

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

проф. д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.Л. Ронжин

(подпись)

«27» мая 2019 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электрический привод»

(Название дисциплины)

Код направления	13.05.02
Наименование направления/ специальности	Специальные электромеханические системы
Наименование направленности	Электромеханические системы специальных устройств и изделий
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2019 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Доц., к.т.н., доцент

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

22.05.2019

А.А. Мартынов

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

« 22 » мая 2019 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

проф. д.т.н., проф.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

22.05.2019

А.Л. Ронжин

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 13.05.02(01)

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

С.В. Солёный

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

М.В. Бураков

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Электрический привод» входит в базовую часть образовательной программы подготовки обучающихся по специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы» направленность «Электромеханические системы специальных устройств и изделий». Дисциплина реализуется кафедрой №32.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

общефессиональных компетенций:

ОПК-7 «способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности»;

профессиональных компетенций:

ПК-21 «способность участвовать в выполнении технологических операций по обеспечению заданных параметров функционирования специальных электромеханических систем».

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 обучающегося, консультации.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-7 «способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности»:

знать - основы предметной области – теории и практики электрического привода;

уметь - самостоятельно производить поиск и анализ новой информации по электрическим приводам;

владеть навыками - поиска необходимой информации, используя современные информационные технологии;

иметь опыт деятельности – в разработке электромеханических систем.

ПК-21 «способность участвовать в выполнении технологических операций по обеспечению заданных параметров функционирования специальных электромеханических систем»:

знать – устройство, принцип работы, характеристики специальных электромеханических систем;

уметь – выполнять операции контроля заданных параметров электромеханических систем;

владеть навыками – регулирования и настройки параметров специальных электромеханических систем;

иметь опыт деятельности – в эксплуатации специальных электромеханических систем.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин: «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электромеханические 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», «Электромехатроника», «Нетрадиционная электромеханика» и при дипломном проектировании.

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№5	№6
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	10/ 360	5/ 180	5/ 180
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	136	68	68
лекции (Л), (час)	68	34	34
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)			
лабораторные работы (ЛР), (час)	68	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
Экзамен, (час)	36		36
<i>Самостоятельная работа</i> , всего	188	112	76
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Дифф. Зач., Экз.	Дифф. Зач.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

№ п/п	Раздел, темы дисциплины	Л (час)	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5						
1	Раздел 1. ЭП как система.	4,0				10,0
2	Тема 1.1. Назначение и классификация ЭП.	1,0				
3	Тема 1.2. Уравнения Лагранжа-Максвелла II рода	3,0				

	электромеханической системы.					
4	Раздел 2. Механическая часть силового канала ЭП	6,0				20,0
5	Тема 2.1. Функциональные схемы механической части ЭП и их основные элементы	2,0				
6	Тема 2.2. Приведение моментов сопротивления, инерционных масс, упругих моментов диссипативных сил к одной оси.	2,0				
7	Тема 2.3. Статическая устойчивость ЭП.	2,0				
8	Раздел 3. ЭП постоянного тока.	6,0		12,0		30,0
9	Тема 3.1 Механические и регулировочные характеристики двигателей постоянного тока с независимым и последовательным возбуждением	2,0				
10	Тема 3.2. Способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.	1,0				
11	Тема 3.3. Способы торможения двигателя постоянного тока	1,0				
12	Тема 3.4. Передаточные функции двигателя постоянного тока по скорости, моменту, углу поворота.	1,0				
13	Тема 3.5. Переходный процесс пуска двигателя постоянного тока в ход.	1,0				
14	Раздел 4. Реверсивные ЭП постоянного тока с вентильными (полупроводниковыми) преобразователями в их цепях.	6,0		12,0		20,0
15	Тема 4.1. ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи	3,0				

	обмотки якоря.					
16	Тема 4.2. ЭП постоянного тока с транзисторным широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря.	3,0				
17	Раздел 5. Замкнутые системы электропривода постоянного тока:	8,0		10,0		20,0
18	Тема 5.1. ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению	1,0				
19	Тема 5.2. ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости;	1,0				
20	Тема 5.3. ЭП постоянного тока с с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря	2,0				
21	Тема 5.4. ЭП постоянного тока с токоограничением	2,0				
22	Тема 5.5. ЭП постоянного тока, замкнутый по углу поворота.	2,0				
23	Раздел 6. Энергетические показатели ЭП постоянного тока.	4,0				12,0
24	Тема 6.1. Потери мощности, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока.	2,0				
25	Тема 6.2. Коэффициент мощности тиристорного ЭП постоянного тока при различных характерах нагрузки:	2,0				
	Итого в семестре	34		34		112
Семестр 6						
26	Раздел 7. Асинхронный ЭП.	9,0		26,0		21,0

27	Тема 7.1. Способы регулирования скорости вращения. Тормозные режимы асинхронного привода.	1,0				
28	Тема 7.2 Регулирование скорости вращения путем регулирования напряжения, подаваемого на обмотку статора.	2,0				
29	Тема 7.3. Частотное управление АД	3,0				
30	Тема 7.4. Релейно-контакторные системы управления	3,0				
31	Раздел 8. ЭП на основе вентильного двигателя.	4,0		4,0		21,0
32	Тема 8.1. Функциональная и принципиальная схемы вентильных двигателей	2,0				
33	Тема 8.2. Способы управления: дискретный и аналоговый.	2,0				
34	Раздел 9. Шаговый ЭП.	6,0		4,0		22,0
35	Тема 9.1. Типы шаговых двигателей и способы их управления.	4,0				
36	Тема 9.2. Основы методики расчета шагового ЭП.	2,0				
37	Раздел 10. Информационный канал замкнутых систем ЭП.	5,0				7,0
38	Раздел 11. Основы методики проектирования ЭП.	5,0				10,0
39	Тема 11.1. Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора.	1,0				
40	Тема 11.2. Выбор вентильного преобразователя и датчиков контролируемых	2,0				

	координат.					
41	Тема 11.3. Основы статического и динамического расчета замкнутой системы ЭП.	2,0				
42	Раздел 12. Подчиненный способ регулирования координат ЭП.	4,0				12,0
43	Тема 12.1. Выбор регуляторов ЭП постоянного тока.	2,0				
44	Тема 12.2. Выбор регуляторов ЭП переменного тока.	2,0				
45	Раздел 13. Перспективы развития ЭП	1,0				2,0
	Итого в семестре	34		34		76
	Итого	68		68	0	188

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание разделов и тем лекционных занятий

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.	Передачные 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.	Замкнутые системы электропривода постоянного тока.
Тема 5.1.	ЭП с отрицательной обратной связью по напряжению.
Тема 5.2.	ЭП с отрицательной обратной связью по скорости.
Тема 5.3.	ЭП с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря.
Тема 5.4.	ЭП постоянного тока с токоограничением.
Тема 5.5.	ЭП постоянного тока, замкнутый по углу поворота.
Раздел 6.	Энергетические показатели ЭП постоянного тока.
Тема 6.1.	Потери мощности, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока.
Тема 6.2.	Коэффициент мощности электропривода постоянного тока с тиристорным преобразователем в цепи обмотки якоря.
Раздел 7.	Асинхронный ЭП.
Тема 7.1.	Способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя. Тормозные режимы асинхронного привода.
Тема 7.2	Регулирование скорости вращения путем регулирования напряжения, подаваемого на обмотку статора. Механические характеристики асинхронного ЭП при управлении по каналу напряжения. Передаточная функции АД при управлении по каналу напряжения обмотки статора.
Тема 7.3.	Частотное управление АД при: $- \frac{U_1}{f_1} = const ;$ <ul style="list-style-type: none"> - постоянстве полного потока; - постоянстве рабочего потока; - частотно-токовым управлении; - постоянстве абсолютного скольжения; - векторном управлении АД.

	Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.
Тема 7.4	Релейно-контакторные системы управления
Раздел 8.	ЭП на основе вентильного двигателя.
Тема 8.1.	Функциональная и принципиальная схемы вентильных двигателей. Схемы соединения обмоток. Датчик положения ротора для двухфазного и трехфазного вентильного двигателя с числом пар полюсов $p=1$; $p=2$; $p=3$.
Тема 8.2.	Способы управления: дискретный и аналоговый. Механические и регулировочные характеристики. Передаточная функция вентильного двигателя.
Раздел 9.	Шаговый ЭП.
Тема 9.1.	Шаговый двигатель с активным ротором. Шаговый двигатель с реактивным ротором. Схемы соединения обмоток. Способы управления. Электрическое дробление шага.
Тема 9.2.	Основы методики расчета шагового ЭП.
Раздел 10.	Информационный канал замкнутых систем ЭП. Датчик тока, скорости, положения. Схемы включения датчиков положения.
Раздел 11.	Основы методики проектирования ЭП.
Тема 11.1.	Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора.
Тема 11.2.	Выбор вентильного преобразователя и датчиков контролируемых координат.
Тема 11.3.	Основы статического и динамического расчета замкнутой системы ЭП.
Раздел 12.	Подчиненный способ регулирования координат ЭП.
Тема 12.1.	Выбор регуляторов ЭП постоянного тока.
Тема 12.2.	Выбор регуляторов ЭП переменного тока.
Раздел 13.	Перспектива развития ЭП.

4.2. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего:				

4.3. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5		34 часа	
1	Л.Р №1.Определение параметров передаточной функции ЭП постоянного тока	2 часа	
2	Л.Р №2.Исследование статических электромеханических и механических характеристик ЭП постоянного ток	2 часа	
3	Л.Р №3. Исследование статических характеристик динамического торможения и торможения противовключением ДПТ независимого возбуждения	2 часа	
4	Л.Р №4. Исследование переходных процессов при динамическом торможении и торможении противовключением	2 часа	
5	Л.Р №5. Исследование реостатного пуска ДПТ независимого возбуждения в функции тока якоря, времени и скорости	4 часа	
6	Л.Р №6. Исследование процессов прямого пуска двигателя постоянного тока независимого возбуждения	4 часа	
7	Л.Р.№7. Автоматизированное исследование и протоколирование статических электромеханических и механических характеристик ЭП постоянного тока.	4 часа	
8	Л.Р №8. Автоматизированное исследование и протоколирование статических электромеханических и механических характеристик ЭП постоянного тока в тормозных режимах работ	4 часа	
9	Л.Р №9. Автоматизированное исследование и протоколирование характеристик переходных процессов реостатного пуска ЭП постоянного тока	4 часа	
10	Л.Р №10. Исследование контура регулирования тока в системе «ШИП-ДПТ».	4 часа	
11	Заключительное занятие	2 часа	

	Семестр 6	34 часа	
12	Л.Р.№ 11. Исследование статических механических и электромеханических характеристик АД с короткозамкнутым ротором	2 часа	
13	Л.Р.№ 12 Исследование переходных процессов торможения АД с короткозамкнутым ротором	2 часа	
14	Л.Р. №13. Исследование переходных процессов пуска АД с короткозамкнутым ротором	2 часа	
15	Л.Р.№14. Автоматизированное исследование и протоколирование переходных процессов пуска АД с короткозамкнутым ротором	2 часа	
16	Л.Р.№15. Изучение схемы тепловой защиты АД	2 часа	
17	Л.Р.№16. Изучение схемы прямого пуска АД	2 часа	
18	Л.Р.№17. Изучение схемы реверса АД	2 часа	
19	Л.Р.№18. Изучение схемы плавного пуска АД	2 часа	
20	Л.Р.№19. Изучение схемы частотного пуска и управления АД	4 часа	
21	Л.Р.№20 Изучение схем пуска двухскоростного АД	4 часа	
22	Л.Р.№21. Изучение релейно-контактных схем управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем	4 часа	
23	Л.Р.№22. Автоматизированное исследование и протоколирование переходных процессов торможения АД с короткозамкнутым ротором.	4 часа	
24	Заключительное занятие	2 часа	
	Всего	68 часов	

4.4. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 5, час	Семестр 6, час
1	2	3	4
Самостоятельная работа, всего	188	112	76

изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	164	100	64
курсовое проектирование (КП, КР)			
расчетно-графические задания (РГЗ)			
выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю (ТК)	24	12	12
домашнее задание (ДЗ)			
контрольные работы заочников (КРЗ)			

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83 М29	1.Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.– СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	70
621.313 М29	2.Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	70
621.314 М29	3.Мартынов А.А. Основы электрического привода.: Учебно-метод. пособие: в 2-х ч.Ч1. СПб.: СПбГУАП, 2017. 145с.: ил.	

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных)

		экземпляров)
621.865.8 М29	4. Мартынов А.А. Вентильный ЭП роботов. Расчет и проектирование систем тиристорного ЭП. Учебное пособие./ ЛИАП. Л. 1991г.-92с.	30

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

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, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы 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	21-18
2	Специализированная лаборатория	21-19

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОПК-7 «способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности»	
1	Инженерная и компьютерная графика
2	Химия
3	Материаловедение
4	Метрология
5	Электрический привод
6	Электрические и электронные аппараты
6	Электрический привод
7	Энергосбережение и энергоэффективность
9	Электромагнитная совместимость
10	Техническое обслуживание и ремонт специальных электромеханических систем
ПК-21 «способность участвовать в выполнении технологических операций по обеспечению заданных параметров функционирования специальных электромеханических систем»	
5	Электрический привод
5	Силовая электроника
6	Электрический привод

6	Силовая электроника
7	Защита и автоматика электроэнергетических и электромеханических систем
9	Системы управления торможением летательных аппаратов
9	Электромагнитная совместимость

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - 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 направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
$55 \leq K \leq 69$	«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.
$K \leq 54$	«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.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
-------	----------------------------------------

1. Основной закон частотного управления асинхронного двигателя. Схема замещения АД при частотном управлении.
2. Закон частотного управления $U_1/f_1 = \text{const}$: механические характеристики, диапазон регулирования скорости вращения.
3. Частотный закон управления АД с постоянством полного потока: структурная схема, достоинства, недостатки.
4. Частотный закон управления АД с постоянством рабочего потока: структурная схема, достоинства, недостатки.
5. Частотное управление АД с постоянством абсолютного скольжения: структурная схема, достоинства, недостатки.
6. Частотно-токовое управление АД: структурная схема, достоинства, недостатки.
7. Векторное управление АД: векторная диаграмма, основные расчетные соотношения.
8. Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.
9. Асинхронный электропривод при регулировании скорости вращения путем изменения напряжения обмотки статора: схема, характеристики.
10. Передаточная функция АД при управлении по каналу напряжения.
11. Механический электромашинно-вентильный каскад: схема, достоинства, недостатки.
12. Электрический электромашинно-вентильный каскад: схема, достоинства, недостатки.
13. Электропривод с синхронным двигателем: схемы включения, механическая и угловая характеристики работы СД.
14. Пусковые и установившиеся режимы работы СД.
15. Расчет мощности и выбор электродвигателя при различных характеристиках нагрузки.
16. Выбор передаточного отношения редуктора при циклическом изменении характера нагрузки.
17. Выбор числа зубчатых колёс, модуля колёс, расчёт момента инерции редуктора.
18. Устройство, принцип работы вентильного двигателя.
19. Механические характеристики и передаточная функция вентильного двигателя.
20. Шаговый электродвигатель с активным ротором-устройство, принцип работы, способы уменьшения шага.
21. Шаговый электродвигатель с реактивным ротором-устройство, принцип работы, формула определения шага.
22. Вентильно-индукторный двигатель: устройство, принцип работы, характеристики.
23. Компенсационная схема измерителей рассогласования на потенциометрах: схемы, коэффициент передачи.
24. Каскадная схема измерителей рассогласования на потенциометрах: схемы, коэффициент передачи.
25. Компенсационная и каскадная схемы измерителей рассогласования на вращающихся трансформаторах: схемы, коэффициент передачи.
26. Каскадная схема измерителей рассогласования на вращающихся трансформаторах: схемы, коэффициент передачи.
27. Принцип подчинённого регулирования. Выбор передаточной функции регулятора при

$$W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p}$$

28. Выбор передаточной функции регулятора при $W_{исх}(p) = \frac{1}{T_p + 1}$..

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для дифференцированного зачета
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уравнения Лагранжа-Максвелла применительно к электромеханическим системам. 2. Построение математической модели электрического привода постоянного тока на основе уравнений Лагранжа-Максвелла. 3. Типовые статические характеристики исполнительных механизмов. 4. Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока по управляющему воздействию. 5. Вывод передаточной функции двигателя постоянного тока по возмущению ($M_{нг}$). 6. Приведение характеристик исполнительного механизма (J_n, M_n) к валу двигателя. 7. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока при управлении сопротивлением цепи обмотки якоря. 8. Регулировочные характеристики электропривода постоянного тока при управлении напряжением обмотки якоря 9. Динамическое торможение электропривода постоянного тока: схема, характеристики. 10. Рекуперативное торможение электропривода постоянного тока: схема, характеристики. 11. Сравнительная оценка способов регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока 12. Торможение противовключением электропривода постоянного тока: схема, характеристики. 13. Схема трехступенчатого реостатного пуска двигателя постоянного 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. 15. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря.
	<ol style="list-style-type: none"> 16. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости. 17. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с положительной обратной связью по току якоря. 18. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической характеристики электропривода постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по току якоря. 19. Структурная схема, вывод выражения искусственной механической

	<p>характеристики электропривода постоянного тока с упреждающим токоограничением.</p> <p>20. Переходный процесс прямого пуска двигателя постоянного тока. Вывод зависимостей $\omega=f(t)$ и $i_a=f(t)$.</p> <p>21. Влияние соотношения постоянных времени T_M и T_Σ электропривода постоянного тока на характер переходных процессов ЭП.</p> <p>22. Раздельный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока по знаку сигнала управления: схема, принцип работы, достоинства, недостатки.</p> <p>23. Раздельный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока по знаку тока якоря: схема, принцип работы, достоинства, недостатки</p> <p>24. Раздельный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока по знаку сигнала управления и тока якоря: схема, принцип работы, достоинства, недостатки.</p> <p>25. Совместный способ управления тиристорного электропривода постоянного тока: схема, принцип работы, достоинства, недостатки</p> <p>26. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Несимметричный способ управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.</p> <p>27. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Симметричный способ управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.</p> <p>28. Электропривод постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем. Комбинированные (поочередный) способ управления- схема, временные диаграммы, достоинства, недостатки.</p> <p>29. Коэффициент мощности электропривода постоянного тока с тиристорным преобразователем в цепи обмотки якоря.</p> <p>30. Потери мощности ЭП постоянного тока, коэффициент полезного действия ЭП постоянного тока с тиристорным управлением</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
-------	----------------------------------------

Тест №1:

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

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

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

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

$$\Omega = \frac{U_{я}}{C_e\Phi}. \quad (4)$$

где $U_{я}$ –напряжение якоря;

$I_{я}$ –ток якоря;

$R_{я}$ – 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 :

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

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

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

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

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

Тест №3:

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

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

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

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

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

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 №4:

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

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

Тест №6:

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

Тест №8:

Укажите формулу (1), (2), (3) или (4), по которой следует рассчитать приведенное к валу двигателя значение момента нагрузки M'_n при поступательном движении нагрузки вниз (при спуске 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;

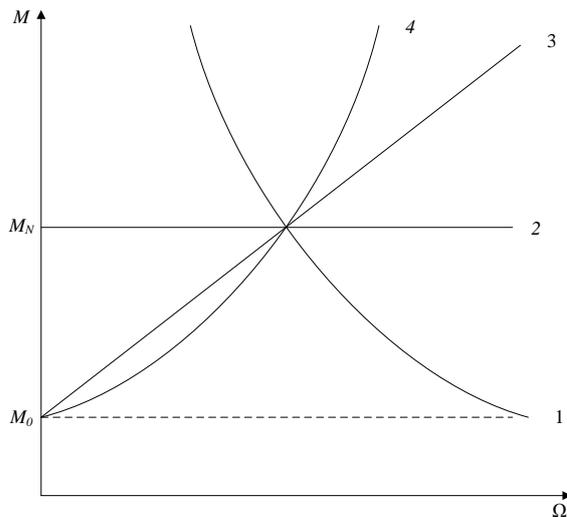
ρ – радиус приведения.

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

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

Тест №9:

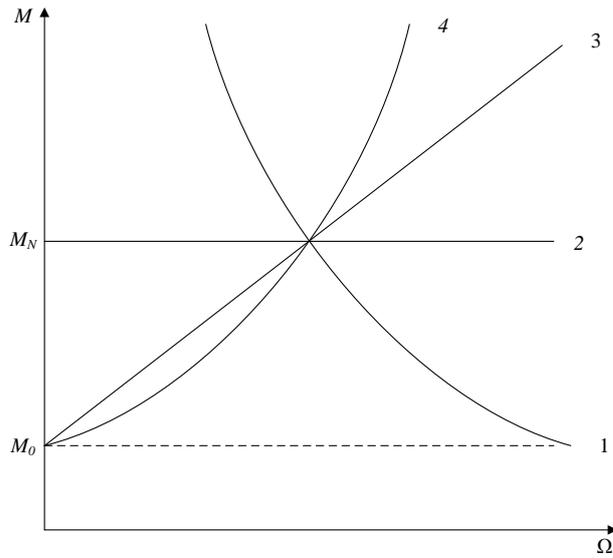
На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «сухое трение»:



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

Тест №10:

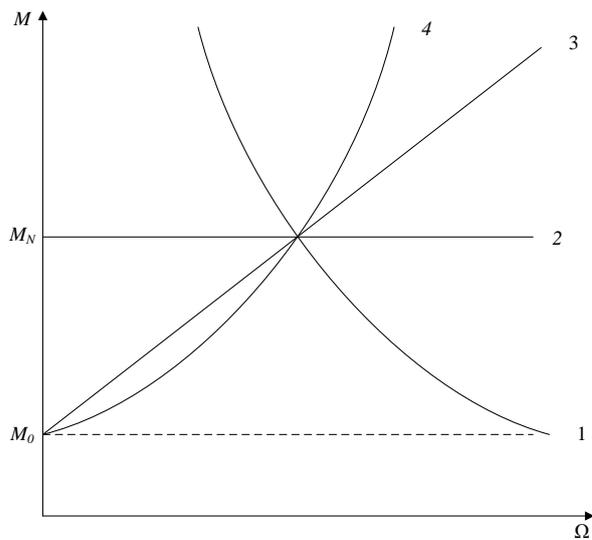
На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «вязкое трение»:



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

Тест №11:

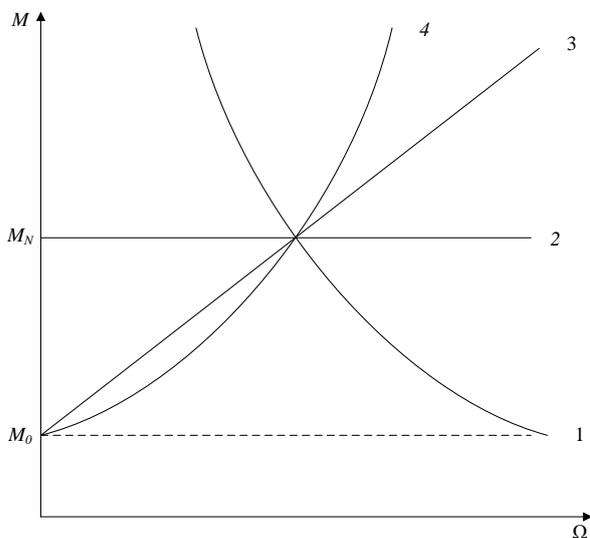
На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «вентиляторная нагрузка»:



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

Тест №12:

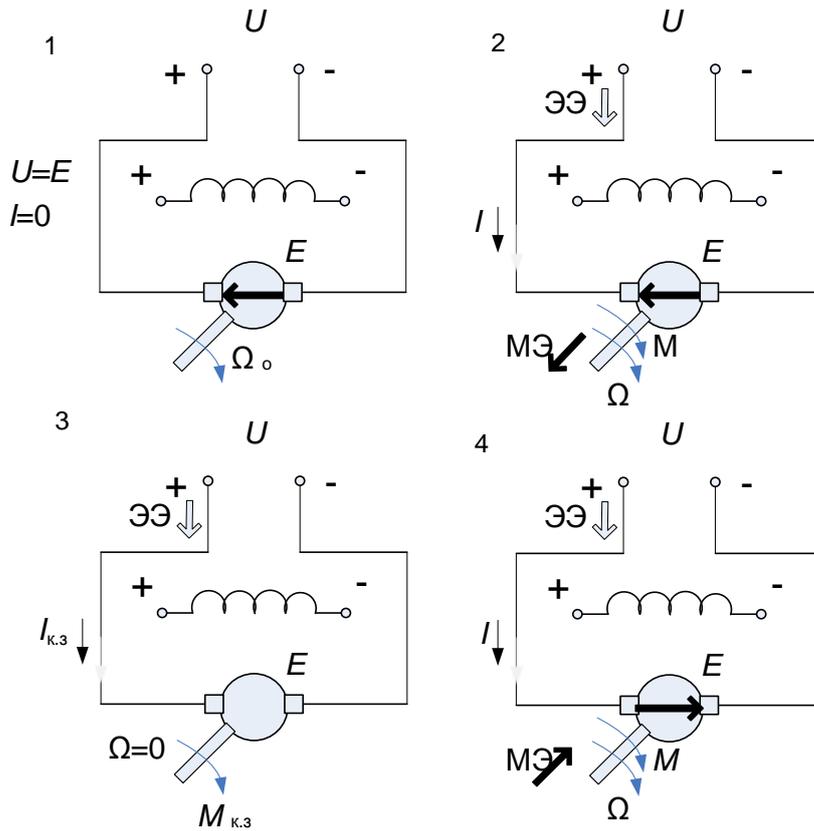
На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Выберите номер графика (1), (2), (3) или (4), который соответствует характеристике типа «постоянства мощности»:



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

Тест №13:

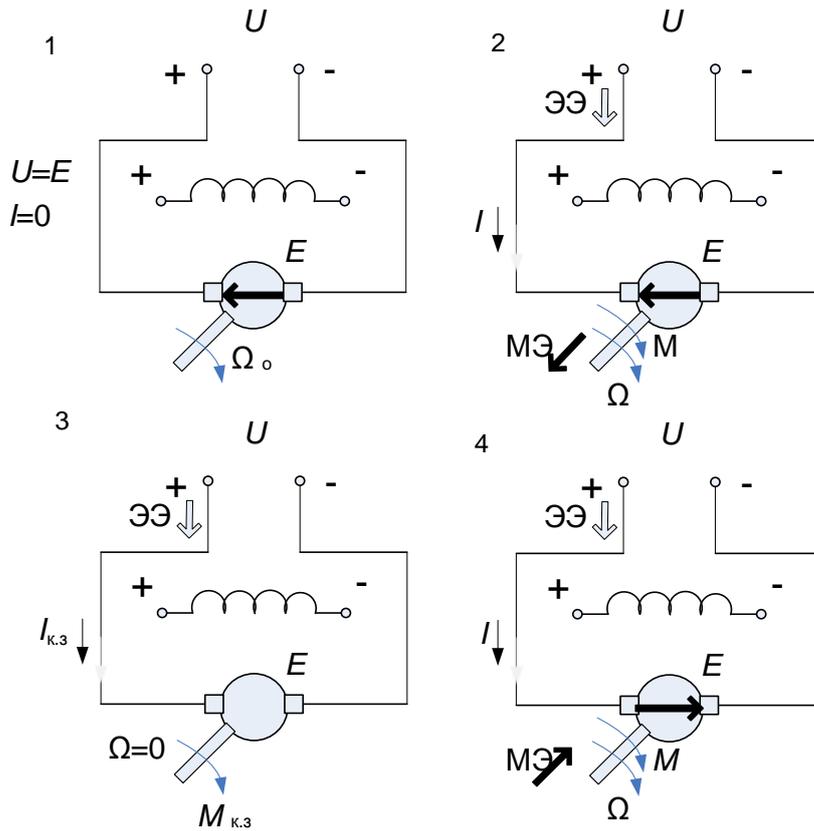
Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в режиме холостого хода:



Номер ответа	Номер рисунка
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №14:

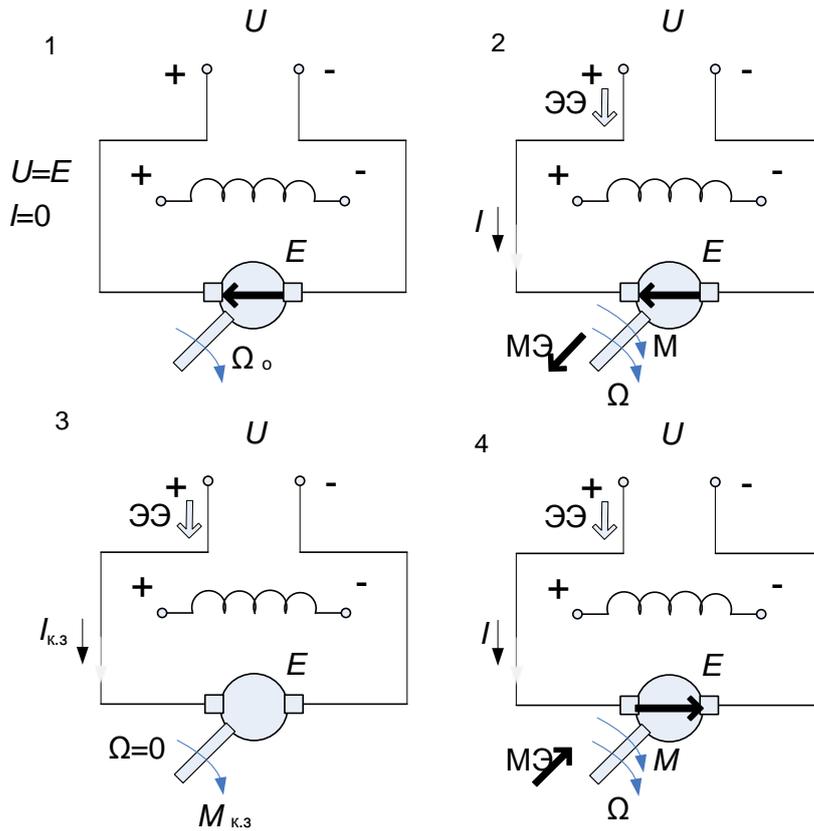
Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в режиме короткого замыкания:



Номер ответа	Номер рисунка
1	2
2	3
3	1
4	4

Тест №15:

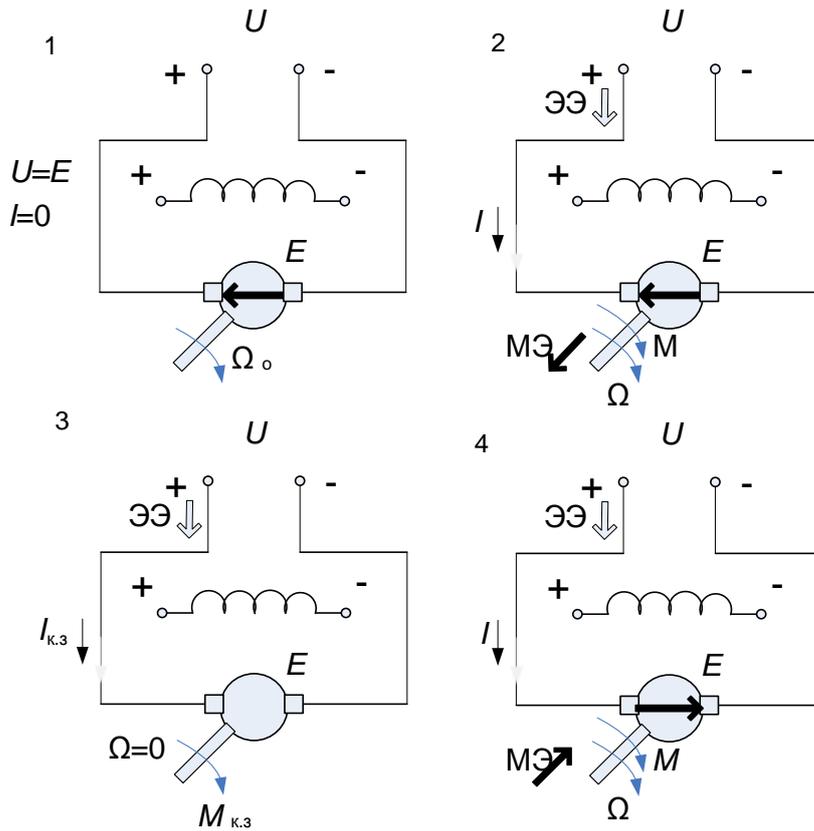
Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в двигательном режиме:



Номер ответа	Номер рисунка
1	4
2	3
3	2
4	1

Тест №16:

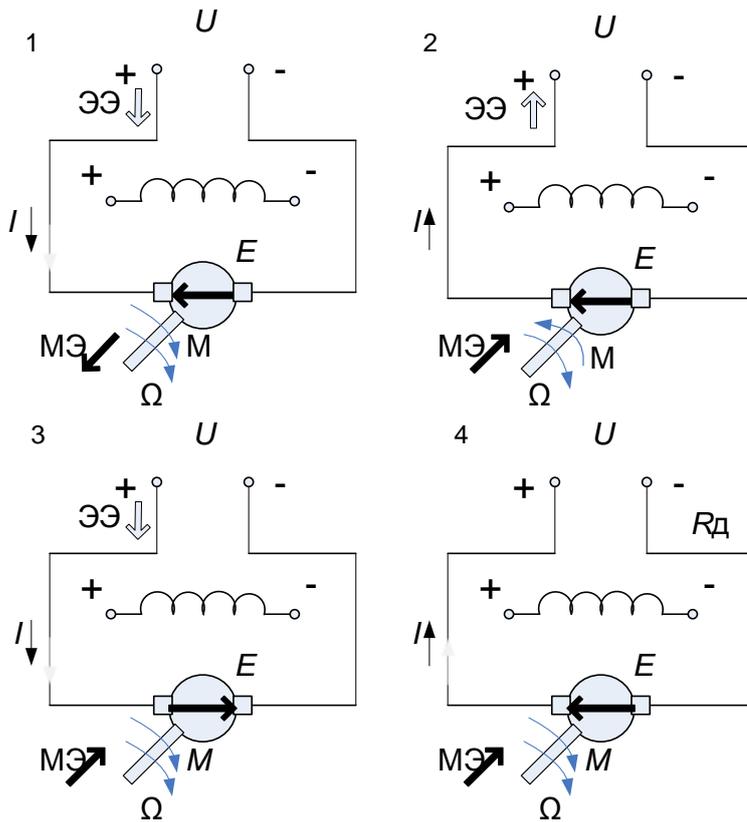
Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в режиме противовключения:



Номер ответа	Номер рисунка
1	4
2	3
3	2
4	1

Тест №17:

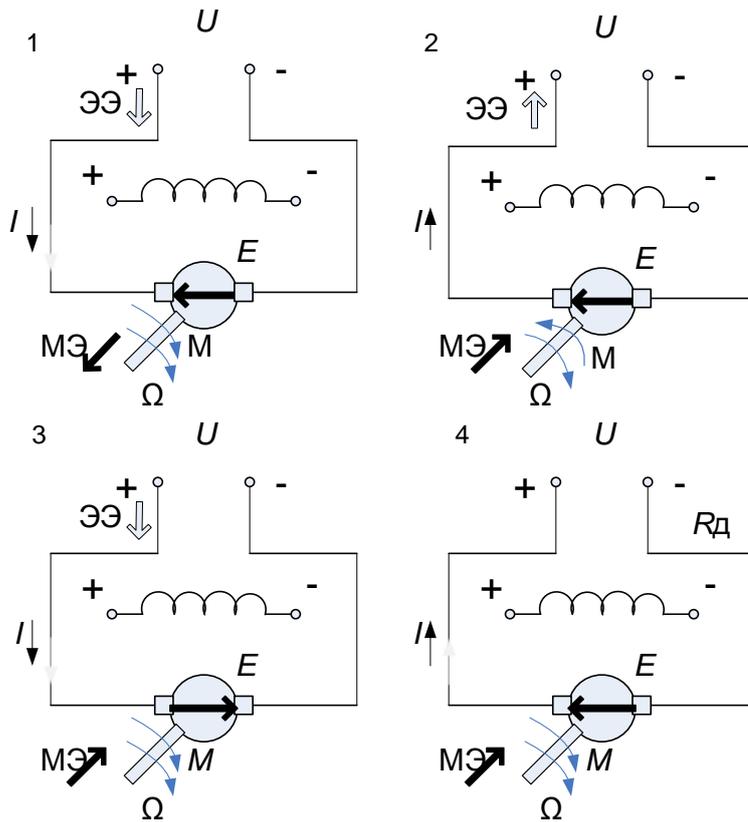
Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в режиме рекуперативного торможения:



Номер ответа	Номер рисунка
1	4
2	3
3	2
4	1

Тест №18:

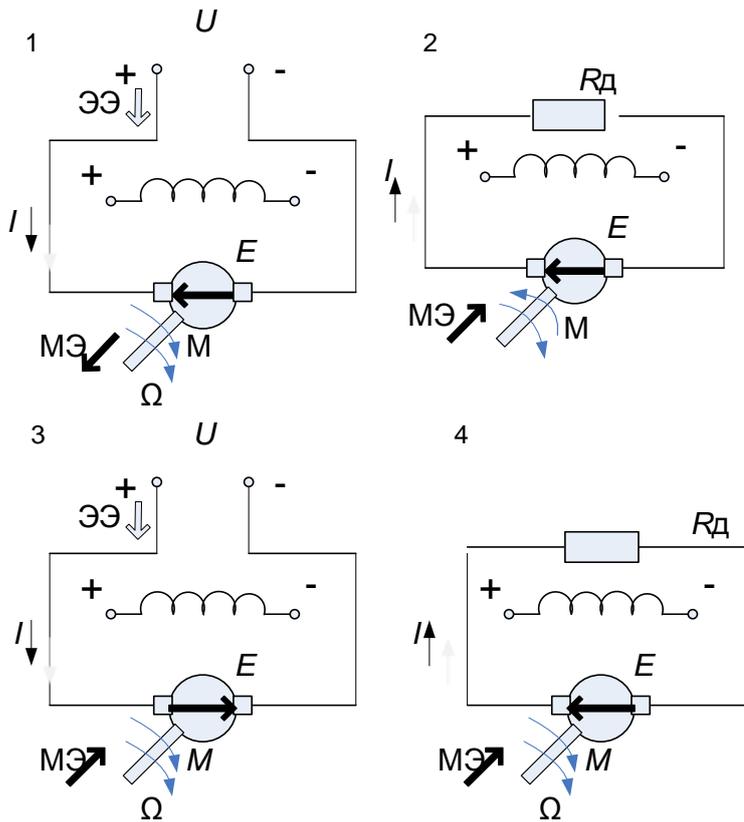
Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в режиме автономного генератора:



Номер ответа	Номер рисунка
1	4
2	3
3	2
4	1

Тест №19:

Укажите какая из нижеприведенных схем 1, 2, 3 или 4 соответствует схеме работы ДПТ НВ в режиме динамического торможения:



Номер ответа	Номер рисунка
1	4
2	3
3	2
4	1

Тест 20: Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет регулировочную характеристику двигателя постоянного тока при управлении напряжением якоря.

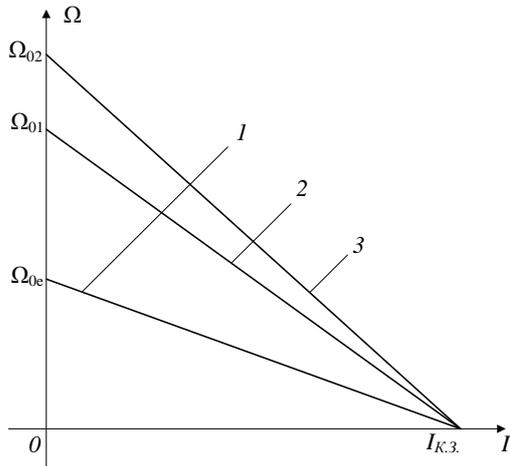


Рис.1

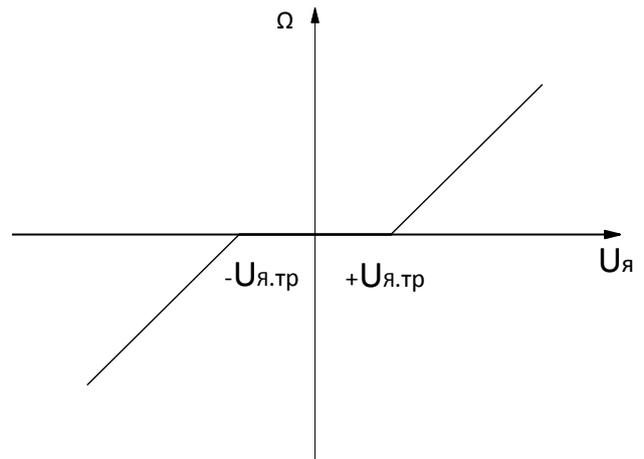


Рис.2

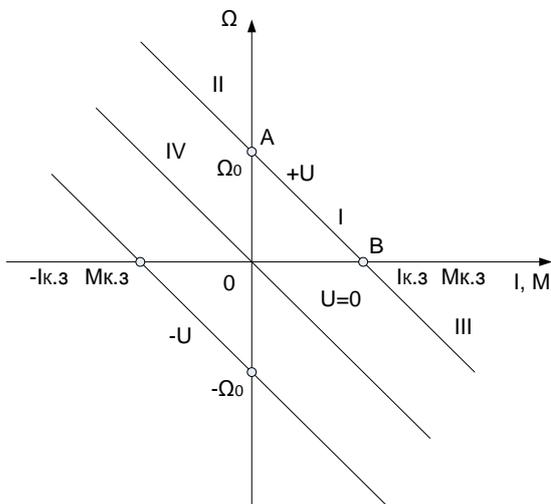


Рис.3

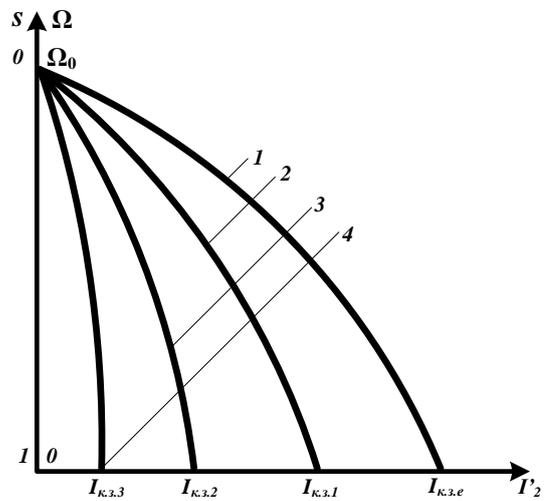


Рис.4

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

Тест 21: Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет механическую характеристику двигателя постоянного тока в четырех квадрантах.

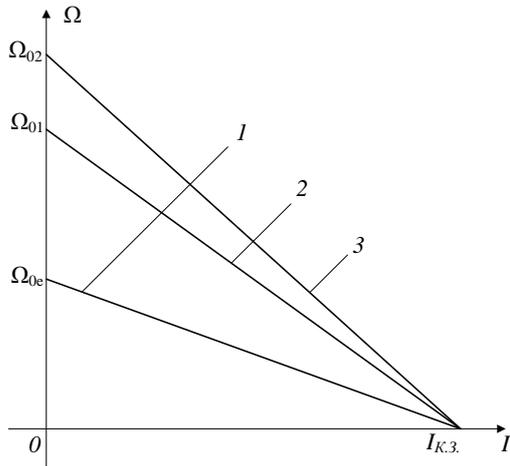


Рис.1

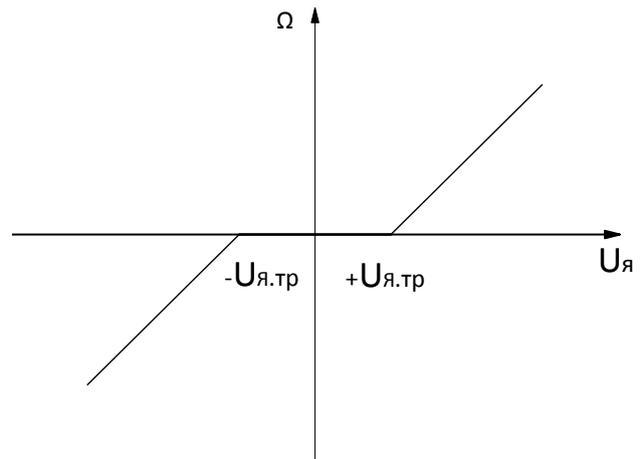


Рис.2

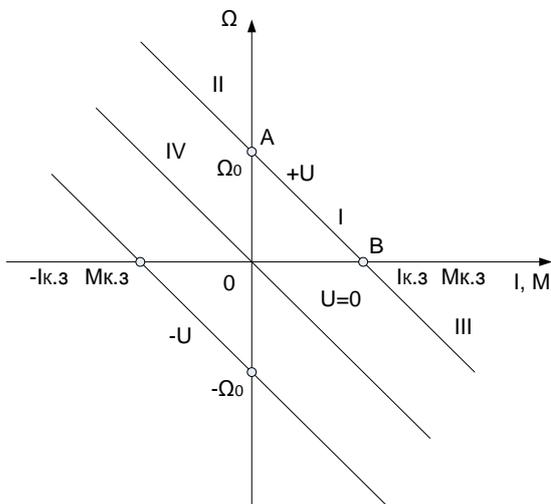


Рис.3

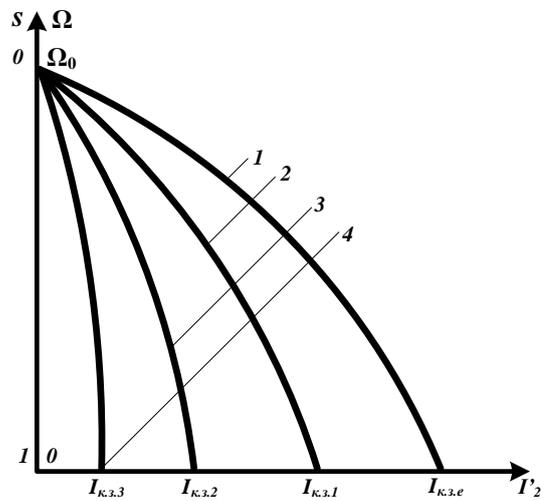


Рис.4

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

Тест 22: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в 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
3	3
4	4

Тест 23: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с широтно – импульсным преобразователем напряжения в цепи обмотки якоря при несимметричном способе управления.

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

$$U_{\text{я}} = U_d D; \quad (2)$$

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

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

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 24: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с широтно – импульсным преобразователем напряжения в цепи обмотки якоря при симметричном способе управления.

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

$$U_{я} = U_d D; \quad (2)$$

$$U_{я} = U_d (1 - 2D); \quad (3)$$

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

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

U_d – напряжение источника постоянного тока;

$U_{2ф}$ – 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.

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

Тест 25: Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока при регулировании сопротивления цепи обмотки якоря

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

$$U_{я} = U_d D; \quad (2)$$

$$U_{я} = U_d (1 - 2D); \quad (3)$$

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

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

U_d – напряжение источника постоянного тока;

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

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

$R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря;

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

$I_{я}$ – ток обмотки якоря;

α – угол регулирования;

$k_{сх}$ – коэффициент преобразования схемы.

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

Тест 26:

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.

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

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

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

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

где:

$K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ – 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;

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

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

Тест 27:

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.

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

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

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

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

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;

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

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

Текст 28: 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.

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

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

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

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

где:

$K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - 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 29: 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.

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

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

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

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

где: Н

$K_M = R_{\text{я}} / (C_e \Phi)^2$ - 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 30:

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

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

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

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

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

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
4	4

Тест31: 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

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

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

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

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

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
4	4

Тест 32: 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.

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

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

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

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

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.

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

Тест 33: 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

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

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

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

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

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 34:

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

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

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

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

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

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

Тест 35:

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

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

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

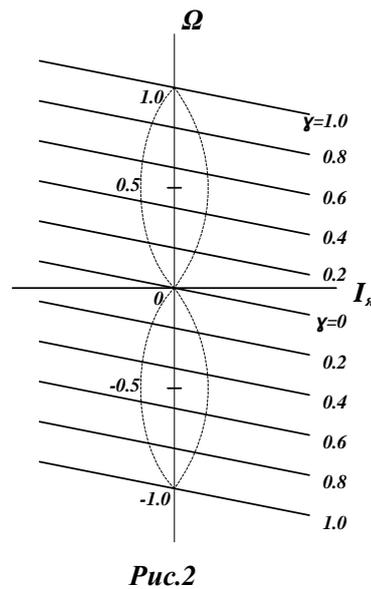
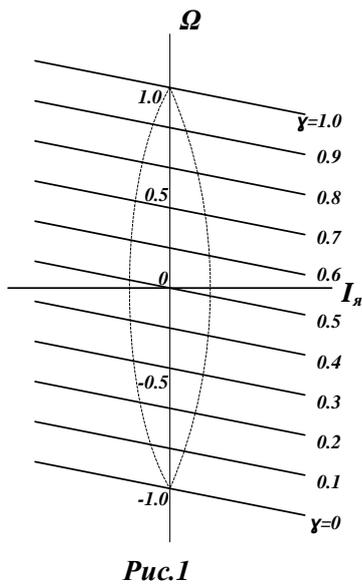
$$W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\alpha(p)} = \frac{T_M p}{T_M p + 1}. \quad (3)$$

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

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

Тест №36:

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.



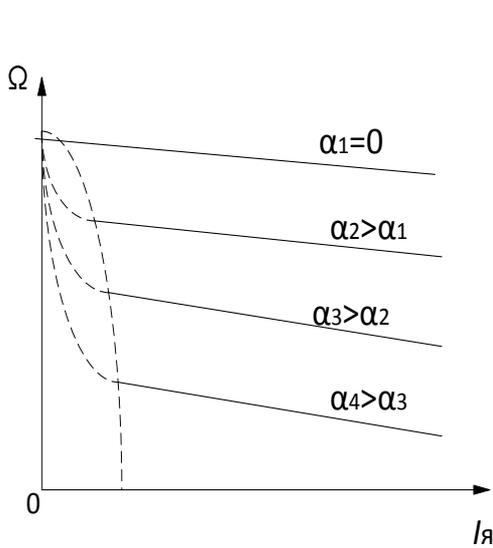


Рис.3

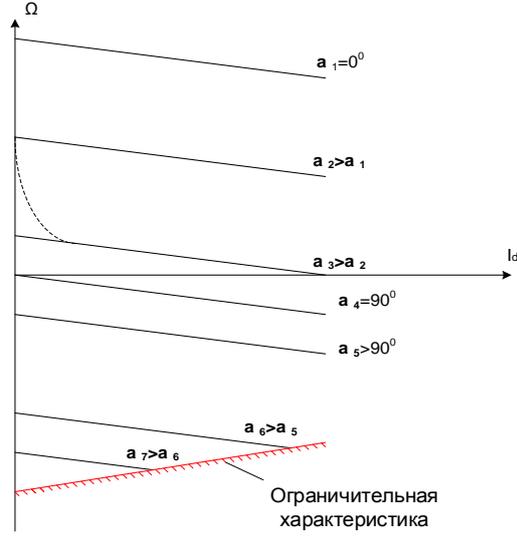


Рис.4

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

Тест №37:

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.

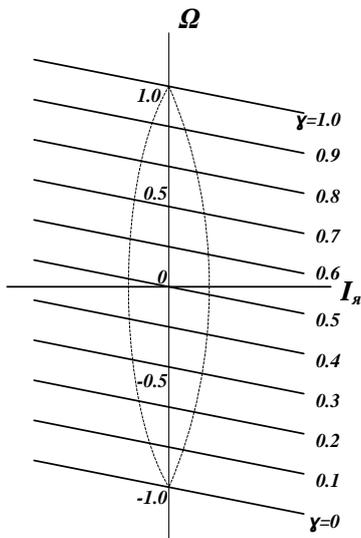


Рис.1

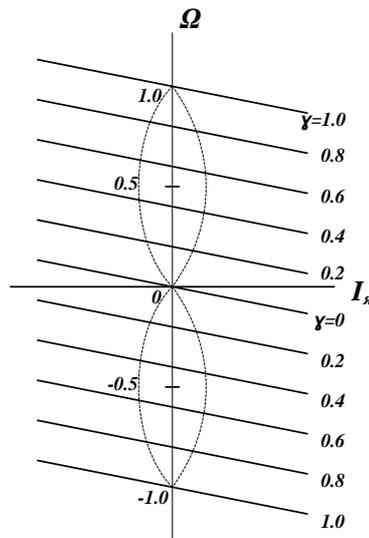


Рис.2

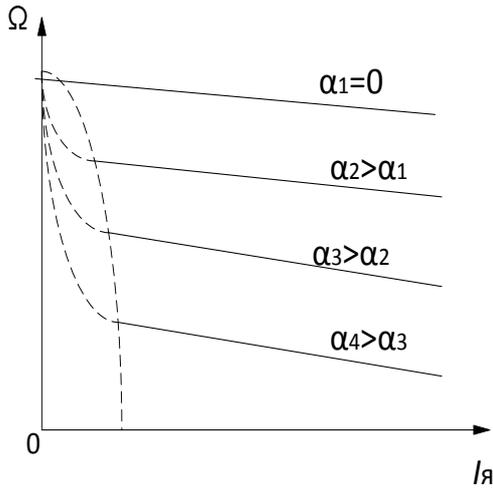


Рис.3

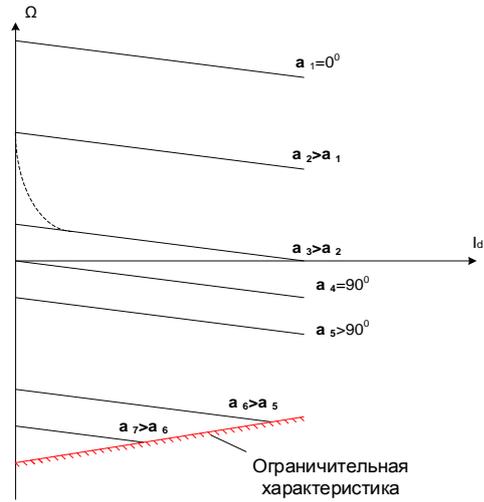


Рис.4

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

Тест №38:

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.

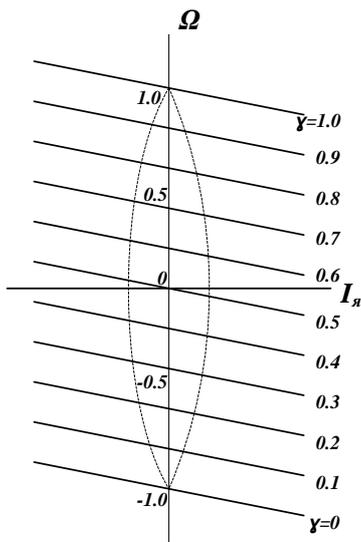


Рис.1

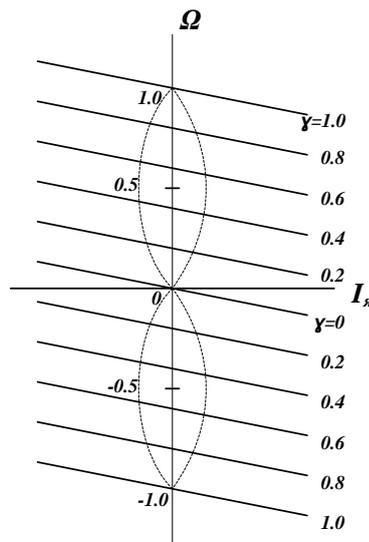


Рис.2

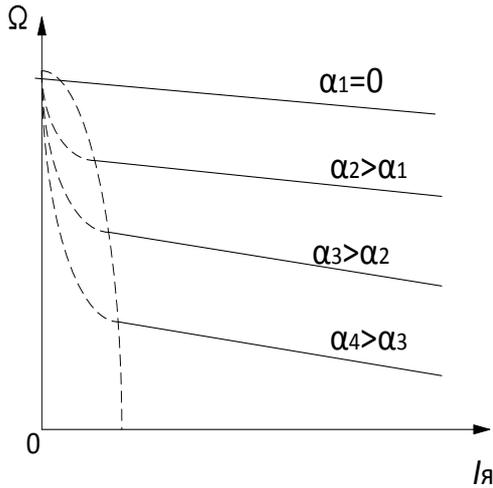


Рис.3

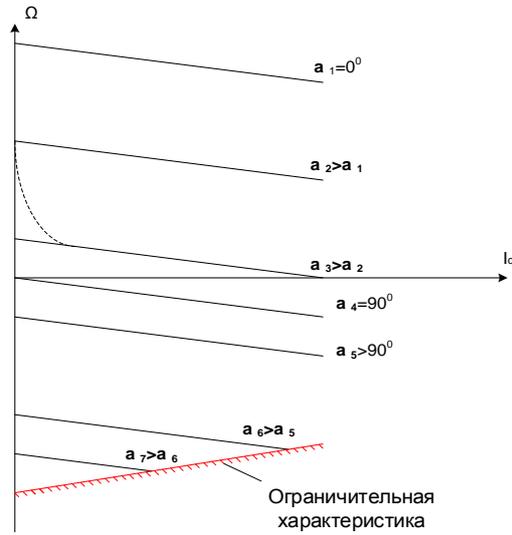


Рис.4

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

Тест №39:

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.

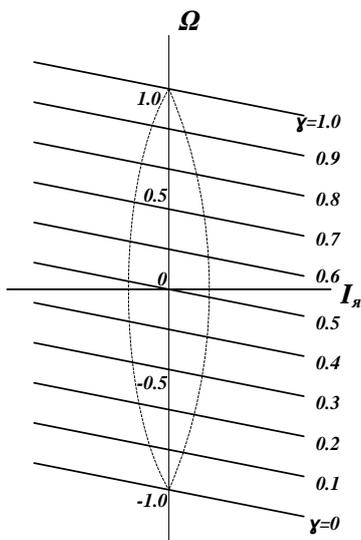


Рис.1

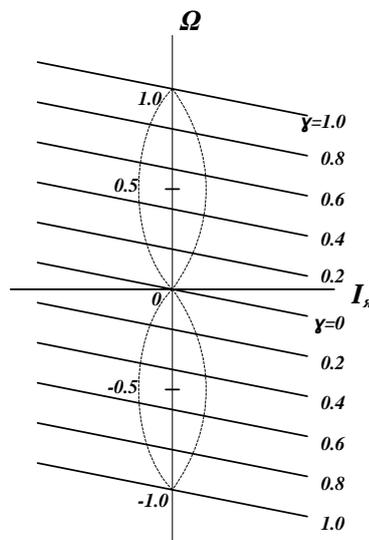


Рис.2

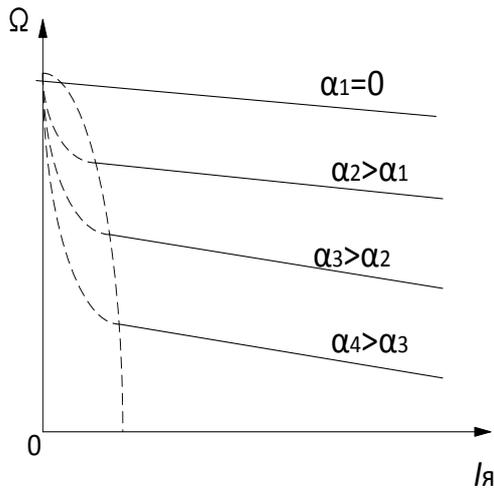


Рис.3

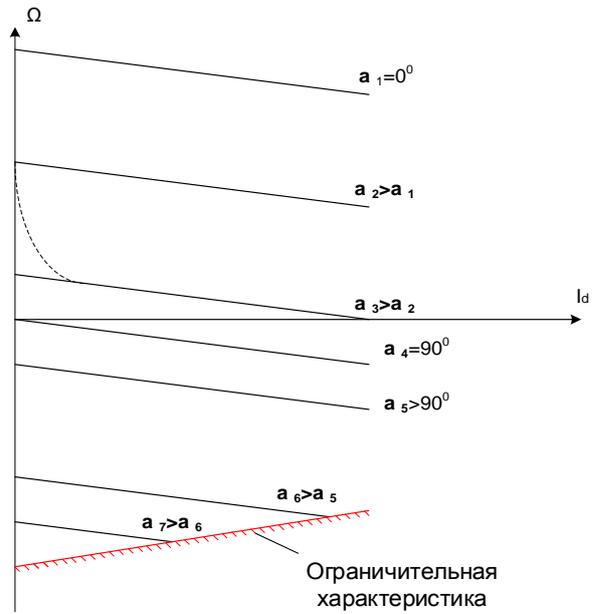


Рис.4

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

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/ п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	<p>Задача №1:</p> <p>Для заданного варианта задачи, приведенного в таблице 1, определите время переходного процесса $t_{п.п.}$, за которое скорость ЭП изменится от $\Omega_{нач}$ до $\Omega_{кон}$ при заданных значениях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - момента, развиваемого электродвигателем M_d; - момента сопротивления нагрузки M_c; - момента инерции нагрузки $J_э$. <p>После решения задачи укажите номер правильного ответа, приведенный в таблице 2, для заданного варианта задачи.</p> <p>Таблица 1: Варианты задача №1.</p> <p>Исходные данные</p>

№ вар	$\Omega_{\text{нач}}$	$\Omega_{\text{кон}}$	$M_{\text{д}}$	$M_{\text{с}}$	$J_{\text{с}}$
	рад/с	рад/с	Нм	Нм	кгм ²
1	50	100	150	100	2,0
2	0	50	150	100	2,0
3	0	100	150	100	1
4	0	80	100	20	1
5	20	120	200	100	2
6	20	120	200	0	10
7	50	150	150	50	4
8	20	220	100	50	1
9	0	200	150	50	3
10	30	180	250	200	1
11	10	210	170	70	2,5
12	15	115	250	100	1,5
13	25	175	120	20	4,0
14	35	85	50	10	2,4
15	40	100	110	50	8,0
16	50	70	20	10	1,5
17	60	80	30	10	5
18	70	90	40	20	2,5
19	80	100	50	40	2
20	90	110	60	40	1
21	100	130	75	60	2
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

$$\Delta t = \frac{J_{\text{Э}}(\Omega_{\text{кон}} - \Omega_{\text{нач}})}{M_{\text{д}} - M_{\text{с}}}$$

Таблица 2. Варианты ответов к задаче №1

№ варианта задачи	Время переходного процесса, $t_{\text{п.п.}}$, с			
	№ варианта ответа			
	Вар. №1	Вар. №2	Вар. №3	Вар. №4
1	2	3	4	1
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	1	2	3	4
5	1	2	3	4
6	2	3	4	5
7	2	3	4	5
8	1	3	4	5
9	1	2	4	6
10	1	2	3	4
11	3	5	7	9
12	1	3	5	7
13	4	6	7	8
14	1	2	3	4
15	2	4	6	8
16	1	2	3	4
17	4	5	6	7
18	1	1,5	2,5	3
19	2	4	5	6
20	1	2	3	4
21	1	3	4	5
22	1	2	3	4
23	1	3	4	5
24	1	2	4	6
25	4	6	7	8
26	0.5	1	1,5	2
27	1	2	3	4
28	3	4	5	6
29	1	2	3	4
30	1	2	3	4
31	2	3	4	5
32	1	2	4	6
33	2	3	4	5
34	1	2	3	5
35	2	4	6	8
36	1	2	3	5
37	3	5	7	8

38	1	3	4	5
39	2	3	5	6
40	1	2	3	4

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 $J_э$;

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

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

$$\Delta t = \frac{J_э \Omega_{нач} (1 - N)}{(M_d - M_c) N}$$

Таблица 1: Варианты задачи №2.

Исходные данные

№ вар	N= = $\Omega_{нач} / \Omega_{кон}$	$\Omega_{нач}$	M_d	M_c	$J_э$
		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

Таблица 2. Варианты ответов к задаче №2

№ варианта задачи	Время переходного процесса, $t_{п.п.}$, с			
	№ варианта ответа			
	Вар. №1	Вар. №2	Вар. №3	Вар. №4
1	6	4	2	1
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	2	4	5	6
5	2	4	6	8
6	8	10	14	16
7	20	24	26	30
8	1,5	3	4,5	3,5
9	1	2	3	4
10	2	4	6	8
11	8	9	10	12
12	1	2	3	4
13	1	2	3	4
14	4	5	6	7
15	8	10	12	14
16	4	6	8	10
17	3	4	5	6
18	2	3	4	5
19	2	3	4	6

20	3	4	5	6
21	2	12	14	16
22	10	16	26	36
23	4	6	8	10
24	8	10	18	20
25	3	4	5	6
26	16	20	26	36
27	6	7	7,5	8
28	3	4	6	8
29	15	20	22	25
30	12,5	15	16	20
31	8	10	12	14
32	7	9	10	11
33	12	14	16	18
34	12	14	15	16
35	5	6	7	8
36	3	30	35	40
37	6	8	10	12
38	3	4	5	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

Основные расчетные соотношения для решения задачи:

$$M_N = P_N / \Omega_N; \quad I_{я.п} = U_{яN} / R_{я}; \quad k_M = M_N / I_{яN} = k_e; \quad M_{п} = k_M I_{я.п};$$

$$R_{я.п} = U_{яN} / (2 I_{яN}) - R_{я}; \quad T_M = J R_{я} / k_M^2; \quad T_{э} = L_{я} / R_{я}; \quad t_{п.п} = 3 T_M.$$

Варианты ответов к задаче №3

Таблица 2. Варианты ответов к задаче №3

№ вар Задачи	№ вар ответа	Параметры							
		M_N	$I_{я.п}$	$M_{п}$	k_M	$R_{я.п}$	T_M	$T_{э}$	$t_{п.п}$
		Нм	А	Нм	Нм/А	Ом	с	с	с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	20	10	0,5	22	0,022	0,01	0,066
	2	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	3	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	4	1,5	12	6	0,5	20	0,021	0,03	0,046
2	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	40	10	0,25	6	0,048	0,02	0,144
	3	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
3	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	1	22	8,8	0,4	17	0,093	0,01	0,281
	4	2	20	12	0,6	14	0,050	0,02	0,150
4	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	4	2,5	50	41,666	0,833	13,33	0,029	0,02	0,087
5	1	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	4	2	30	30	1,0	45	0,05	0,02	0,15
6	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	3	0,5	22	7,333	0,333	31,66	0,270	0,012	0,81
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
7	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	0,5	20	3,32	0,166	7,0	0,762	0,01	2,286

	3	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	4	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
8	1	1	20	6,66	0,333	9,333	0,288	0,01	0,865
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	22	7,326	0,333	13,33	0,406	0,01	1,21
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
10	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	1	22	14,652	0,666	63,33	0,022	0,01	0,066
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
11	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	40	8	0,2	4,5	0,075	0,01	0,225
12	1	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	40	10	0,25	8	0,096	0,01	0,288
13	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	3	1	20	5	0,25	7,5	0,32	0,01	0,96
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
14	1	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	2	1	22	5,5	0,25	8,75	0,4	0,016	1,2
	3	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
	4	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
15	1	1	20	6.66	0.333	3	0,378	0,01	1,134
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
	4	1	24	12	0,5	24	0,033	0,02	0,066
16	1	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	2	2	32	25,6	0,8	27	0,054	0,01	0,162
	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
17	1	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	2	2	30	24	0,8	30	0,075	0,01	0,225

	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	0,5	20	14	0,7	30	0,220	0,012	0,81
18	1	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	2	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	3	2	20	16	0,8	30	0,140	0,01	0,42
	4	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	3	2	20	16	0,8	33	0,172	0,01	0,515
	4	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
20	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	2	10	5	0,5	12	0,030	0,01	0,120
	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	2	60	13,33	0,222	2,33	0,406	0,01	1,217
21	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	40	20	0,5	3,0	0,24	0,01	0,72
22	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	3	5	50	50	1,0	23	0,1	0,01	0,2
	4	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
23	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	55	44	0,8	9	0,156	0,01	0,468
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
24	1	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	2	4	40	32	0,8	9	0,281	0,02	0,843
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
25	1	3	50	37,5	0,75	15,75	0,373	0,02	1,119
	2	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
26	1	4	40	40	1,0	16	0,32	0,02	0,96
	2	5	50	40	0,8	20	0,08	0,01	0,24
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
27	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	4	30	30	1	16,5	0,54	0,01	1,62

	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
28	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	40	40	1	20	0,05	0,02	0,15
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4	55	55	1	22,5	0,1	0,02	0,3
	4	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
30	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	40	40	1	20	0,15	0,01	0,45
31	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	6	60	72	1.2	15	0,083	0,02	0,25
32	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	40	20	0,5	6	0,8	0,2	0,24
	4	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
33	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	3,5	70	35	0,5	8	0,48	0,2	1,44
34	1	4,0	100	50	0,5	5,775	0,308	0,2	0,924
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
35	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4,0	90	36	0,4	3,5	0,5	0,1	1,5
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
36	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4,0	140	40	0,285	2,0	0,554	0,1	1,662
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
37	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36

	3	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
	4	2,0	200	20	0,1	1,0	0,25	0,1	0,75
38	1	4	50	40	0,8	12	0,120	0,02	0,36
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	55	44	0,8	18	0,125	0,03	0,375
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
39	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4	50	40	0,8	16	0,2	0,05	0,6
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
40	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	4	60	40	0,666	12	0,27	0,1	0,81
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
41	1	1	40	20	0,5	4	0,040	0,01	0,12
	2	2	60	20	0,333	10	1,125	0,1	3,375
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	2	30	24	0,8	25	0,024	0,02	0,150
42	1	4	70	35	0,5	6,75	0,48	0,1	1,44
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
43	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	110	44	0,4	4,5	0,4375	0,1	1,312
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
44	1	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	2	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	3	3	75	25	0,333	6,33	0,36	0,1	1,08
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48
45	1	4	90	40	0,666	13	0,18	0,1	0,54
	2	3	80	40	0,5	10	0,12	0,05	0,36
	3	4	20	10	0,5	5,0	0,22	0,02	0,66
	4	4	80	40	0,5	15	0,16	0,15	0,48

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков 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.

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], [3], [4], [5], [6]

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.

Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Электрический привод», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, в «Методических указаниях для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрический привод». Мартынов А.А Электронный ресурс каф. №32 и в методических указаниях для проведения лабораторных работ [6], [7], [8], [9].

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 методических указаниях для проведения лабораторных работ [6], [7], [8], [9].

Структура и форма отчета о лабораторной работе

приведены в методических указаниях для проведения лабораторных работ [6], [7], [8], [9].

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

приведены в методических указаниях для проведения лабораторных работ [6], [7], [8], [9].

Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/ работы (не предусмотрено учебным планом).

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).

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».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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