

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) **Юнаков Л. П.**  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА В ВРД

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	3	108	68	34	0	34	40	0	0	40	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Никитенко Александр Борисович, старший преподаватель

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Левихин Артем Алексеевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА В ВРД**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-7 — способность критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-7**

*знания:*

типов электрических машин, принципов их работы;

типов, характеристик, преимуществ распределенной силовой установки

типов силовых контроллеров;

*умения:*

обосновывать применение датчиков в составе электрических машин; обосновывать применение электрических машин в составе двигательных установок;

*навыки:*

обоснование выбора схемы распределенной силовой установки.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СИЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА В ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, АВТОМАТИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-7
5	10	<b>Раздел 1. Распределенная силовая установка. Опорные источники энергии для распределенных силовых установок. Применение электрических машин в составе двигательных установок ЛА.</b> Распределенная силовая установка, типы, характеристики, преимущества и недостатки. Основные компоненты. Примеры реализации. Опорные источники энергии для распределенных силовых установок: ГТД, ДВС, ВВБ, топливные ячейки. Применение электрических машин в составе двигательных установок ЛА: насос, ЭНА, электроактуатор, генератор Двигательный и генераторный режимы работы электрических машин.	9	4	4	0	5	10
5	10	<b>Раздел 2. Типы электрических машин.</b> Типы электрических машин: КДПТ - коллекторный двигатель постоянного тока, БДПТ - бесколлекторный двигатель постоянного тока, ВРД - вентильный реактивный двигатель, АДКР - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, АДФР - асинхронный двигатель с фазным ротором, СДОВ - синхронный двигатель с обмоткой возбуждения, СДПМ - синхронный двигатель с постоянными магнитами, СДПМП - синхронный двигатель с поверхностной установкой постоянных магнитов, СДПМВ - синхронный двигатель со встроенными постоянными магнитами, СРД - синхронный реактивный двигатель.	9	4	4	0	5	10
5	10	<b>Раздел 3. Принцип и режимы работы синхронной электрической машины.</b> Преимущества и недостатки характеристик электрических машин, используемых на ЛА. Внешний ротор, внутренний ротор. Магнитные системы: радиальная и осевая. Принцип работы синхронной электрической машины. Конструкция, полюса ротора, зубцы статора Режимы работы синхронной электрической машины: поддержание оборотов, поддержание момента, удержание угла. Виды и принцип работы датчиков положения ротора для синхронных электрических машин на постоянных магнитах. Использование различных типов магнитов в синхронных электрических машин на постоянных магнитах.	16	6	6	0	10	20
5	10	<b>Раздел 4. КПД Синхронных электрических машин. Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах.</b> КПД Синхронных электрических машин. Потери в обмотке, потери на перемагничивание статора, вентильные потери, потери в подшипниковых опорах. Математическая модель синхронной электрической машины на постоянных магнитах. Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах. Скалярное. Векторное. Ослабление магнитного поля. Удержание ротора. Калибровка тока, угла.	16	12	4	8	4	10
5	10	<b>Раздел 5. Силовые контроллеры для вращения электрической машины на постоянных магнитах.</b> основные элементы конструкции, применяемые специализированные чипы, силовые ключи IGBT, MOSFET, GaN, SiC. Основные характеристики, ток, напряжение, температура, частота вращения, потери встречного включения, коммутационные потери, каналные потери.	8	4	4	0	4	10
5	10	<b>Раздел 6. Основы управления.</b> Силовые контроллеры для вращения электрической машины на постоянных магнитах, основы управления. Дискретные входы управления, аналоговые входы управления, дискретные и аналоговые выходы телеметрии. Цифровые шины телеметрии и управления CAN, RS485, Ethernet. Связанные с ними протоколы: CAN-A, CAN-B, Modbus, UAVCAN, OpenCAN, CANFX, Arnic. Математическая модель силового контроллера для синхронной электрической машины.	16	12	4	8	4	20
5	10	<b>Раздел 7. Высоковольтная батарея. Основная функциональная нагрузка.</b> Высоковольтная батарея. Типы применяемых химий и конструкций применительно к ЛА. Основная функциональная нагрузка LiIon высоковольтные батареи. Особенности эксплуатации. Система управления батареями (BMS) – обязательный элемент ВВБ. Балансировка, управление ограничениями по напряжению, токам, температуре. Функция заряда постоянным током, постоянным напряжением. Алгоритмы управления высоковольтной батареей. Специализированные чипы. SMART BMS. Типичная конструкция, используемые силовые ключи. Цифровые шины телеметрии и управления. Математическая модель высоковольтная батареи: SOC, SOH, Hx, температурные режимы.	16	12	4	8	4	10
5	10	<b>Раздел 8. Обобщенная математическая модель PCY.</b> Обобщенная математическая модель PCY.	18	14	4	10	4	10
Всего за 10 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 4. КПД Синхронных электрических машин. Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах.	Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах.	8
2	Раздел 6. Основы управления.	Математическая модель силового контроллера для синхронной электрической машины.	8

3	Раздел 7. Высоковольтная батарея. Основная функциональная нагрузка.	Алгоритмы управления высоковольтной батареей	8
4	Раздел 8. Обобщенная математическая модель РСУ.	Математическая модель РСУ	10
<b>Всего за 10 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Распределенная силовая установка. Опорные источники энергии для распределенных силовых установок. Применение электрических машин в составе двигательных установок ЛА.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	5
2	Раздел 2. Типы электрических машин.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	5
3	Раздел 3. Принцип и режимы работы синхронной электрической машины.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	10
4	Раздел 4. КПД Синхронных электрических машин. Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	4
5	Раздел 5. Силовые контролеры для вращения электрической машины на постоянных магнитах.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	4
6	Раздел 6. Основы управления.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	4
7	Раздел 7. Высоковольтная батарея. Основная функциональная нагрузка.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	4
8	Раздел 8. Обобщенная математическая модель РСУ.	Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	4
<b>Всего за 10 семестр</b>			<b>40</b>

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>10</b>					ВРЗД	ДР			ВПЗ	ДР					ВПЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;

- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Н. Ванурин. . Электрические машины. СПб.: Лань, 2022, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/book/144002> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://e.lanbook.com/book/186353> — ЭБС Лань;
4. <https://e.lanbook.com/book/256664> — ЭБС Лань;
5. <https://e.lanbook.com/book/162506> — ЭБС Лань.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СИЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА В ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-7 способность критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с применением электрических машин в составе двигательных установок ЛА, примерами реализации распределенных силовых установок, принципами работы, преимуществами и недостатками, алгоритмами работы.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Распределенная силовая установка. Опорные источники энергии для распределенных силовых установок. Применение электрических машин в составе двигательных установок ЛА.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3,4)	5
Итого по разделу 1		5
<b>Раздел 2. Типы электрических машин.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	5
Итого по разделу 2		5
<b>Раздел 3. Принцип и режимы работы синхронной электрической машины.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	10
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. КПД Синхронных электрических машин. Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	4
Итого по разделу 4		4
<b>Раздел 5. Силовые контролеры для вращения электрической машины на постоянных магнитах.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	4
Итого по разделу 5		4
<b>Раздел 6. Основы управления.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	4
Итого по разделу 6		4
<b>Раздел 7. Высоковольтная батарея. Основная функциональная нагрузка.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	4
Итого по разделу 7		4
<b>Раздел 8. Обобщенная математическая модель РСУ.</b>		
Углубленная проработка разделов курса по рекомендуемой литературе	В. Н. Ванурин. . Электрические машины: СПб.: Лань, 2022 (3, 4)	4
Итого по разделу 8		4

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы по разделу

Контроль проводится в форме собеседования, включает в себя ответы на три контрольных вопроса.

Оценивается полнота и качество ответа.

Контроль считается пройденным, если процент правильных ответов на каждый вопрос выше 70%.

Вопросы по каждому из разделов содержатся в УМК дисциплины.

#### Вопросы/задания по темам ПЗ

Оценивается полнота и качество выполнения практического задания, верность полученных результатов, способность их объяснить.

За практическое задание ставится "зачтено", если обучающийся верно выполнил ПЗ, оформил результаты в соответствии с требованиями, уверенно и правильно отвечает на вопросы преподавателя по материалам выполненного индивидуального задания.

ПЗ отправляется на доработку, если результат содержит грубые ошибки, результаты не оформлены в соответствии с требованиями, студент не разбирается в представленном им материале, не отвечает на вопросы преподавателя.

Задания по темам ПЗ представлены в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Допуском к дифференцированному зачету является выполнение всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий рабочей программы дисциплины.

Дифференцированный зачет проводится в форме устных ответов на вопросы. Оценка выставляется по результатам ответов на 2 вопроса:

«отлично» - полный ответ на 2 вопроса и возможные дополнительные вопросы;

«хорошо» - незначительные замечания на ответы по 2 основным вопросам и неполные ответы на дополнительные вопросы;

«удовлетворительно» - неполные ответы на 2 вопроса билета, отсутствие ответов на отдельные дополнительные вопросы;

«не зачтено» - неполный ответ на один вопрос билета, отсутствие ответа на второй и дополнительные вопросы.

Вопросы представлены в УМК дисциплины.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-7	
5	10	<b>Раздел 1. Распределенная силовая установка. Опорные источники энергии для распределенных силовых установок. Применение электрических машин в составе двигательных установок ЛА.</b>	9	4	4	0	5	10	Вопросы по разделу
5	10	<b>Раздел 2. Типы электрических машин.</b>	9	4	4	0	5	10	Вопросы по разделу
5	10	<b>Раздел 3. Принцип и режимы работы синхронной электрической машины.</b>	16	6	6	0	10	20	Вопросы по разделу
5	10	<b>Раздел 4. КПД Синхронных электрических машин. Алгоритмы вращения синхронной электрической машины на постоянных магнитах.</b>	16	12	4	8	4	10	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	<b>Раздел 5. Силовые контролеры для вращения электрической машины на постоянных магнитах.</b>	8	4	4	0	4	10	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	<b>Раздел 6. Основы управления.</b>	16	12	4	8	4	20	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	<b>Раздел 7. Высоковольтная батарея. Основная функциональная нагрузка.</b>	16	12	4	8	4	10	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	<b>Раздел 8. Обобщенная математическая модель РСУ.</b>	18	14	4	10	4	10	Вопросы по разделу, Вопросы/ задания по темам ПЗ

<b>Всего за 10 семестр</b>	108	68	34	34	40	100	
<b>Всего по дисциплине</b>	108	68	34	34	40	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-7

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Прочитайте текст и запишите ответ.
- № 2 Применение распределенных СУ оправдано в случае  
Вставьте недостающие слова в аббревиатуры типов электрических машин
- 1) КДПТ - \_\_\_\_\_ двигатель постоянного тока
  - 2) БДПТ - \_\_\_\_\_ двигатель постоянного тока
  - 3) ВРД - вентильный \_\_\_\_\_ двигатель
  - 4) АДКР – асинхронный двигатель с \_\_\_\_\_ ротором
  - 5) АДФР - \_\_\_\_\_ двигатель с фазным ротором
  - 6) СДОВ - синхронный двигатель с \_\_\_\_\_
  - 7) СДПМ – синхронный двигатель с \_\_\_\_\_
  - 8) СРД - синхронный \_\_\_\_\_ двигатель
- № 3 Прочитайте задание, дайте развернутый ответ.
- Поясните, как вы понимаете роль электрической машины в качестве стартер-генератора.
- № 4 Прочитайте задание, дайте развернутый ответ.
- Перечислите основные преимущества малоразмерных газотурбинных электроустановок
- № 5 Прочитайте задание, дайте развернутый ответ.  
Какой диапазон значений наиболее близко описывает эффективность двигателей ЛА в виде удельной на 1кВт затрачиваемой мощности силы тяги в кгс?
- № 6 Прочитайте задание, дайте развернутый обоснованный ответ.
- Электрическая частота вращения фазных токов связана с физической частотой вращения ротора СДПМ через
- № 7 Прочитайте задание, дайте развернутый обоснованный ответ.
- Что является опорным источником энергии распределённой силовой установки?
- № 8 Что можно отнести к преимуществам распределённой силовой установки? Дайте развернутый обоснованный ответ.
- № 9 Какими свойствами обладает синхронный двигатель с постоянными магнитами? Дайте развернутый обоснованный ответ.
- № 10 Назовите максимальную проектную величину плотности тока в обмотках для СДПМ воздушного охлаждения.
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Прочитайте текст и выберите правильные ответы
- Что из нижеперечисленного является распределенной силовой установкой?
- FPV дрон
  - БПЛА винтомоторный с ДВС
  - БПЛА с 4 винтами и ременной трансмиссией от ГТД-СТ
  - автомобиль с постоянным приводом на все 4 колеса
  - электроавтомобиль с 4мя моторколесами
- № 2 Прочитайте текст и выберите правильные ответы



- Что является движителем?
- винтомоторная группа
  - импеллер
  - генератор
  - стартер-генератор
  - циклоротор
  - несущий винт
  - тянущий винт
- № 3 Прочитайте текст и выберите правильный ответ
- Каково минимальное количество полюсов ротора синхронного двигателя с постоянными магнитами
- один
  - два
  - три
  - четыре
  - вопрос не корректен
- № 4 Каково минимальное количество пар полюсов ротора синхронного двигателя с постоянными магнитами
- одна
  - два
  - три
  - четыре
  - вопрос не корректен
- № 5 Перечислите виды магнитов в порядке **увеличения** мощности
- SmCo (самарий-кобальт)
  - NiFeB (ниодим железо бор)
  - Fe (феррит)
  - AlNiCo (Альнико)
- № 6 Перечислите магниты **по возрастанию** допустимой температуры использования
- SmCo (самарий-кобальт)
  - NiFeB (ниодим железо бор)
  - Fe (феррит)
  - AlNiCo (Альнико)
- № 7 Прочитайте текст и выберите правильный(ые) ответ(ы)
- Коэффициент полезного действия синхронного двигателя с постоянными магнитами один из самых высоких среди электрических машин т.к.
- 1) отсутствует скольжение ротора в магнитном поле статора
  - 2) используемые постоянные магниты не требуют энергии на создание магнитного поля
  - 3) для управления правильным вращением электрической машины используется силовой инвертор
  - 4) используются специальные подшипниковые опоры ротора
  - 5) есть возможность исполнения с различным направлением магнитного потока
  - 6) есть возможность исполнения с внешним и внутренним ротором
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие.
- Разделите потери синхронного двигателя с постоянными магнитами и потери в инверторе

1	омические потери в каналах силовых ключей	А	синхронного двигателя с постоянными магнитами
2	потери в магнитопроводе за счет токов Фуко	Б	инвертор
3	потери на переключение фазных полуплечей		
4	потери на встречное включение фазных полуплечей		
5	потери на перезарядку затворов силовых ключей		
6	потери на обеспечении работы слаботочной части		
7	омические потери в обмотках		

№ 9 Прочитайте текст и выберите правильный ответ.

Минимальное количество пазов статора синхронного двигателя с постоянными магнитами

- один

- два

- три

- четыре

- вопрос не корректен

№ 10 Прочитайте текст и выберите правильные ответы.

Какие утверждения о электрических машинах верны?

1) Электрическая машина с бОльшей частотой вращения ротора имеет меньшую массу при сопоставимых мощностях.

2) Электрическая машина с бОльшей частотой вращения имеет меньшую мощность при сопоставимых массах.

3) Электрическая машина с меньшей массой имеет меньшую мощность при сопоставимых частотах вращения.

4) Электрическая машина с бОльшей массой имеет бОльшую частоту вращения при сопоставимых мощностях.