШИП.

7. Нарисуйте временные диаграммы, поясняющие реализации симметричного способа управления транзисторного преобразователя с ШИП.

8. Нарисуйте временные диаграммы, поясняющие реализации поочередного способа управления транзисторного преобразователя с ШИП.

9. Нарисуйте механические характеристики ЭП с ШИП для несимметричного, симметричного и поочередного способов регулирования ЭП с ШИП.

Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота. Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.

Литература [1], стр.234-238. стр.299-313.

Методические указания.

Для вывода передаточной функции двигателя постоянного тока используют уравнения равновесия напряжения в цепи обмотки якоря и уравнение движения, записанные в дифференциальной форме, затем их следует переписать в операторной форме и определить передаточную функцию двигателя по управляющему воздействию:

$$W^Y(p) = \omega(p) / U_a(p).$$

По уравнениям, записанным в дифференциальной форме, можно составить структурную схему электропривода. Используя структурную схему, можно достаточно просто вывести передаточную функцию ЭП по возмущающему воздействию, т.е. по моменту сопротивления.

$$W^B(p) = \omega(p) / M_c(p).$$

Необходимо проанализировать полученные передаточные функции.

Для получения передаточных функций по углу поворота необходимо приведенные выше передаточные функции разделить на p - оператор Лапласа.

Для исследования переходного процесса пуска необходимо использовать дифференциальные уравнения, упомянутые выше. Разрешить эти уравнения относительно переменной $\omega(t)$ - скорости вращения и составить характеристическое уравнение и решить его. Необходимо проанализировать связь полученных корней характеристического уравнения с видом переходных характеристик ЭП. Необходимо получить уравнение тока якоря для пускового режима и также провести его анализ.

Методические указания.

1. Напишите уравнение равновесия напряжения в цепи обмотки якоря и уравнение движения ЭП постоянного тока.

2. Напишите выражения передаточной функции двигателя постоянного тока по управляющему воздействию и по возмущению.

3. Напишите систему дифференциальных уравнений электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением для исследования переходного процесса пуска двигателя в ход.

4. Выведите выражения скорости и тока якоря двигателя постоянного тока при прямом пуске.

5. Дайте пояснения влияния соотношения электромеханической и электромагнитной постоянных времени электродвигателя на характер переходного процесса пуска, т.е. на вид зависимостей скорости вращения и тока якоря во времени при пуске.

Раздел 5. Асинхронный ЭП.

Литература [3], стр.70-92.

Методические указания.

Способы регулирования скорости вращения. Тормозные режимы асинхронного привода.

Литература [3], стр.70-92.

Асинхронный электропривод находит широкое применение на практике благодаря высокой надежности и относительно невысокой стоимости изготовления асинхронного двигателя.

Скорость вращения асинхронного двигателя можно регулировать путем изменения:

- числа пар полюсов двигателя;
- скольжения двигателя (s);
- частоты напряжения, подаваемого на обмотку статора.

Необходимо сравнить эти способы по достижимому диапазону регулирования скорости вращения, по зависимости коэффициента полезного действия и коэффициента мощности от диапазона регулирования скорости вращения.

Асинхронный двигатель (АД) также как и двигатель постоянного тока обладает свойством самоторможения. Необходимо определить условия и схемы для реализации динамического и генераторного торможения асинхронного двигателя.

Вывод передаточной функции асинхронного двигателя при регулировании скорости вращения путем изменения величины напряжения, подаваемого на обмотку статора (при реализации способа регулирования скорости вращения изменением скольжения).

Вопросы для самоконтроля:

1. Поясните принцип работы асинхронного двигателя, напишите формулу скорости вращения асинхронного двигателя и укажите возможные способы регулирования скорости вращения.

2. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости вращения АД путем изменения скольжения.

3. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости вращения АД путем изменения числа пар полюсов.

4. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости вращения АД путем изменения частоты.

5. Нарисуйте схему динамического торможения АД, поясните принцип реализации этого способа торможения.

6. Нарисуйте схему генераторного (рекуперативного) торможения АД, поясните принцип реализации этого способа торможения.

7. Укажите способ изменения направления вращения АД.

Частотное управление асинхронного двигателя.

Литература [3],

Для реализации частотного управления асинхронного двигателя он должен быть запитан от полупроводникового преобразователя частоты, позволяющего регулировать частоту и величину напряжения переменного тока в широких пределах.

Необходимо изучить основной закон частотного управления и частные случаи этого закона:

- частотное управление при постоянном отношении напряжения и частоты на всем диапазоне регулирования скорости вращения, т.е. $U_1/f_1 = const$;

- частотное управление при постоянстве полного потока, или частотное управление с компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмотки статора;
- частотное управление при постоянстве рабочего потока или частотное управление с компенсацией падения напряжения на полном сопротивлении обмотки статора.

Для каждого из вышеперечисленных частотных способов управления асинхронного двигателя необходимо нарисовать структурную схему привода, реализующую рассматриваемый способ управления, выявить достоинства и недостатки его, сравнить с другими частотными способами управления.

Передачные функции АД при частотном управлении и регулировании путем изменения напряжения обмотки статора.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ

приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Электрический привод», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях в учебно-методических пособиях [3], [4], [5]

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях [3], [4] и [5],

Структура и форма отчета о лабораторной работе приведены в методических указаниях к выполнению лабораторных работ [3], [4]. и [5],

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе приведены в методических указаниях к выполнению лабораторных работ [3], [4]. и [5],

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится в течение семестра с использованием тестовых вопросов (табл.18) и оценки выполнения лабораторных работ, защиты отчетов, решении задач на практических занятиях. В конце семестра по результатам текущего контроля выставляется оценка, которая учитывается при выставлении оценки по результатам промежуточной аттестации.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация проводится по вопросам, приведенным в таблице 15.

При оценке окончательных результатов обучения по дисциплине учитывается оценка по текущему контролю, а также отсутствие или наличие задолженности по лабораторным работам и практическим занятиям. При наличии задолженностей по лабораторным работам и практическим занятиям итоговая оценка снижается на 0,5 балла за каждую не выполненную и не защищенную лабораторную работу или не решенную задачу.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой