

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Моделирование в электроэнергетике и электротехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Моделирование устройств силовой электроники**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рожков А.Н.
	Идентификатор	R9429b7ad-RozhkovAN-a1946786

(подпись)

А.Н. Рожков

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Козьмина И.С.
	Идентификатор	Ra036a963-KozminaIS-f85c8f2a

(подпись)

И.С.
Козьмина

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

(подпись)

В.Н.
Тульский

(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-2 Способность принимать участие в решении исследовательских задач в рамках реализации научного проекта

ИД-4 Знает информационные технологии, используемые в науке и технике

2. ПК-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике

ИД-1 Владеет навыками работы с электроэнергетическими и электротехническими системами, устройствами силовой электроники и организации процесса обработки и анализа информации

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Автономные преобразователи силовой электроники (Контрольная работа)
2. Ведомые сетью преобразователи электрической энергии (Контрольная работа)
3. Виды преобразования электрической энергии. Элементная база силовой электроники (Контрольная работа)
4. Коэффициент мощности сетевого преобразователя. Влияние преобразователя на питающую сеть. (Контрольная работа)
5. Системы управления преобразователями силовой электроники (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	8	12	14
Виды преобразования электрической энергии. Элементная база силовой электроники						
Виды преобразования электрической энергии (постоянного напряжения в переменное, переменное в постоянное, постоянное в постоянное и т.д.). Силовые полупроводниковые ключи. Диод. Тиристор. Транзисторы. Основные характеристики. Потери мощности. Тепловые характеристики силовых полупроводниковых ключей. Схемы замещения и модели элементной базы устройств силовой электроники	+					
Ведомые сетью преобразователи электрической энергии						

Однофазные выпрямители. Сглаживающие фильтры. Многофазные схемы выпрямления. Управляемые выпрямители. Зависимые инверторы. Реверсивный преобразователь. Преобразователь частоты с непосредственной связью. Высоковольтная система электропередачи постоянного тока. Регуляторы-стабилизаторы переменного напряжения. Компенсирующие устройства (продольные, поперечные). Фазоповоротные устройства с тиристорными коммутаторами. Модели ведомых сетью преобразователей электрической энергии		+			
Коэффициент мощности сетевого преобразователя. Влияние преобразователя на питающую сеть					
Понятие коэффициента мощности. Моделирование и анализ влияния выпрямителей на питающую сеть. Способы повышения коэффициента мощности с помощью устройств силовой электроники. Преобразователи с повышенным коэффициентом мощности. Компенсаторы реактивной мощности и мощности искажений			+		
Автономные преобразователи силовой электроники					
Автономные инверторы напряжения. Автономные инверторы тока. Импульсные регуляторы напряжения. Преобразователи частоты. Статические компенсаторы реактивной мощности (СТАТКОМ). Объединенные регуляторы потоков мощности (ОРПМ). Активные фильтры. Модели автономных преобразователей силовой электроники				+	
Системы управления преобразователями силовой электроники					
Драйверы силовых полупроводниковых ключей. Системы импульсно-фазового управления ведомыми преобразователями. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Частотно-импульсная модуляция (ЧИМ). Микропроцессорные системы управления устройствами силовой электроники. Моделирование систем управления устройствами силовой электроники					+
Вес КМ:	15	25	15	25	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-2	ИД-4 _{ПК-2} Знает информационные технологии, используемые в науке и технике	Знать: методы анализа устройств силовой электроники входной язык автоматизированной программы компьютерного моделирования устройств силовой электроники Уметь: применять анализ устройств силовой электроники при выполнении научных исследований	Виды преобразования электрической энергии. Элементная база силовой электроники (Контрольная работа) Ведомые сетью преобразователи электрической энергии (Контрольная работа) Автономные преобразователи силовой электроники (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} Владеет навыками работы с электроэнергетическими и электротехническими системами, устройствами силовой электроники и организации процесса обработки и анализа информации	Знать: схемы замещения устройств силовой электроники и их параметры Уметь: рассчитывать установившиеся и переходные процессы в устройствах силовой электроники с помощью	Коэффициент мощности сетевого преобразователя. Влияние преобразователя на питающую сеть. (Контрольная работа) Системы управления преобразователями силовой электроники (Контрольная работа)

		автоматизированных программ анализа и моделирования	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Виды преобразования электрической энергии. Элементная база силовой электроники

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная точка проводится в аудиторное время. Время, отведенное на работу 45 минут

Краткое содержание задания:

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения знаний типов преобразователей электрической энергии и элементной базы силовой электроники

Контрольные вопросы/задания:

Знать: входной язык автоматизированной программы компьютерного моделирования устройств силовой электроники	<ol style="list-style-type: none">1. В чем состоит отличие диода и тиристора?2. В чем состоит отличие транзистора и тиристора?3. Какую функцию выполняет трансформатор в выпрямителях?4. Какую функцию выполняет дроссель в выпрямителях?5. Каково назначение фильтра в выпрямителях?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Ведомые сетью преобразователи электрической энергии

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная точка проводится в аудиторное время. Время, отведенное на работу 45 минут

Краткое содержание задания:

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения знаний принципов функционирования и моделирования ведомых сетью преобразователей электрической энергии

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы анализа устройств силовой электроники	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чем преимущества и недостатки однофазных выпрямителей 2. В чем преимущества и недостатки трехфазных выпрямителей 3. Какой силовой элемент необходим для принципиальной работы зависимого инвертора 4. Чем отличается схема замещения диода и транзистора 5. При каких условиях открывается закрывается тиристор в схемах выпрямителей
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Коэффициент мощности сетевого преобразователя. Влияние преобразователя на питающую сеть.

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная точка проводится в аудиторное время. Время, отведенное на работу 45 минут

Краткое содержание задания:

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения знаний о коэффициенте мощности сетевого преобразователя

Контрольные вопросы/задания:

Знать: схемы замещения устройств силовой электроники и их параметры	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое коэффициент мощности преобразовательной установки 2. Каким образом можно улучшить коэффициент мощности вентильного преобразователя 3. Каким образом выпрямители оказывают влияние на питающую сеть? 4. О чем говорит отрицательное значение активной
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Автономные преобразователи силовой электроники

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная точка проводится в аудиторное время. Время, отведенное на работу 45 минут

Краткое содержание задания:

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения знаний о принципах функционирования и моделирования автономных преобразователей силовой электроники

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: применять анализ устройств силовой электроники при выполнении научных исследований</p>	<p>1.Приведите модель однофазного инвертора напряжения 2.Приведите модель трехфазного инвертора напряжения 3.Приведите модель трехфазного инвертора тока 4.Исходя из каких соображений выбираются силовые ключи в автономных инверторах</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-5. Системы управления преобразователями силовой электроники

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная точка проводится в аудиторное время. Время, отведенное на работу 45 минут

Краткое содержание задания:

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения знаний о принципах функционирования и моделирования систем управления преобразователей силовой электроники

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать установившиеся и переходные процессы в устройствах силовой электроники с помощью автоматизированных программ анализа и моделирования</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Какой угол управления необходимо выставить у управляемого трехфазного выпрямителя с нулевым выводом, работающего от сети без трансформатора для обеспечения на чисто активной нагрузке 100 В.2. Какой угол управления необходимо выставить у управляемого трехфазного мостового выпрямителя, работающего от сети без трансформатора для обеспечения на индуктивную нагрузку 100 В.3. Какой угол управления необходимо выставить у управляемого мостового трехфазного выпрямителя, работающего от сети без трансформатора для обеспечения на чисто активной нагрузке 200 В.4. Какой угол управления необходимо выставить у управляемого трехфазного выпрямителя с нулевым выводом, работающего от сети без трансформатора для обеспечения на индуктивную нагрузку 50 В.5. Возможно ли обеспечить напряжение 800 В на выходе управляемого мостового трехфазного выпрямителя, работающего от сети без трансформатора? Если да, то как, если нет, то почему?
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

- 1.Трехфазный управляемый мостовой выпрямитель. Принцип работы. Регулировочная характеристика. Коэффициент мощности.
- 2.Рассчитать минимальный коэффициент мощности (γ) и максимальное значение реактивной мощности (Q) трехфазного тиристорного мостового выпрямителя, работающего на активно-индуктивную нагрузку в режиме стабилизации тока, при следующих заданных параметрах:
 - действующее значение фазного напряжения вторичной обмотки сетевого трансформатора $U_{2rms} = 220В + 10/-15\%$
 - ток нагрузки $I_n = 100А$
 - сопротивление нагрузки R_n изменяется в диапазоне 1 – 3 Ом.При расчете ток нагрузки считать идеально сглаженным (L_d много больше R_n), сетевой трансформатор идеальным, активные потери в выпрямителе не учитывать

Процедура проведения

Студент имеет возможность подготовиться к ответу на билет в течение 40 минут. После чего устно отвечает на указанные в билете, а также дополнительные вопросы преподавателя

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-2} Знает информационные технологии, используемые в науке и технике

Вопросы, задания

- 1.Тиристор. Основные справочные характеристики
- 2.Коммутационные процессы и внешние характеристики трехфазного мостового выпрямителя
- 3.Составные многофазные схемы выпрямления. Параллельное соединение мостовых преобразователей, работающих с фазовым сдвигом. Принцип работы
- 4.Компенсаторы реактивной мощности. Конденсаторы, коммутируемые тиристорами. Реакторы, управляемые тиристорами
- 5.Компенсаторы мощности искажения. Пассивные фильтры
- 6.Вставка постоянного тока. Назначение. Принцип построения
- 7.Работа выпрямителя на индуктивную нагрузку. Особенности работы, временные диаграммы.
- 8.Работа выпрямителя на емкостную нагрузку. Особенности работы, временные диаграммы.
- 9.Работа инвертора на индуктивную нагрузку. Особенности работы, временные диаграммы.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Преобразователь электрической энергии, ведомый сетью, это:

Ответы:

А) Преобразователь частоты Б) Зависимый инвертор В) Выпрямитель Г)

Преобразователь частоты

Верный ответ: Б) Зависимый инвертор

2. Выберите верное утверждение:

Ответы:

А) В зависимых инверторах угол управления имеет опережающий характер по отношению к точке естественного отпирания вентиля, в то время как в выпрямителе отстает угол коммутации. Б) В зависимых инверторах угол коммутации отстает по отношению к точке естественного отпирания вентиля, в то время как в выпрямителе угол имеет опережающий характер. В) В зависимых инверторах угол коммутации имеет опережающий характер по отношению к точке естественного отпирания вентиля, в то время как в выпрямителе этот угол отстает. Г) В зависимых инверторах угол управления имеет опережающий характер по отношению к точке естественного отпирания вентиля, в то время как в выпрямителе этот угол отстает

Верный ответ: Г) В зависимых инверторах угол управления имеет опережающий характер по отношению к точке естественного отпирания вентиля, в то время как в выпрямителе этот угол отстает

3. В отличие от режима выпрямления, коммутационные потери в инверторе:

Ответы:

А) не уменьшают, а увеличивают напряжение на выходе инвертора Б) не уменьшают, и не увеличивают напряжение на выходе инвертора В) уменьшают напряжение на входе инвертора и увеличивают напряжение на его выходе Г) не уменьшают напряжения на выходе инвертора, но увеличивают его КПД

Верный ответ: А) не уменьшают, а увеличивают напряжение на выходе инвертора

4. Ограничительная характеристика это :

Ответы:

А) предельное значение инвертируемого тока, при котором угол восстановления управляющих свойств ключа инвертора минимален. Б) максимальный угол управления инвертором В) уровень пробоя полупроводниковых ключей инвертора по току Г) уровень пробоя полупроводниковых ключей инвертора по напряжению

Верный ответ: А) предельное значение инвертируемого тока, при котором угол восстановления управляющих свойств ключа инвертора минимален

5. Отличительной особенностью автономного инвертора тока является:

Ответы:

А) наличие на входе инвертора катушки с достаточно большой индуктивностью. Б) наличие на выходе инвертора катушки с достаточно большой индуктивностью. В) наличие на входе инвертора катушки с достаточно большой емкостью. Г) наличие на выходе инвертора катушки с небольшим значением индуктивности.

Верный ответ: А) наличие на входе инвертора катушки с достаточно большой индуктивностью.

6. При активной нагрузке автономного инвертора:

Ответы:

А) ток будет равен напряжению Б) форма тока будет повторять форму напряжения В) ток и напряжения будут качественно совпадать Г) ток будет иметь форму меандра

Верный ответ: Б) форма тока будет повторять форму напряжения

7. С какой целью применяют защитные RCD- цепи в силовой электронике?

Ответы:

а) Для снижения мощности используемых драйверов б) Для защиты полупроводниковых приборов в) Для увеличения КПД преобразователя г) Для стабилизации потребляемого тока

Верный ответ: б) Для защиты полупроводниковых приборов

8. Дайте определение коэффициенту мощности

Ответы:

- А) отношение частоты пульсации к частоте питающего напряжения
- Б) отношение амплитуды к-ой гармоники к средневыпрямленному значению напряжения
- В) отношение активной мощности к полной
- Г) отношение средневыпрямленного значения напряжения к действующему значению напряжения во вторичной цепи трансформатора

Верный ответ: В) отношение активной мощности к полной

9. Сколько выводов имеет классический тиристор

Ответы:

- А) ни одного
- Б) 6
- В) 3
- Г) 5

Верный ответ: В) 3

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-3 Владеет навыками работы с электроэнергетическими и электротехническими системами, устройствами силовой электроники и организации процесса обработки и анализа информации

Вопросы, задания

1. Трехфазный управляемый мостовой выпрямитель. Принцип работы. Регулировочная характеристика. Коэффициент мощности
2. Составные многофазные схемы выпрямления. Последовательное соединение мостовых преобразователей, работающих с фазовым сдвигом. Принцип работы
3. Коэффициент мощности сетевого преобразователя. Влияние преобразователя на питающую сеть. Методы повышения коэффициента мощности
4. Конденсаторно-реакторные компенсаторы реактивной мощности. Принцип построения и работы
5. Принцип построения системы управления автономным преобразователем на примере системы управления однофазным полумостовым инвертором напряжения
6. Составные многофазные схемы выпрямления. Параллельное соединение мостовых преобразователей, работающих с фазовым сдвигом. Принцип работы.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Зависимым инвертором может быть:

Ответы:

- А) схема любого неуправляемого выпрямителя
- Б) схема любого управляемого выпрямителя
- В) схема преобразователя, в которой присутствует знакопеременное напряжение и ток
- Г) схема преобразователя, у которой в качестве нагрузки выступает сеть, а в качестве источника питания – аккумуляторная батарея

Верный ответ: Б) схема любого управляемого выпрямителя

2. В нормальном режиме входной ток инвертора:

Ответы:

- А) непостоянен и имеет прерывистый характер
- Б) имеет непостоянный характер
- В) постоянен и непрерывен
- Г) имеет прерывистый характер

Верный ответ: В) постоянен и непрерывен

3. В выпрямителе зависимость $U_{di}=f(I_{di})$ называется:

Ответы:

- А) регулировочной характеристикой инвертора
- Б) выходной характеристикой инвертора
- В) входной характеристикой инвертора
- Г) передаточной функцией инвертора

Верный ответ: Б) выходной характеристикой инвертора

4. Автономный инвертор напряжения по отношению к нагрузке ведет себя как:

Ответы:

А) источник тока Б) источник ЭДС В) источник мощности Г) ни один вариант из перечисленных не подходит

Верный ответ: Б) источник ЭДС

5. Обычно для источников питания коэффициент гармоник по напряжению должен быть не выше:

Ответы:

А) 75 % Б) 0,1 % В) 5% Г) 50%

Верный ответ: В) 5%

6. Инвертор тока на выходе имеет:

Ответы:

А) постоянную форму тока Б) постоянную форму напряжения В) переменную форму тока Г) переменную форму напряжения

Верный ответ: В) переменную форму тока

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.