

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрооборудование летательных аппаратов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Математическое моделирование электромеханических систем**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Липай Б.Р.
	Идентификатор	R8a549539-LipaiBR-275b674e

(подпись)

Б.Р. Липай

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Липай Б.Р.
	Идентификатор	R8a549539-LipaiBR-275b674e

(подпись)

Б.Р. Липай

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Румянцев М.Ю.
	Идентификатор	R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f

(подпись)

М.Ю.

Румянцев

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-7 Способен использовать методы анализа и моделирования электронных и электромеханических систем

ИД-1 Составляет и анализирует модели аналогии механической поступательной и вращательной системы

ИД-2 Составляет и анализирует модели электромеханических преобразователей на основе обобщенной электрической машины

ИД-3 Составляет и анализирует модели преобразователей электрической энергии

ИД-4 Составляет и анализирует модель системы электроснабжения

ИД-5 Составляет и анализирует модель электропривода

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 (Лабораторная работа)

2. КМ-2 (Лабораторная работа)

3. КМ-3 (Лабораторная работа)

4. КМ-4 (Лабораторная работа)

5. КМ-5 (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	6	9	11	13
1						
Основные понятия моделирования. Виды моделей. Фазовые переменные. Теория подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров. Построение эквивалентных схем.	+					
2						
Моделирование электромеханических преобразователей. Математическая модель обобщенной электрической машины. Моделирование асинхронной и синхронной электрической машины.			+			
3						

Моделирование преобразователей электрической энергии. Особенности моделирования нелинейных элементов.			+		
4					
Моделирование систем электроснабжения.				+	
5					
Моделирование асинхронного электропривода. Взаимное влияние компонентов электромеханической системы друг на друга.					+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-7	ИД-1 _{ПК-7} Составляет и анализирует модели аналогии механической поступательной и вращательной системы	Знать: основные понятия моделирования, виды моделей; Уметь: осуществлять моделирование механических систем;	КМ-1 (Лабораторная работа)
ПК-7	ИД-2 _{ПК-7} Составляет и анализирует модели электромеханических преобразователей на основе обобщенной электрической машины	Знать: теорию подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров; Уметь: осуществлять моделирование электрических машин;	КМ-2 (Лабораторная работа)
ПК-7	ИД-3 _{ПК-7} Составляет и анализирует модели преобразователей электрической энергии	Знать: особенности моделирования нелинейных элементов Уметь: осуществлять моделирование преобразователей электрической энергии;	КМ-3 (Лабораторная работа)

ПК-7	ИД-4 _{ПК-7} Составляет и анализирует модель системы электроснабжения	Знать: особенности моделирования переходных процессов; Уметь: строить эквивалентные схемы электротехнических устройств и систем;	КМ-4 (Лабораторная работа)
ПК-7	ИД-5 _{ПК-7} Составляет и анализирует модель электропривода	Знать: основные методы построения моделей электротехнических устройств и систем; Уметь: осуществлять моделирование электромеханических систем	КМ-5 (Лабораторная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Стандартная

Краткое содержание задания:

Защита лабораторной работы № 1

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные понятия моделирования, виды моделей;	1.1. Что обозначает источник тока в компьютерной модели вращательной механической системы? 2. Что обозначает источник тока в компьютерной модели поступательной механической системы? 3. Что обозначает конденсатор в компьютерной модели вращательной механической системы? 4. Что обозначает конденсатор в компьютерной модели поступательной механической системы? 5. Что может обозначать резистор в компьютерной модели вращательной механической системы? 6. Что может обозначать резистор в модели поступательной механической системы?
Уметь: осуществлять моделирование механических систем;	1.1. Как задать вращающий момент, независимый от времени и показателей, характеризующих движение вращательной механической системы? 2. Как задать вращающий момент, являющийся функцией времени? 3. Как задать вращающий момент, являющийся функцией частоты вращения? 4. Какова размерность внешнего воздействия на вращательную механическую систему, моделируемого источником тока? 5. Какова размерность внешнего воздействия на поступательную механическую систему, моделируемого источником тока? 6. Какова размерность емкости конденсатора при моделировании вращательной механической системы? 7. Какова размерность емкости конденсатора при моделировании поступательной механической системы? 8. Какова размерность сопротивления резистора при моделировании вращательной механической системы? 9. Какова размерность сопротивления резистора при моделировании поступательной механической системы?

	10. Как задать момент сопротивления, независимый от времени и показателей, характеризующих движение вращательной механической системы? 11. Как задать момент сопротивления, являющийся функцией времени? 12. Как задать момент сопротивления, являющийся функцией частоты вращения? 13. Что обозначает ток, протекающий через конденсатор, при моделировании вращательной механической системы? 14. Что обозначает ток, протекающий через конденсатор, при моделировании поступательной механической системы? 15. Что обозначает напряжение на конденсаторе при моделировании вращательной механической системы? 16. Что обозначает напряжение на конденсаторе при моделировании поступательной механической системы? 17. Какова размерность напряжения на конденсаторе при моделировании вращательной механической системы? 18. Какова размерность напряжения на конденсаторе при моделировании поступательной механической системы? 19. Как определить зависимость ускорения вращательной механической системы от времени? 20. Как определить зависимость ускорения поступательной механической системы от времени? 21. Как определить угол поворота вращательной механической системы? 22. Как определить путь, пройденный поступательной механической системы? 23. Как задать частоту вращения механической системы, отличную от нуля при $t = 0$? 24. Как задать скорость поступательной механической системы, отличную от нуля при $t = 0$? 25. Как составить описание вращательной механической системы при подключении нагрузки в момент времени $t > 0$? 26. Как определить энергию, запасенную во вращающейся механической системе? Как составить описание поступательной механической системы при подключении нагрузки в момент времени $t > 0$?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-2. КМ-2

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Стандартная

Краткое содержание задания:

Защита лабораторной работы № 2

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теорию подобия и метод аналогии фазовых переменных и параметров;	1.1. Для чего в компьютерных моделях электрических машин вводятся источники ЭДС с нулевым значением электродвижущей силы?
Уметь: осуществлять моделирование электрических машин;	1.1. Как в модели асинхронной электрической машины задается вращающееся магнитное поле? 2. Как моделируются ЭДС вращения в различных типах электрических машин? 3. Как моделируются ЭДС трансформации в различных типах электрических машин? 4. Как определяются производные токов в обмотках статора и ротора в моделях электрических машин с непреобразованными координатами? 5. Как задается взаимодействие электромагнитной и механической подсистем в моделях электромеханических преобразователей? 6. Как определить частоту тока в обмотке статора по результатам моделирования? 7. Как определить частоту тока в обмотке ротора по результатам моделирования? 8. Как определить мгновенную мощность электрической машины по результатам моделирования? 9. Как определить механическую мощность по результатам моделирования? 10. Как определить потери мощности в обмотке статора по результатам моделирования? 11. Как определить коэффициент мощности по результатам моделирования? 12. Как определить частоту вращения ротора по результатам моделирования? 13. Как определить скольжение по результатам моделирования? 14. Как определить ускорение ротора в процессе разгона электрической машины? 15. Как определить максимальный электромагнитный момент электрической машины по результатам моделирования? 16. Как определить кинетическую энергию

	вращающихся частей электрической машины? 17. Как выполнить моделирование электрической машины в режиме холостого хода? 18. Как выполнить моделирование электрической машины в режиме короткого замыкания? 19. Как изменится максимальный электромагнитный момент электрической машины при уменьшении фазного напряжения на 20%? 20. Как изменится номинальное скольжение при уменьшении фазного напряжения на 20%? 21. Как изменится максимальный электромагнитный момент электрической машины при уменьшении частоты напряжения питания на 10%? 22. Как изменится максимальный электромагнитный момент электрической машины при увеличении частоты напряжения питания на 10%? 23. Как изменится максимальный электромагнитный момент электрической машины при уменьшении амплитуды и частоты напряжения питания на 10%? 24. Как изменится максимальный электромагнитный момент электрической машины при увеличении амплитуды и частоты напряжения питания на 10%? 25. Как изменится номинальный ток при уменьшении напряжения питания на 20%? 26. Как изменится номинальный ток при увеличении частоты напряжения питания на 10%? 27. Как изменится номинальный ток электрической машины при уменьшении амплитуды и частоты напряжения питания на 10%? 28. Как изменится номинальный ток электрической машины при увеличении амплитуды и частоты напряжения питания на 10%? 29. Как изменится пусковой ток электрической машины при уменьшении амплитуды и частоты напряжения питания на 10%? 30. Как изменится пусковой ток электрической машины при увеличении амплитуды и частоты напряжения питания на 10%?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-3. КМ-3

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Стандартная

Краткое содержание задания:

Защита лабораторной работы № 3

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности моделирования нелинейных элементов	1.1. Как определить действующее значение фазного тока на выходе инвертора? 2. Как определить действующее значение фазного напряжения на выходе инвертора? 3. Как определить действующее значение линейного напряжения на выходе инвертора? 4. Как определить среднее значение фазного тока на выходе инвертора? 5. Как определить среднее значение фазного напряжения на выходе инвертора? 6. Как определить среднее значение линейного напряжения на выходе инвертора? 7. Как определить мгновенную мощность, потребляемую инвертором из сети? 8. Как определить мгновенную мощность, передаваемую в нагрузку? 9. Как определить среднюю мощность, передаваемую в нагрузку? 10. Как определить активную мощность, передаваемую в нагрузку? 11. Как определить мгновенную мощность, рассеиваемую в ключе инвертора? 12. Как определить среднюю мощность, рассеиваемую в ключе инвертора? 13. Как определить мгновенную мощность, рассеиваемую в диодах инвертора? 14. Как определить среднюю мощность, рассеиваемую в диодах инвертора?
Уметь: осуществлять моделирование преобразователей электрической энергии;	1.1. Как перейти от описания инвертора со 180-градусной коммутацией ключей к описанию инвертора со 120-градусной коммутацией? 2. Как определить действующее значение фазного тока на входе выпрямителя? 3. Как определить действующее значение фазного напряжения на входе выпрямителя? 4. Как определить действующее значение линейного напряжения на входе выпрямителя? 5. Как определить среднюю мощность, потребляемую схемой выпрямления? 6. Какой элемент схемы выпрямителя влияет на форму потребляемого тока?

	7. Как определить действующее значение тока через диод выпрямителя? 8. Как определить мгновенную мощность, рассеиваемую в диоде выпрямителя? 9. Как определить среднюю мощность, рассеиваемую в диоде выпрямителя? 10. Как определить энергию, запасенную в конденсаторе на выходе выпрямителя? 11. Как определить частоту пульсаций выпрямленного напряжения? 12. Как повлияет на качество выпрямленного напряжения неравенство амплитуд фазных напряжений на входе выпрямителя? 13. Как повлияет на качество выпрямленного напряжения несимметрия фазных напряжений? 14. Как определить мгновенную мощность, передаваемую в нагрузку на выходе выпрямителя? 15. Как определить потери мощности в элементах схемы выпрямления? 16. Как определить КПД выпрямителя?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-4. КМ-4

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Стандартная

Краткое содержание задания:

Защита лабораторной работы № 4

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности моделирования переходных процессов;	1.1. Как в модели синхронного генератора задается магнитная связь между обмотками якоря и индуктора? 2. Как в модели синхронного генератора задается магнитная связь между обмотками якоря? 3. Как в модели синхронной электрической машины задается вращающееся магнитное поле? 4. Как в модели синхронного генератора задается частота ЭДС? 5. Как определить ЭДС генератора по результатам моделирования?
--	---

	6. Как определить частоту ЭДС генератора по результатам моделирования? 7. Как в модели синхронного генератора задается угол поворота ротора? 8. Как задается взаимодействие электромагнитной и механической подсистем в модели синхронного генератора?
Уметь: строить эквивалентные схемы электротехнических устройств и систем;	1.1. Как определить частоту вращения ротора генератора? 2. Как определить мощность, передаваемую от приводного двигателя к генератору? 3. Как определить мгновенную мощность генератора по результатам моделирования? 4. Как определить активную мощность генератора по результатам моделирования? 5. Как определить реактивную мощность генератора по результатам моделирования? 6. Как определить потери мощности в обмотке якоря по результатам моделирования? 7. Как определить потери мощности в электрической сети, связывающей генератор с нагрузкой? 8. Как определить КПД генератора по результатам моделирования? 9. Как определить КПД системы электроснабжения по результатам моделирования? 10. Какова частота пульсаций выпрямленного напряжения генератора? 11. Как определить мощность, потребляемую нагрузкой, по результатам моделирования? 12. Как определить энергию, потребляемую нагрузкой, по результатам моделирования? 13. Как выполнить моделирование системы электроснабжения в режиме холостого хода? 14. Как выполнить моделирование системы электроснабжения в номинальном режиме? 15. Как выполнить моделирование системы электроснабжения в режиме короткого замыкания? 16. Как выполнить моделирование системы электроснабжения, которая одновременно осуществляет питание потребителей постоянного и переменного тока? 17. Как выполнить моделирование системы электроснабжения, которая одновременно осуществляет питание потребителей постоянного и переменного тока, и при этом нагрузка переменного тока соединена в звезду с изолированной нулевой точкой? 18. Как выполнить моделирование системы электроснабжения, которая одновременно осуществляет питание потребителей постоянного и переменного тока, и при этом нагрузка переменного

	тока соединена в звезду с нулевым проводом? 19. Как выполнить моделирование системы электроснабжения, которая одновременно осуществляет питание потребителей постоянного и переменного тока, и при этом нагрузка переменного тока соединена в треугольник? 20. Как емкость конденсатора влияет на амплитуду пульсаций? 21. Как емкость конденсатора влияет на форму фазного напряжения генератора? 22. Как емкость конденсатора влияет на форму линейного напряжения генератора? 23. Как емкость конденсатора влияет на форму тока генератора?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-5. КМ-5

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Стандартная

Краткое содержание задания:

Защита лабораторной работы № 5

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные методы построения моделей электротехнических устройств и систем;	1.1. Как в модели трехфазной асинхронной электрической машины при питании от инвертора задается вращающееся магнитное поле? 2. Как моделируются ЭДС вращения в модели трехфазной асинхронной электрической машины? 3. Как моделируются ЭДС трансформации в модели трехфазной асинхронной электрической машины? 4. Как задается взаимодействие преобразователя электрической энергии (инвертора) и асинхронной электрической машины? 5. Как задается взаимодействие электромагнитной и механической подсистем в модели трехфазной электрической машины?
Уметь: осуществлять моделирование электромеханических систем	1.1. Сравните осциллограммы токов в обмотках статора асинхронного двигателя при питании от источника синусоидальной ЭДС и трехфазного инвертора.

	2. Сравните осциллограммы электромагнитного момента асинхронного двигателя при питании от источника синусоидальной ЭДС и трехфазного инвертора. 3. Сравните осциллограммы токов в инверторе при активной нагрузке и при питании асинхронного двигателя. 4. Сравните осциллограммы напряжений на выходе инвертора при активной нагрузке и при питании асинхронного двигателя. 5. Как определить частоту тока в обмотке статора по результатам моделирования? 6. Как определить частоту тока в обмотке ротора по результатам моделирования? 7. Как определить мощность, потребляемую электроприводом из сети, по результатам моделирования? 8. Как определить механическую мощность электропривода по результатам моделирования? 9. Как определить потери мощности в электроприводе по результатам моделирования? 10. Как определить коэффициент мощности по результатам моделирования? 11. Как оценить стабильность частоты вращения ротора по результатам моделирования? 12. Как определить кинетическую энергию вращающихся частей электрической машины? 13. Как определить КПД электропривода? 14. Как определить КПД инвертора? 15. Как определить КПД электродвигателя? 16. Как определить потери мощности в инверторе? 17. Как определить потери мощности в сети, соединяющей электродвигатель с источником питания? 18. Как изменятся характеристики электропривода при выходе из строя одного из ключей инвертора?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-7} Составляет и анализирует модели аналогии механической поступательной и вращательной системы

Вопросы, задания

1. Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оценка остаточных знаний не проводится

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-7} Составляет и анализирует модели электромеханических преобразователей на основе обобщенной электрической машины

Вопросы, задания

1. Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оценка остаточных знаний не проводится

3. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-7} Составляет и анализирует модели преобразователей электрической энергии

Вопросы, задания

1. Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оценка остаточных знаний не проводится

4. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-7} Составляет и анализирует модель системы электроснабжения

Вопросы, задания

1. Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оценка остаточных знаний не проводится

5. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-7} Составляет и анализирует модель электропривода

Вопросы, задания

1. Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оценка остаточных знаний не проводится

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».