



**Федеральное агентство морского и речного транспорта
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Московская государственная академия водного транспорта - филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О.
Макарова»
(МГАВТ - филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)**

**Факультет Судомеханический
Кафедра Электрооборудования**



УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала
И.Н. Мищенко
«31» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины СЗ.В.ДВ.3.1 «Основы частотного регулирования»

Специальность	<u>26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»</u>
Уровень высшего образования	<u>специалитет</u>
Форма обучения	<u>очная / заочная</u>

Москва
2017

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине "Основы частотного регулирования", соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими результатами (в соответствии с ФГОС ВПО, Приказ Минобрнауки РФ от 23.12.2010, №2026):

Код компетенции	Результаты освоения ОПОП (содержание компетенций)	Планируемые результаты освоения дисциплины
ПК-7	способностью и готовностью осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с требованиями международных и национальных нормативно-технических документов	Знать: сопутствующее оборудование для преобразователей частоты.
		Уметь: определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты
		Владеть: информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке
ПК-9	способностью и готовностью осуществлять выбор электрооборудования и элементов систем автоматики для замены в процессе эксплуатации судового оборудования	Знать: основные направления развития основные направления развития регулируемого электропривода переменного тока
		Уметь: анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода
		Владеть: алгоритмом прямого управления моментом
ПК-11	способностью осуществлять техническое наблюдение за безопасной эксплуатацией судового электрооборудования и средств автоматики, проведения экспертиз, сертификации судового электрооборудования и средств автоматики и услуг	Знать: особенности работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания.
		Уметь: осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении.
		Владеть: основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом
ПК-26	способностью и готовностью эффективно использовать материалы, электрооборудование, соответствующие алгоритмы и программы для расчетов параметров технологических процессов	Знать: понятия векторного управления. преимущества и область применения прямого управления моментом
		Уметь: осуществлять выбор уравнения момента и системы координат.
		Владеть: основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого электропривода

Код компетенции	Результаты освоения ОПОП (содержание компетенций)	Планируемые результаты освоения дисциплины
ПК-35	способен передавать знания по дисциплинам профессиональных циклов в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования	Знать: историю развития частотно-регулируемого электропривода
		Уметь: обращаться с современными преобразователями частоты.
		Владеть: основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Основы частотного регулирования**» к вариативной части профессионального цикла, раздел «Дисциплины по выбору» (СЗ.В.ДВ.3.1).

Для освоения дисциплины обучающимся необходимо обладать знаниями по следующим дисциплинам:

1. Судовые электроприводы:

- аппараты управления и защиты в электроприводах.
- релейно-контакторные аппараты

2. Судовые электрические машины

- судовые асинхронные машины

3. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматизации:

- Организационная структура технической эксплуатации судового электрооборудования.
- Материалы, применяемые при эксплуатации и ремонте судового электрооборудования.
- Эксплуатация судовых электроэнергетических систем

Знания, полученные при изучении дисциплины, будут использованы обучающимися в процессе дипломного проектирования, а так же в практической деятельности инженера.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах и виды учебных занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 час.

Вид учебной работы	Форма обучения			
	Очная		Заочная	
	Всего часов	из них в семестре № 9	Всего часов	курс № 6
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	144	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52	20	20
В том числе:				
Лекции	26	26	10	10
Практические занятия	26	26	10	10
Самостоятельная работа, всего	92	92	120	120
В том числе:				
Другие виды самостоятельной работы	92	92	120	120
Промежуточная аттестация:			4	4
Зачет с оценкой	з/о	з/о	з/о	з/о

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Содержание лекционных разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Реализуемые компетенции и компетентности	Содержание раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость в часах по формам обучения	
				очная	заочная
1.	Введение	ПК-35	Введение. Назначение курса и его связь со смежными дисциплинами. Структура курса. Краткая история развития частотно-регулируемого электропривода.	2	1
2.	Основные сведения о конструкции и теории асинхронного электродвигателя .	ПК-11 ПК-35	Принцип действия и устройство асинхронной машины. Создание вращающегося магнитного поля в асинхронной машине. Основные принципы выполнения обмоток асинхронных машин. Работа асинхронной машины при заторможенном роторе. Работа асинхронной машины при вращающемся роторе. Схема замещения и векторная диаграмма асинхронной машины. Механическая характеристика асинхронного двигателя. Потери и КПД асинхронной машины.	4	1
3.	Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и	ПК-11 ПК-26	Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. Схема замещения асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении.	4	1

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Реализуемые компетенции и компетентности	Содержание раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость в часах по формам обучения	
				очная	заочная
	напряжении питания		Механические характеристики асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении. Управление по закону $U/f=const$. Управление с постоянным критическим моментом. IR -компенсация. IZ -компенсация.		
4.	Векторное управления частотно- регулируемым электроприводом	ПК-11 ПК-26	Понятия векторного управления. Выбор уравнения момента и системы координат. Структурная схема АД при управлении по вектору потокосцепления ротора. Информационная часть систем векторного управления. Особенности настройки регуляторов скорости при векторном управлении.	4	2
5.	Преобразователи частоты для асинхронного электропривода	ПК-9 ПК-11 ПК-35	Основные типы преобразователей частоты (ПЧ). Структура инвертора напряжения (АИН) с промежуточным звеном постоянного тока. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Синусоидально-управляемая ШИМ. Синхронная ШИМ. Асинхронная ШИМ. Тормозной режим в частотно-регулируемом электроприводе с АИН.	4	2
6.	Прямое управление моментом в асинхронном частотно- регулируемом электроприводе.	ПК-9 ПК-26	Преимущества и область применения прямого управления моментом. Алгоритм прямого управления моментом.	4	2
7.	Современные преобразователи частоты.	ПК-7 ПК-11 ПК-35	Преобразователи частоты, представленные на российском рынке. Сопутствующее оборудование для преобразователей частоты. Основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты.	4	1
ВСЕГО:				26	10

4.2 Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость в часах по формам обучения	
			очная	заочная
1.	1	Состав и структура дисциплины. Рекомендуемая литература. Основные этапы и перспективы развития судовых электрических машин.	2	1
2.	2	Устройство асинхронных электродвигателей (по макетам, плакатам и реальным образцам).	2	1
3.	2	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при номинальной частоте и напряжении питания на компьютерной модели	2	1
4.	3	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f на компьютерной модели.	2	1
5.	3	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f (на стенде с преобразователем частоты)	2	1
6.	4	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при векторном регулировании на компьютерной модели.	4	1
7.	4	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при векторном регулировании (на стенде с преобразователем частоты)	2	1
8.	5	Устройство преобразователя частоты. (по макетам, плакатам и реальным образцам).	2	1
9.	6	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при прямом управлении моментом на компьютерной модели	4	1
10.	7	Программирование преобразователя частоты	4	1
ВСЕГО:			26	10

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

5.1. Самостоятельная работа

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Наименование работы и содержание в часах очное/заочное
1.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Состав и структура дисциплины. Рекомендуемая литература. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротех. комплексами 9/12
2.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Устройство асинхронных электродвигателей (по макетам, плакатам и реальным образцам). 9/12
3.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при номинальной частоте и напряжении питания на компьютерной модели 9/12
4.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f на компьютерной модели. 10/12
5.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f (на стенде с преобразователем частоты) 9/12
6.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Наименование работы и содержание в часах очное/заочное
	время	векторном регулировании на компьютерной модели. 10/12
7.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при векторном регулировании (на стенде с преобразователем частоты) 9/12
8.	Самостоятельная подготовка к практическим занятиям во внеучебное время	Устройство преобразователя частоты. (по макетам, плакатам и реальным образцам). 9/12

5.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Выходные данные	Автор (ы)
1.	Состав и структура дисциплины. Рекомендуемая литература. Основные этапы и перспективы развития судовых электрических машин.	«Основы частотного регулирования» Конспект лекций	Попов Е.В. Кальнев О.Ф, Мышев И.А.
2.	Устройство асинхронных электродвигателей (по макетам, плакатам и реальным образцам).		
3.	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при номинальной частоте и напряжении питания на компьютерной модели		
4.	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f на компьютерной модели.		
5.	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f (на стенде с преобразователем частоты)		
6.	Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при векторном регулировании на компьютерной модели.		
7.	Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при векторном регулировании (на стенде с преобразователем частоты)		
8.	Устройство преобразователя частоты. (по макетам, плакатам и реальным образцам).		

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в обязательном приложении к рабочей программе.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Название	Автор	Вид издания (учебник, учебное пособие)	Место издания, издательство, год издания, кол-во страниц
Основная литература			
Основы частотного регулирования	Попов Е.В. Кальнев О.Ф, Мышев И.А.	Конспект лекций	ЭБС МГАВТ, 2017
Дополнительная литература			
Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления элетротех. комплексами	А.Е.Поляков, А.В.Чесноков, Е.М.Филимонова	Учебное пособие	- М.: Форум, ИНФРА-М, 2015. - 224 с.: 60х90 1/16. - ISBN 978-5-00091-071-9

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», рекомендуемых для освоения дисциплины

№ п/п	Наименование информационного ресурса	Ссылка на информационный ресурс
1.	Электронная библиотека МГАВТ	znanium.com
1.	Университетская информационная система России	www.Cir.ru
2.	Научная электронная библиотека	www.elibrary.ru
2.	Техническая библиотека	techliter.ru/load/uchebniki_posobyia_lekcii/61
3.	Бесплатная техническая библиотека	www.diagram.com.ua/library/index.shtml
4.	Библиотека технической литературы	umup.narod.ru/
5.	Научная электронная библиотека ГПНТБ России	ellib.gpntb.ru/
6.	Морская электронная библиотека	sea.ibooks.ru/
7.	Библиотека морской литературы	www.sealib.com.ua/
8.	Бесплатные программы для судовых электромехаников (тесты, справочники)	jobmarine.ru/kms_downloads+index+action-pod+cat-1+ids-3.html
9.	Клуб судовых механиков	mec.novomor.com/automatic.htm
10.	Студенческий блог для электромеханика. Обучение и практика, новости науки и техники. В помощь студентам и специалистам	www.electroengineer.ru/
11.	Морской форум «Мореход»	www.morehod.ru/forum/eletromehanika/

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование информационной технологии /программного продукта	Назначение (базы и банки данных, тестирующие программы, практикум, деловые игры и т.д.)	Тип продукта (полная лицензионная версия, учебная версия, демоверсия и т.п.)
1.	«Учебная техника»	Специализированное ПО для учебных стендов	Полная лицензионная версия
2.	Операционная система Microsoft Windows 7	Операционная система	Полная лицензионная версия
3.	MS Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint)	Офисный пакет приложений	Полная лицензионная версия

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование	Перечень основного оборудования
1.	Учебный класс автоматизированного электропривода и диагностирования АЭП	Стенд универсальный ЭО 1-СК (2 шт) Стенд универсальный ЭП 1-СК (1шт)
2.	Лаборатория технологии ремонта и обслуживания электрооборудования имени В.А.Щетинина	Стенд исследования пуска в ход и торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (2 шт) Стенд исследования электромеханических и механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором (5 шт) Стенд исследования рабочих характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (3 шт)

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для изучения дисциплины предусмотрены следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов, индивидуальные и групповые консультации,

Для активизации работы студентов на кафедре имеется компьютерный лабораторно-практический практикум.

В этом практикуме студент в интерактивном режиме может изменять параметры системы и изучать их действие на систему.

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах (очное/заочное)

Методы и формы	Лекции (час)	Практические работы (час)	СРС (час)	Всего (час)
<i>Исследовательский метод</i>	-	10/10	-	10/10
<i>Итого интерактивных занятий</i>	-	10/10	-	10/10

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий с формой контроля

Перечень компетенций	Виды занятий			Форма контроля
	Практ. Раб.	Лаб. раб.	СРС	
ПК-7	+		+	Выполнение практических работ. Зачет с оценкой
ПК-9	+		+	Выполнение практических работ. Зачет с оценкой
ПК-11	+		+	Выполнение практических работ. Зачет с оценкой
ПК-26	+		+	Выполнение практических работ. Зачет с оценкой
ПК-35	+		+	Выполнение практических работ. Зачет с оценкой

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения по специальности 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики.

Составитель:

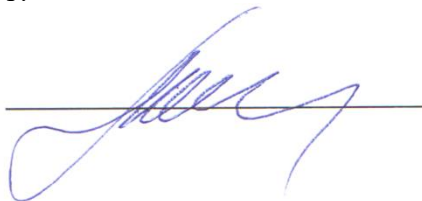


Е.В. Попов

И.А. Мышев

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры
Электрооборудования и утверждена протоколом №11
от «31» августа 2017 г.

Зав. кафедрой:



Л.Ф. Мокеров

Декан СМФ



Якунчиков В.В.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

**Московская государственная академия водного транспорта - филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»**

(МГАВТ - филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)

**Факультет Судомеханический
Кафедра Электрооборудования**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

дисциплины «Основы частотного регулирования»

Специальность	<u>26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики»</u>
Уровень высшего образования	<u>специалитет</u>
Форма обучения	<u>очная / заочная</u>

Москва
2017

1. Перечень компетенций и этапы их формирования в процессе освоения дисциплины «Судовые электрические машины»

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими результатами (в соответствии с ФГОС ВПО, Приказ Минобрнауки РФ от 23.12.2010, №2026):

Код компетенции	Результаты освоения ОПОП (содержание компетенций)	Планируемые результаты освоения дисциплины
ПК-7	способностью и готовностью осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с требованиями международных и национальных нормативно-технических документов	Знать: сопутствующее оборудование для преобразователей частоты.
		Уметь: определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты
		Владеть: информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке
ПК-9	способностью и готовностью осуществлять выбор электрооборудования и элементов систем автоматики для замены в процессе эксплуатации судового оборудования	Знать: основные направления развития регулируемого электропривода переменного тока
		Уметь: анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода
		Владеть: алгоритмом прямого управления моментом
ПК-11	способностью осуществлять техническое наблюдение за безопасной эксплуатацией судового электрооборудования и средств автоматики, проведения экспертиз, сертификации судового электрооборудования и средств автоматики и услуг	Знать: особенности работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания.
		Уметь: осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении.
		Владеть: основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом
ПК-26	способностью и готовностью эффективно использовать материалы, электрооборудование, соответствующие алгоритмы и программы для расчетов параметров технологических процессов	Знать: понятия векторного управления. преимущества и область применения прямого управления моментом
		Уметь: осуществлять выбор уравнения момента и системы координат.
		Владеть: основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого

Код компетенции	Результаты освоения ОПОП (содержание компетенций)	Планируемые результаты освоения дисциплины
		электропривода
ПК-35	способен передавать знания по дисциплинам профессиональных циклов в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования	Знать: историю развития частотно-регулируемого электропривода
		Уметь: обращаться с современными преобразователями частоты.
		Владеть: основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя

2. Паспорт фонда оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
9.	Введение	ПК-35	Контрольные вопросы по результатам практических занятий
10.	Основные сведения о конструкции и теории асинхронного электродвигателя.	ПК-11 ПК-35	Контрольные вопросы по результатам практических занятий Тест
11.	Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания	ПК-11 ПК-26	Контрольные вопросы по результатам практических занятий Тест
12.	Векторное управление частотно-регулируемым электроприводом	ПК-11 ПК-26	Контрольные вопросы по результатам практических занятий
13.	Преобразователи частоты для асинхронного электропривода	ПК-9 ПК-11 ПК-35	Контрольные вопросы по результатам практических занятий
14.	Прямое управление моментом в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе.	ПК-9 ПК-26	Контрольные вопросы по результатам практических занятий
15.	Современные преобразователи частоты.	ПК-7 ПК-11 ПК-35	Контрольные вопросы по результатам практических занятий
16.	Зачет с оценкой	ПК-7 ПК-9 ПК-11 ПК-26 ПК-35	Комплект вопросов для проведения зачета

3. Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине					
Результат обучения по дисциплине	Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине				Процедура оценивания
	2	3	4	5	
	не зачтено	зачтено			
ПК-7 Знать: сопутствующее оборудование для преобразователей частоты. Уметь: определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты Владеть: информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке	Не знает сопутствующее оборудование для преобразователей частоты. Не умеет определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты Не владеет информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке	Фрагментарные знания сопутствующего оборудования для преобразователей частоты. В частично умеет определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты В целом удовлетворительное владение информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания сопутствующего оборудования для преобразователей частоты. Удовлетворительное умение определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке	Сформированные систематические знания сопутствующего оборудования для преобразователей частоты. Сформированное умение определять основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты Сформированное владение информацией о преобразователях частоты, представленных на российском рынке	Устные ответы на вопросы на практических Зачет с оценкой
ПК-9 Знать: основные направления развития регулируемого электропривода переменного тока Уметь: анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода Владеть: алгоритмом прямого управления моментом	Не знает основные направления развития регулируемого электропривода переменного тока Не умеет анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода Не владеет алгоритмом прямого управления моментом	Фрагментарные знания основных направлений развития регулируемого электропривода переменного тока В частично умеет анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода В целом удовлетворительное владение алгоритмом прямого управления моментом	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных направлений развития регулируемого электропривода переменного тока Удовлетворительное умение анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение алгоритмом прямого управления моментом	Сформированные систематические знания основных направлений развития регулируемого электропривода переменного тока Сформированное умение анализировать основные характеристики электрических машин при их работе в составе частотно-регулируемого электропривода Сформированное владение алгоритмом прямого управления моментом	Устные ответы на вопросы на практических Зачет с оценкой

Результат обучения по дисциплине	Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине				Процедура оценивания
	2	3	4	5	
	не зачтено	зачтено			
ПК-11 Знать: особенности работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. Уметь: осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении. Владеть: основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом	Не знает особенности работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. Не умеет осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении Не владеет основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом	Фрагментарные знания особенностей работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. В частично умеет осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении В целом удовлетворительное владение основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания особенностей работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. Удовлетворительное умение осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом	Сформированные систематические знания особенностей работы асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. Сформированное умение осуществлять настройку регуляторов скорости при векторном управлении Сформированное владение основными методами управления частотно-регулируемым электроприводом	Устные ответы на вопросы на практических Тест Зачет с оценкой
ПК-26 Знать: понятия векторного управления. преимущества и область применения прямого управления моментом Уметь: осуществлять выбор уравнения момента и системы координат. Владеть: основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого электропривода	Не знает понятия векторного управления, преимущества и область применения прямого управления моментом Не умеет осуществлять выбор уравнения момента и системы координат Не владеет основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого электропривода	Фрагментарные знания векторного управления, преимуществ и области применения прямого управления моментом В частично умеет осуществлять выбор уравнения момента и системы координат В целом удовлетворительное владение основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого электропривода	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания векторного управления, преимуществ и области применения прямого управления моментом Удовлетворительное умение осуществлять выбор уравнения момента и системы координат Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого электропривода	Сформированные систематические знания векторного управления, преимуществ и области применения прямого управления моментом Сформированное умение осуществлять выбор уравнения момента и системы координат Сформированное владение основными методами программирования преобразователей частоты, диагностики и устранения отказов частотно-регулируемого электропривода	

Результат обучения по дисциплине	Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине				Процедура оценивания
	2	3	4	5	
	не зачтено	зачтено			
<p>ПК-35</p> <p>Знать: историю развития частотно-регулируемого электропривода</p> <p>Уметь: обращаться с современными преобразователями частоты.</p> <p>Владеть: основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя</p>	<p>Не знает историю развития частотно-регулируемого электропривода</p> <p>Не умеет обращаться с современными преобразователями частоты.</p> <p>Не владеет основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя</p>	<p>Фрагментарные знания истории развития частотно-регулируемого электропривода</p> <p>В частично умеет обращаться с современными преобразователями частоты.</p> <p>В целом удовлетворительное владение основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания истории развития частотно-регулируемого электропривода</p> <p>Удовлетворительное умение обращаться с современными преобразователями частоты.</p> <p>Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя</p>	<p>Сформированные систематические знания истории развития частотно-регулируемого электропривода</p> <p>Сформированное умение обращаться с современными преобразователями частоты.</p> <p>Сформированное владение основными сведениями о конструкции и теории асинхронного электродвигателя</p>	<p><i>Устные ответы на вопросы на практических</i></p> <p>Тест</p> <p><i>Зачет с оценкой</i></p>

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

1. Вид текущего контроля: Устный опрос.

Вопросы для устного опроса на практических занятиях.

Пример списка вопросов для практической работы (работа №1 «Устройство асинхронных электродвигателей»):

1. Перечислите основные элементы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
2. Проблемы, возникающие при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Какие способы решения Вы знаете?
3. Достоинства и недостатки различных способов пуска асинхронного двигателя.
4. Какие способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Вы знаете?
5. Каким образом происходит реверс асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
6. Что означает термин «перегрузка электродвигателя»? По каким причинам может возникнуть перегрузка электродвигателя?
7. Каким образом можно судить о наличии перегрузки и о ее величине? Почему необходимо ограничивать время работы электродвигателя с перегрузкой?
8. Перечислите основные элементы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
9. Проблемы, возникающие при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Какие способы решения Вы знаете?
10. Достоинства и недостатки различных способов пуска асинхронного двигателя.
11. Какие способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Вы знаете?
12. Каким образом происходит реверс асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?

13. Что означает термин «перегрузка электродвигателя»? По каким причинам может возникнуть перегрузка электродвигателя?
14. Каким образом можно судить о наличии перегрузки и о ее величине? Почему необходимо ограничивать время работы электродвигателя с перегрузкой?

Пример списка вопросов для практической работы (работа №2 «Расчет механической характеристики асинхронного электродвигателя при номинальной частоте и напряжении питания на компьютерной модели»):

1. Определите частоту тока и индуктивное сопротивление ротора асинхронного двигателя в режиме работы, заданном точкой на кривой механической характеристики двигателя.
2. Каковы мощности потерь в обмотках статора и ротора асинхронного двигателя в режиме работы, заданном точкой на кривой механической характеристики двигателя?
3. Определите по паспортным данным и параметрам схемы замещения асинхронного двигателя коэффициент мощности цепи обмотки его ротора в номинальном, критическом и пусковом режимах.
4. Назовите причины, по которым для асинхронного двигателя при частотном регулировании нецелесообразно применение закона $U = \text{const}$ в зоне низких частот вращения.
5. Почему при понижении напряжения сети у асинхронного двигателя, работающего с $M_c = \text{const}$, уменьшается КПД?
6. Как изменятся синхронная частота вращения n_1 , критический момент M_k и ток намагничивания I_{μ} асинхронного двигателя, если частоту f_1 напряжения питания уменьшить в 2 раза при $U_1 = U_{1n}$?
7. Почему регулирование частоты вращения асинхронных двигателей основного исполнения изменением напряжения питания является неэффективным? Какие изменения конструкции асинхронных двигателей позволяют увеличить диапазон регулирования их частоты вращения этим способом?
8. Как изменится критический момент M_k асинхронного двигателя при уменьшении напряжения питания U_1 и $f_1 = f_{1n}$, при увеличении активного сопротивления ротора R_2 и $U_1 = U_{1n}$ и при увеличении частоты f_1 по закону $U_1 / f_1 = \text{const}$?
9. Назовите составляющие постоянных потерь мощности в асинхронном двигателе, физические причины их возникновения и объясните метод их расчета.

Пример списка вопросов для практической работы (работа №3 «Расчет механической характеристики асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону U/f на компьютерной модели»):

1. Назовите составляющие постоянных потерь мощности в асинхронном двигателе, физические причины их возникновения и объясните метод их расчета.
2. Как можно определить скольжение асинхронного двигателя, работающего с заданным моментом нагрузки M_c при пониженном напряжении питания, по его паспортным данным и параметрам схемы замещения?
3. При каких значениях скольжения момент и ток асинхронного двигателя достигают максимальных значений? От каких параметров двигателя и электрической сети они зависят?
4. Почему при изменении нагрузки асинхронного двигателя с $M_c = 0$ до $M_c = M_n$ увеличивается его коэффициент мощности $\cos \varphi$?
5. Как и почему изменяется ток холостого хода I_0 асинхронного двигателя при увеличении воздушного зазора между статором и ротором?
6. Почему у асинхронных двигателей малой мощности при регулировании частоты вращения по закону $U_1 / f_1 = \text{const}$ с уменьшением частоты напряжения питания уменьшается критический момент?

7. В чем заключается отличие механической характеристики асинхронного двигателя при изменении напряжения питания от механической характеристики при изменении активного сопротивления цепи обмотки статора?
8. Почему при регулировании частоты вращения изменением напряжения питания используются асинхронные двигатели с повышенным активным сопротивлением обмотки ротора, а не асинхронные двигатели основного исполнения?
9. Как изменяется потребляемый асинхронным двигателем ток при регулировании его частоты вращения изменением активного сопротивления цепи ротора, если $M_c = \text{const}$?
10. Какие потери мощности возникают в асинхронном двигателе при преобразовании в нем электрической энергии в механическую и как они зависят от его нагрузки?
11. Почему в пусковом режиме коэффициент мощности \cos асинхронных двигателей большой мощности меньше, чем у асинхронных двигателей малой мощности?
12. Почему в режиме реального холостого хода скольжение асинхронного двигателя не равно нулю и как его можно определить?

Показатели, критерии и шкала оценивания письменных ответов на учебных занятиях семинарского типа:

Критерии оценивания	Показатели и шкала оценивания			
	5	4	3	2
полнота и правильность ответа	обучающийся полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий	обучающийся достаточно полно излагает материал, однако допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого	обучающийся демонстрирует знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил	обучающийся демонстрирует незнание большей части соответствующего вопроса
степень осознанности, понимания изученного	обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные	присутствуют 1-2 недочета в обосновании своих суждений, количество приводимых примеров ограничено	не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры	допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл
языковое оформление ответа	излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка	излагает материал последовательно, с 2-3 ошибками в языковом оформлении	излагает материал непоследовательно и допускает много ошибок в языковом оформлении излагаемого	беспорядочно и неуверенно излагает материал

Для перевода баллов в оценку применяется универсальная шкала оценки образовательных достижений.

Если обучающийся набирает

от 90 до 100% от максимально возможной суммы баллов – выставляется оценка

«отлично»;

от 80 до 89% - оценка «хорошо»,

от 60 до 79% - оценка «удовлетворительно»,

менее 60% - оценка «неудовлетворительно».

4. Вид текущего контроля: Тестирование

Перечень тестовых заданий для текущего контроля знаний

Вопрос 1

От каких параметров зависит синхронная скорость вращения асинхронного двигателя (АД) ?

Ответы:

1. От величины напряжения сети и тока в статоре.
2. От частоты напряжения в статоре и числа пар полюсов магнитного поля статора.
3. От частоты напряжения в роторе и сопротивления обмотки ротора.
4. От величины номинального скольжения двигателя.

Вопрос 2

Какой параметр АД определяет его перегрузочную способность?

Ответы:

1. Номинальная мощность.
2. Пусковой момент.
3. Критический момент.
4. Номинальный момент.

Вопрос 3

В какой точке естественной механической характеристики АД скольжение равно нулю?

Ответы:

1. В точке пуска.
2. В точке критического момента.
3. В точке идеального холостого хода.
4. В точке номинального момента.

Вопрос 4

Какой из моментов, развиваемых АД, превышает величину критического момента?

Ответы:

1. Критический момент является максимальным.
2. Пусковой момент.
3. Номинальный момент.
4. Момент идеального холостого хода.

Вопрос 5

От каких параметров АД зависит величина критического скольжения?

Ответы:

1. От величины развиваемого двигателем момента.
2. От активного сопротивления обмотки статора.
3. От величины номинальной мощности двигателя.
4. От активного сопротивления ротора и индуктивного сопротивления

короткого замыкания.

Вопрос 6

С каким параметром связан критический момент АД квадратичной зависимостью?

Ответы:

1. С сопротивлением ротора.
2. С током статора.
3. С током ротора.
4. С напряжением статора.

Вопрос 7

Какой метод регулирования позволяет получить скорость вращения АД выше номинальной?

Ответы:

1. Регулирование изменением числа пар полюсов.
2. Частотное регулирование.
3. Регулирование изменением напряжения питания.
4. Регулирование изменением сопротивления в цепи ротора.

Вопрос 8

Какое условие должно выполняться при частотном регулировании скорости АД вниз от номинальной при $M = \text{const}$?

Ответы:

1. $U = \text{const}$
2. $f = \text{const}$
3. $U / f = \text{const}$
4. $P / M = \text{const}$

Вопрос 9

Какое условие должно выполняться при частотном регулировании скорости АД вверх от номинальной при $M = \text{const}$?

Ответы:

1. $U = \text{const}$
2. $f = \text{const}$
3. $U / f = \text{const}$
4. $P / M = \text{const}$

Вопрос 10

Как изменяется критический момент АД при частотном регулировании скорости вверх от номинальной при $M = \text{const}$?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Увеличивается.
3. Уменьшается.
4. Изменяется в зависимости от момента нагрузки.

Вопрос 11

Как изменяется критический момент АД при частотном регулировании скорости вниз от номинальной при $M = \text{const}$?

Ответы:

1. Не изменяется.
2. Увеличивается.
3. Уменьшается.
4. Изменяется в зависимости от момента нагрузки.

Вопрос 12

Как изменится синхронная скорость АД при переключении обмотки статора со схемы "треугольник" на схему "двойная звезда"?

Ответы:

1. Скорость не изменится.
2. Скорость уменьшится.
3. Скорость увеличится.
4. Скорость установится в зависимости от величины нагрузки.

Вопрос 13

Как изменится синхронная частота вращения АД, если при переключении обмоток статора число пар полюсов магнитного поля изменилось с 2 до 6 ?

Ответы:

1. С 3000 об/ мин до 1000 об/ мин.
2. С 1000 об/ мин до 3000 об/ мин.
3. С 500 об/ мин до 1500 об/ мин.
4. С 1500 об/ мин до 500 об/ мин.

Вопрос 14

Как изменится критический момент двухскоростного АД, выполненного для работы с постоянной мощностью, при переходе с меньшей скорости на большую?

Ответы:

1. Не изменится
2. Уменьшится
3. Увеличится
4. Будет определяться величиной нагрузки.

Вопрос 15

Как изменится величина критического скольжения АД при включении в обмотки ротора резисторов?

Ответы:

1. Увеличится.
2. Уменьшится.
3. Не изменится.
4. Будет определяться величиной нагрузки.

Вопрос 16

Как изменится скорость АД при включении в обмотки ротора резисторов?

Ответы:

1. Станет равной синхронной скорости.
2. Не изменится.
3. Увеличится.
4. Уменьшится.

Вопрос 17

Как изменится критический момент АД при уменьшении напряжения статора?

Ответы:

1. Не изменится.
2. Увеличится.
3. Уменьшится.
4. Будет зависеть от момента нагрузки.

Вопрос 18

При каком условии можно получить максимальный момент при пуске АД?

Ответы:

1. При замыкании выводов обмоток ротора накоротко.
2. При подключении максимальной нагрузки.
3. При отключении нагрузки.
4. При подключении к обмоткам ротора резисторов.

Вопрос 19

Как регулируется величина максимального тормозного момента при динамическом торможении АД?

Ответы:

1. Изменением переменного напряжения сети.
2. Изменением постоянного тока статора.
3. Изменением постоянного тока ротора.
4. Изменением сопротивления ротора.

Вопрос 20

На каких скоростях достигается максимальный тормозной момент при динамическом торможении АД с короткозамкнутым ротором?

Ответы:

1. Непосредственно сразу после перехода в режим торможения.
2. На высоких скоростях вращения.
3. При снижении скорости вращения наполовину.
4. На скоростях вращения близких к остановке.

Вопрос 21

Как достигается получение максимального тормозного момента при динамическом торможении АД на высоких скоростях вращения?

Ответы:

- 1.Изменением сопротивления роторной цепи двигателя.
- 2.Изменением величины тормозного тока.
- 3.Изменением сопротивления в цепи статора.
- 4.Изменением напряжения источника постоянного тока.

Вопрос 22

Как осуществляется торможение АД противовключением?

Ответы:

- 1.Подачей постоянного тока в цепь статора.
- 2.Подключением к статору батареи конденсаторов.
- 3.Изменением порядка чередования фаз на статоре.
- 4.Закорачиванием обмоток статора.

Вопрос 23

При каком виде регулирования скорости вращения АД возникает режим рекуперативного торможения?

Ответы:

- 1.При изменении напряжения статора.
- 2.При частотном вверх от номинальной скорости.
- 3.При введении в цепь ротора резисторов.
- 4.При увеличении числа пар полюсов магнитного поля.

Вопрос 24

Какой вид торможения АД относится к торможению с самовозбуждением?

Ответы:

- 1.Динамическое.
- 2.Рекуперативное.
- 3.Противовключением.
- 4.Магнитное.

Вопрос 25

По какому параметру осуществляется выбор двигателя, если работа механизма задана нагрузочной диаграммой??

Ответы:

- 1.По среднему моменту нагрузки.
- 2.По эквивалентному моменту нагрузки.
- 3.По максимальному моменту нагрузки.
- 4.По продолжительности включения двигателя.

Вопрос 26

Какое значение ПВ является стандартным?

Ответы:

- 1.20%
- 2.30%
- 3.35%
- 4.40%

Вопрос 27

По какому критерию осуществляется проверка двигателя на перегрузочную способность?

Ответы:

- 1.Максимальный момент двигателя больше максимального момента нагрузки.
- 2.Номинальный момент двигателя больше максимального момента нагрузки.
- 3.Максимальный момент двигателя больше эквивалентного момента нагрузки.
- 4.Номинальный момент двигателя больше эквивалентного момента нагрузки.

Вопрос 28

По какому значению мощности нагрузки выбирают двигатель для повторно-кратковременного режима работы?

Ответы:

- 1.По средней мощности нагрузки.
- 2.По эквивалентной мощности нагрузки.
- 3.По максимальной мощности нагрузки.
- 4.По эквивалентной мощности нагрузки, пересчитанной на стандартное значение ПВ.

Вопрос 29

В каком режиме работы температура двигателя может опускаться до температуры окружающей среды?

Ответы:

- 1.В продолжительном.
- 2.В кратковременном.
- 3.В повторно-кратковременном.
- 4.В перемежающемся.

Вопрос 30

Каким образом можно повысить экономичность работы асинхронного электропривода при небольших нагрузках?

Ответы:

- 1.Подключением к статору конденсаторных батарей.
- 2.Кратковременным отключением напряжения на статоре.
- 3.Подключением резисторов к обмоткам ротора.
- 4.Уменьшением напряжения на статоре.

Критерии и шкала оценивания выполнения тестовых заданий

Для перевода баллов в оценку применяется универсальная шкала оценки образовательных достижений.

Если обучающийся набирает

от 90 до 100% от максимально возможной суммы баллов - выставляется оценка «отлично»;

от 80 до 89% - оценка «хорошо»,

от 60 до 79% - оценка «удовлетворительно»,

менее 60% - оценка «неудовлетворительно».

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Вид промежуточной аттестации: зачет с оценкой (устный)

Перечень вопросов к зачету:

1. Принцип действия и устройство асинхронной машины
2. Создание вращающегося магнитного поля в асинхронной машине
3. Основные принципы выполнения обмоток асинхронных машин
4. Работа асинхронной машины при заторможенном роторе
5. Работа асинхронной машины при вращающемся роторе
6. Схема замещения и векторная диаграмма асинхронной машины
7. Механическая характеристика асинхронного двигателя
8. Потери и КПД асинхронной машины
9. Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания
10. Схема замещения асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении
11. Механические характеристики асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении
12. Управление по закону $U/f = \text{const}$
13. Управление с постоянным критическим моментом
14. IR -компенсация
15. IZ -компенсация
16. Понятия векторного управления
17. Выбор уравнения момента и системы координат
18. Структурная схема АД при управлении по вектору потокосцепления ротора
19. Информационная часть систем векторного управления
20. Особенности настройки регуляторов скорости при векторном управлении
21. Основные типы преобразователей частоты (ПЧ)
22. Структура инвертора напряжения (АИН) с промежуточным звеном постоянного тока
23. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)
24. Синусоидально-управляемая ШИМ
25. Синхронная ШИМ

- 26.Асинхронная ШИМ
- 27.Тормозной режим в частотно-регулируемом электроприводе с АИН
- 28.Преимущества и область применения прямого управления моментом
- 29.Алгоритм прямого управления моментом
- 30.Преобразователи частоты, представленные на российском рынке
- 31.Сопутствующее оборудование для преобразователей частоты
- 32.Основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты

Критерии оценивания:

- полнота и правильность ответа;
- степень осознанности, понимания изученного

Показатели и шкала оценивания:

Шкала оценивания	Показатели
5	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий; – обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; – излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка
4	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого
3	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но: – излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; – не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; – излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого
2	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал

ФОС рассмотрен на заседании кафедры

Электрооборудования и утвержден Протоколом №11 от «31» августа 2017 г.

Зав. кафедрой:



/Л.Ф. Мокеров/

Декан СМФ



Якунчиков В.