

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

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Промышленная электроника и микропроцессорная техника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Компьютерные технологии в научных исследованиях**

**Москва  
2021**

## 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	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R6be8dfb1-RashitovPA-1953162c

(подпись)

П.А.  
Рашитов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186

(подпись)

М.Г.  
Асташев

(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-1 Способен проводить и сопровождать работы по проектированию устройств электроники и нанoeлектроники в соответствии с требованиями технического задания
- ИД-2 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач, компьютерного моделирования и верификации моделей элементов, узлов и блоков электронного устройства

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Методы анализа электронных схем в среде LTSpise (Тестирование)
2. Элементная база SPICE языка (Тестирование)

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Анализ схем преобразователей электрической энергии без обратной связи (Лабораторная работа)
2. Анализ схем преобразователей электрической энергии с обратной связью (Лабораторная работа)
3. Моделирование трансформатора на языках SPICE (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	2	4	8	12	16
Описание языка SPICE и модели электронных схем						
Описание языка SPICE и модели электронных схем	+					
Моделирование работы силового ключа в различных режимах работы и при различных типах нагрузки						
Моделирование работы силового ключа в различных режимах работы и при различных типах нагрузки			+			
Моделирование работы трансформатора						
Моделирование работы трансформатора				+		
Моделирование схем преобразователей электрической энергии без обратной связи						

Моделирование схем преобразователей электрической энергии без обратной связи				+	
Моделирование схем преобразователей электрической энергии с обратной связью					
Моделирование схем преобразователей электрической энергии с обратной связью					+
Вес КМ:	10	15	15	30	30

\$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-1	ИД-2ПК-1 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач, компьютерного моделирования и верификации моделей элементов, узлов и блоков электронного устройства	Знать: способы анализа и систематизации результатов автоматизированного моделирования; входной язык автоматизированной программы компьютерного моделирования методы автоматизированного анализа электронных схем силовой электроники Уметь: применять автоматизированный анализ электронных схем при выполнении научных исследований рассчитывать установившиеся и переходные процессы электронных схем силовой электроники с помощью	Элементная база SPICE языка (Тестирование) Методы анализа электронных схем в среде LTSpice (Тестирование) Моделирование трансформатора на языках SPICE (Лабораторная работа) Анализ схем преобразователей электрической энергии без обратной связи (Лабораторная работа) Анализ схем преобразователей электрической энергии с обратной связью (Лабораторная работа)

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

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Элементная база SPICE языка

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится тестирование в течение 15 мин. На всю группу выдается один вариант

**Краткое содержание задания:**

Термины и определения

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: входной язык автоматизированной программы компьютерного моделирования	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Для каких целей используется язык описания SPICE</li><li>2. Назовите расширение входного файла с описанием SPICE -модели</li><li>3. В чем состоит отличие ШИМ и ЧИМ – управления полупроводниковыми приборами. Как указанные отличия проявляются в моделях устройств преобразования электрической энергии</li><li>4. Какие независимые источники имеются в SPICE-моделях? Каким образом их можно применить при составлении моделей управляющих цепей силовых полупроводниковых приборов</li><li>5. Какими способами формируются высокочастотные сигналы ШИМ-управления в SPICE-моделях</li></ol>
--	---

**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. Методы анализа электронных схем в среде LTSpice

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в письменном виде по вариантам. Расчетное время 20 мин. Студентам выдается один вариант на всех

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку способности анализировать электронные схемы в среде LTSpice

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы автоматизированного анализа электронных схем силовой электроники	1.Для чего предназначена директива .INCLUDE 2.Для чего предназначена директива .LIB 3.Какой директивой задается расчет переходных процессов
--	---

**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. Моделирование трансформатора на языках SPICE**

**Формы реализации:** Выступление (доклад)

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуальное общение со студентом на тему выполненной лабораторной работы с целью выявления остаточных знаний в рамках текущей контрольной точки

**Краткое содержание задания:**

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения составления различных моделей трансформаторов, работающих совместно с транзисторами в SPICE- симуляторах

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: способы анализа и систематизации результатов автоматизированного моделирования;	1.Опишите процесс создания модели трансформатора и транзистора в программе LTSpice 2.Каким образом изменить параметры трансформатора и транзистора в модели 3.Каковы особенности работы силового ключа при работе на активно-индуктивную нагрузку 4.Каковы особенности работы силового ключа при работе на активно-емкостную нагрузку
--	--

**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. Анализ схем преобразователей электрической энергии без обратной связи**

**Формы реализации:** Выступление (доклад)

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуальное общение со студентом на тему выполненной лабораторной работы с целью выявления остаточных знаний в рамках текущей контрольной точки

#### **Краткое содержание задания:**

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения навыков моделирования преобразователей электрической энергии без обратной связи

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять автоматизированный анализ электронных схем при выполнении научных исследований</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Приведите пример модели однофазного неуправляемого выпрямителя в программе LTspice. Опишите принцип ее работы. Приведите качественные диаграммы</li><li>2.Приведите пример модели трехфазного неуправляемого выпрямителя в программе LTspice. Опишите принцип ее работы. Приведите качественные диаграммы</li><li>3.Приведите пример модели трехфазного управляемого выпрямителя на тиристорах в программе LTspice. Опишите принцип ее работы. Приведите качественные диаграммы</li><li>4.Приведите пример модели трехфазного управляемого выпрямителя на транзисторах в программе LTspice. Опишите принцип ее работы. Приведите качественные диаграммы</li><li>5.Приведите пример модели регулятора напряжения I рода в программе LTspice. Опишите принцип ее работы. Приведите качественные диаграммы</li></ol>
--	---

#### **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. Анализ схем преобразователей электрической энергии с обратной связью**

**Формы реализации:** Выступление (доклад)

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Индивидуальное общение со студентом на тему выполненной лабораторной работы с целью выявления остаточных знаний в рамках текущей контрольной точки

#### **Краткое содержание задания:**

Оцениваются знания студентов на предмет усвоения навыков моделирования преобразователей электрической энергии, охваченных обратной связью

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: рассчитывать установившиеся и переходные процессы электронных схем силовой электроники с помощью автоматизированных программ анализа и моделирования</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Приведите пример модели регулятора напряжения I рода, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип построения обратной связи по току.</li><li>2.Приведите пример модели регулятора напряжения I рода, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип построения обратной связи по напряжению</li><li>3.Приведите пример модели регулятора напряжения II рода, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип построения обратной связи по току</li><li>4.Приведите пример модели регулятора напряжения II рода, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип построения обратной связи по напряжению</li><li>5.Приведите пример модели регулятора напряжения III рода, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип реализации ограничения выходной мощности</li><li>6.Приведите пример модели мостового преобразователя, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип построения обратной связи по току</li><li>7.Приведите пример модели мостового преобразователя, управляемого ШИМ-контроллером в программе LTspice. Опишите принцип реализации</li></ol>
--	---

**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

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

- 1.Текстовое описание схем и элементов в SPICE – моделях.
- 2.Расчет статических и динамических потерь в силовых полупроводниковых ключах с использованием SPICE – моделей

### 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 экзаменатору

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач, компьютерного моделирования и верификации моделей элементов, узлов и блоков электронного устройства

### Вопросы, задания

1. Синтаксис языка SPICE, его описание и возможности, преимущества и недостатки.
- 2.Программное обеспечение для работы со SPICE – моделями электронных компонентов
- 3.Текстовое описание схем и элементов в SPICE – моделях
- 4.Директивы работы программ: анализ режимов работы по постоянному току, переменному току, частотный анализ, анализ переходных процессов, библиотеки, задание параметров
- 5.Зависимые источники напряжения и тока
- 6.Встроенные модели транзисторов: биполярные, MOSFET
- 7.Анализ режима работы силового ключа на активную нагрузку с использованием SPICE – моделей
- 8.Анализ режима работы силового ключа на индуктивную нагрузку с использованием SPICE – моделей
- 9.Анализ режима работы силового ключа на ёмкостную нагрузку с использованием SPICE – моделей
- 10.Анализ режима работы транзистора в режиме отсечки, насыщения, в активном режиме с использованием SPICE – моделей
- 11.Расчет статических и динамических потерь в силовых полупроводниковых ключах с использованием SPICE – моделей
- 12.Анализ режима работы преобразователей с идеальными переключающими элементами
- 13.Приведите пример SPICE – модели трансформатора на базе зависимых источников тока и напряжения
- 14.Приведите пример SPICE – модели трансформатора на базе нелинейных элементов
- 15.Приведите пример SPICE – модели насыщающегося трансформатора
- 16.Приведите пример SPICE – модели однофазного выпрямителя на диодах
- 17.Приведите пример SPICE – модели трехфазного выпрямителя на тиристорах
- 18.Приведите пример SPICE – модели регулятора напряжения I рода
- 19.Приведите пример SPICE – модели регулятора напряжения II рода

- 20.Приведите пример SPICE – модели регулятора напряжения III рода
- 21.SPICE – модели инверторов, корректоров коэффициента мощности, преобразователей с ШИМ регулированием
- 22.SPICE – модели специализированных микросхем: операционные усилители, ШИМ-контроллеры
- 23.Моделирование обратных связей в преобразователях с использованием SPICE – моделей
- 24.Интеграция моделей специализированных микросхем в состав SPICE – моделей преобразовательных устройств. Анализ совместной работы
- 25.Директивы работы программ: анализ режимов работы по постоянному току, переменному току, частотный анализ, анализ переходных процессов, библиотеки, задание параметров

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Для правильной постановки задачи в SPICE-моделях требуется ...

Ответы:

а) описание соединения компонентов схемы друг с другом; б) указание номиналов всех компонентов схемы; в) составления уравнения состояния схемы на основании законов электротехники; г) замена реальных диодов и транзисторов на их модели разного уровня сложности

Верный ответ: а) описание соединения компонентов схемы друг с другом; б) указание номиналов всех компонентов схемы; г) замена реальных диодов и транзисторов на их модели разного уровня сложности

2.Для чего предназначена директива .STEP в SPICE- моделировании?

Ответы:

а) Позволяет производить вариацию определенного параметра; б) Позволяет рассчитать режим по постоянному току; в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов; г) Для указания различных параметров и флагов

Верный ответ: а) Позволяет производить вариацию определенного параметра

3.В чем состоит основное преимущество SPICE- моделирования?

Ответы:

а) Удобство использования; б) Быстродействие расчета; в) Возможность детального моделирования электронных компонентов; г) Современный интерфейс пользователя

Верный ответ: в) Возможность детального моделирования электронных компонентов

4.Для чего предназначена директива .SUBCKT в SPICE- моделировании?

Ответы:

а) Позволяет производить вариацию определенного параметра; б) Позволяет рассчитать режим по постоянному току; в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов; г) Позволяет вставить описание подсхемы

Верный ответ: г) Позволяет вставить описание подсхемы

5.Какие параметры трансформатора можно смоделировать в SPICE- моделях?

Ответы:

а) Индуктивность намагничивания; б) Площадь сечения сердечника; в) Материал сердечника; г) Все вышеперечисленное

Верный ответ: г) Все вышеперечисленное

6.Для чего предназначена директива .OP в SPICE- моделировании?

Ответы:

а) Для определения максимальных значений токов и напряжений схемы; б) Позволяет рассчитать режим по постоянному току; в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов; г) Для расчета режима точки покоя схемы по постоянному току

Верный ответ: б) Позволяет рассчитать режим по постоянному току  
7. Какие исходные данные/оборудование необходимо иметь для создания SPICE- модели транзистора?

Ответы:

- а) Паспортные характеристики устройства; б) Непосредственно моделируемый прибор;
- в) Высокоточное измерительное оборудование; г) Испытательный стенд

Верный ответ: а) Паспортные характеристики устройства

8. Для чего предназначена директива .AC в SPICE- моделировании?

Ответы:

- а) Для определения частотных характеристик модели; б) Для моделирования уровня шума различных схемных элементов ; в) Для моделирования переходных процессов; г) Для расчета режима точки покоя схемы по постоянному току

Верный ответ: а) Для определения частотных характеристик модели

9. Для чего предназначена директива .INCLUDE в SPICE- моделировании?

Ответы:

- а) Для определения максимальных значений токов и напряжений схемы; б) Задаёт расчёт режима по постоянному току; в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов; г) для включения в файл текстового описания содержания другого файла

Верный ответ: г) для включения в файл текстового описания содержания другого файла

10. 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

11. Для чего предназначена директива .IC в SPICE- моделировании?

Ответы:

- а) Для определения максимальных значений токов и напряжений схемы; б) Задаёт расчёт режима по постоянному току; в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов; г) Для расчета режима точки покоя схемы по постоянному току

Верный ответ: в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов

12. Для чего предназначена директива .LIB в SPICE- моделировании?

Ответы:

- а) Для подключения библиотеки моделей или подсхем; б) Задаёт расчёт режима по постоянному току; в) Позволяет определить начальные условия для анализа переходных процессов; г) для включения в файл текстового описания содержания другого файла

Верный ответ: а) Для подключения библиотеки моделей или подсхем

13. Для чего предназначена директива .DC в SPICE- моделировании?

Ответы:

- а) Для определения максимальных значений токов и напряжений схемы; б) Задаёт расчёт режима по постоянному току; в) Для моделирования переходных процессов; г) Для расчета режима точки покоя схемы по постоянному току

Верный ответ: б) Задаёт расчёт режима по постоянному току

14. Каким образом можно организовать управление устройствами силовой электроники в SPICE- моделях?

Ответы:

- а) Зависимыми источниками тока и напряжения; б) Внешними физическими регуляторами; в) Встроенными моделями микросхем; г) Описать математическим законом изменения

Верный ответ: а) Зависимыми источниками тока и напряжения; в) Встроенными моделями микросхем; г) Описать математическим законом изменения

15. Как проявляется «эффект Миллера» при включении и выключении силового ключа?

Ответы:

а) Увеличивается КПД устройства; б) Появляются интервалы постоянного напряжения на затворе силового прибора; в) Стабилизируется уровень напряжения на нагрузке преобразователя; г) Многократно возрастает ток силового ключа

Верный ответ: б) Появляются интервалы постоянного напряжения на затворе силового прибора

16. Какого типа силового ключа не существует в силовой электронике?

Ответы:

а) Биполярный; б) Полевой транзистор с изолированным затвором; в) Биполярный транзистор с изолированным затвором; г) Структурный

Верный ответ: г) Структурный

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения задания:* 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 задания:* 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 задания:* 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.