Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра промышленной электроники и информационно-измерительной техники

**Методические указания**

для обучающихся по освоению дисциплины

*«Б1.Д.Б.6 Компьютерное моделирование электронных устройств»*

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

*11.04.04 Электроника и наноэлектроника*

(код и наименование направления подготовки)

*Электронные приборы и устройства*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

*Магистр*

Форма обучения

*Очная*

Год набора 2024

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.С. Лелюхин

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры промышленной электроники и информационно-измерительной техники

Заведующий кафедрой ПЭиИИТ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.С. Лелюхин

Методические указания являются приложением к рабочей программе дисциплины «Компьютерное моделирование электронных устройств», зарегистрированной в ЦИТ под учетным номером \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

**1 Общие положения**

Дисциплина «*Компьютерное моделирование электронных устройств*» относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)». Изучается в 1 семестре.

В результате изучения дисциплины студент должен:

1) **знать**: математические модели базовых элементов электронных устройств; постановку и методы решения основных задач одновариантного анализа; постановку и методы решения основных задач многовариантного анализа.

2) **уметь**: исследовать свойства электронных устройств средствами компьютерного моделирования.

3) **владеть**: методиками и средствами идентификации моделей базовых элементов электронных устройств; средствами компьютерного моделирования для решения типовых задач анализа электронных устройств.

Достижение планируемых результатов обучения обеспечивается добросовестным отношением обучающегося к изучению теоретического материала дисциплины с использованием материала лекций и рекомендованной литературы, ознакомлением с рекомендованными периодическими изданиями, своевременным выполнением лабораторных.

**2 Общие методические рекомендации**

Контроль достижения планируемых результатов обучения обеспечивается использованием оценочных средств, представленных в «Фонде оценочных средств …» (приложение к рабочей программе дисциплины), в учебном процессе во время занятий по расписанию, а также во время промежуточной аттестации.

**2.1 Теоретический материал, изучаемый при освоении дисциплины**

№ 1 Модели электронных схем.

№2Одновариантный анализ.

№3 Многовариантный анализ.

**Вопросы, изучаемые на лекционных занятиях:**

№ 1 Математические модели элементов электронных схем. Методы и средства идентификации моделей элементов. Макромодели.

№ 2 Анализ статических режимов. Анализ переходных процессов. Анализ частотных характеристик. Спектральный анализ.

**Внимание!**

Материал, не вынесенный на лекционные занятия, изучается обучающимися самостоятельно с использованием рекомендуемой литературы.

**Контроль усвоения** изученного теоретического материала осуществляется методом опроса на лабораторных занятиях, а также методом **тестирования** в среде системы электронного обучения Moodle.

**2.2 Практические занятия (семинары)**

№1 Расчет параметров модели диода графо-аналитическим методом.

№2 Расчет параметров модели диода в среде PSpice Model Editor.

№3 Оценка адекватности модели диода.

№4 Расчет параметров модели биполярного транзистора.

№5 Оценка адекватности модели биполярного транзистора.

№6 Одновариантный анализ на схемотехническом уровне.

№7 Одновариантный многоуровневый анализ.

№8 Статистический анализ аналоговых устройств.

№9 Анализ рисков сбоя.

**2.3 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

При подготовке к занятиям рекомендуется использовать следующие учебные пособия:

– Сильвашко, С. А. Программные средства компьютерного моделирования элементов и устройств электроники [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 210100.62 Электроника и наноэлектроника / С. А. Сильвашко, С. С. Фролова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. пром. электроники и информ.-измер. техники. - Оренбург : Университет, 2014. - 170 с. : ил.; 10,6 печ. л - ISBN 978-5-4417-0454-0. Издание на др. носителе [Электронный ресурс] <http://artlib.osu.ru/web/books/content_all/4581.pdf>

– Хлуденев, А.В. Компьютерное моделирование электронных устройств: методические указания/ А.В.Хлуденев. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2015. - 40 с.

– Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. О. В. Алексеева. - М. : Высш. шк., 2000. - 479 с.ацкий Г. В. - Феникс, 2014. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=271595>

**2.4 Вопросы для подготовки**

**№1 Модели электронных схем**

1 Поясните, что понимают под математической моделью схемы.

2 Каким образом формируют модели схем.

3 Приведите основные особенности моделей схем макро-уровня.

4 Каким требованиям должны удовлетворять математические модели?

5 Какая модель считается адекватной?

6 Как можно оценить погрешность модели?

7 Почему на практике используют множество иерархически организованных математических моделей?

8 Каким образом формируются модели элементов макро-уровня?

9 Что понимают под структурой модели элемента?

10 Что понимают под областью адекватности модели элемента?

11 Каким образом можно определить значения параметров модели элементов?

12 Параметры модели элемента и параметры элемента – это одно и то же?

13 Каким образом можно определить адекватность модели элемента?

14 Чем отличаются макромодели и полные модели элементов?

15 Кратко охарактеризуйте особенности моделей РЭУ схемотехнического уровня.

16 Приведите примеры моделей элементов схемотехнического уровня.

17 Кратко охарактеризуйте особенности моделей аналоговых РЭУ функционального уровня.

18 Кратко охарактеризуйте особенности моделей цифровых РЭУ функционально-логического уровня.

19 Кратко охарактеризуйте особенности многоуровневых моделей электронных устройств.

20 Приведите возможные формы представления моделей мета-уровня.

21. Какие модели диода и БТ используется в PSpice?

22. Какие модели полупроводниковых элементов используются в частотном анализе?

23. Какой вид анализа PSpice позволяет рассчитать ВАХ БТ, его директива?

**№2 Одновариантный анализ**

1 Перечислите типовые задачи одновариантного анализа электронных схем.

2. перечислите основные задачи частотного анализа?

3. Перечислите основные задачи переходного анализа?

4. Каковы основные задачи анализа статики?

5. Какие параметры задаются при настройке частотного анализа (PSpice)? Директива частотного анализа в PSpice.

6. Какие параметры задаются при настройке динамического анализа (PSpice)? Директива динамического анализа в PSpice.

7. Параметры источников VPULSE и IPULSE (PSpice).

8. Параметры источников VAC и IAC (PSpice).

9. Поясните параметры директив частотного и динамического анализа в PSpice.

10. Дайте определение амплитудно- и фазо-частотной характеристикам.

11. С помощью каких функций в PSpice можно определить ГПЗ, ФЧХ?

12. Директива расчета малосигнальной передаточной функции. Как в PSpice построить АФЧХ?

13. Как в PSpice построить переходную и импульсную характеристики?

14. Какие элементы схемы являются основными источниками шумов?

15. Физическая природа шумов радиоэлектронных компонентов.

16. Какой спектр имеют шумы радиоэлектронных компонентов?

17. Какие модели используются в PSpice для учета шумовых свойств компонентов?

18. Как называется тип анализа, используемый в OrCAD для исследования шумовых свойств схемы?

19. Какие параметры необходимо указать для проведения анализа шумов в PSpice?

20. Каким образом можно определить коэффициент шума усилительного каскада?

**№3 Многовариантный анализ**

1. Какое влияние оказывает температура на шумы радиоэлектронных компонентов?

2. Какое влияние оказывает температура на работу усилительного каскада?

3. Какие параметры необходимо указать для проведения температурного анализа в PSpice?

4. Как в PSpice задаются ТКС и ТКЕ?

5. Для чего в PSpice используется анализ эффективности (Performance Analysis)?

6. Что такое чувствительность схемы к изменениям внутренних параметров?

7. Для чего анализируют чувствительность?

8. Суть метода приращений, преимущества и недостатки.

9. Суть расчета на наихудший случай, преимущества и недостатки.

10. Суть анализа Монте-Карло, преимущества и недостатки.

11. Как в PSpice рассчитываются случайные значения параметров компонентов для анализа Монте-Карло.

12. Какие параметры задаются в OrCAD для проведения анализа на наихудший случай?

13. Какие параметры задаются в OrCAD для проведения анализа методом Монте-Карло?

14. Как в PSpice задается допуск параметра элемента?

15. Какие директивы анализа в PSpice задают расчет на наихудший случай и анализ Монте-Карло?

**2.5 Примеры практических заданий**

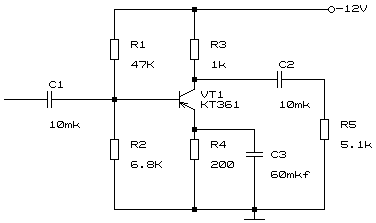
1 Для диода заданного типа определить значения параметров его нелинейной модели.

2 Для биполярного транзистора заданного типа определить значения параметров нелинейной модели Эберса-Молла.

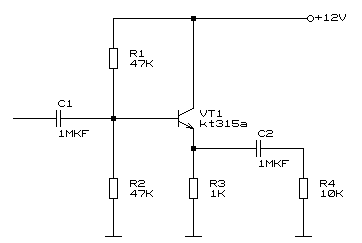
3 Для заданного варианта схемы выполнить одновариантный анализ.

4 Для заданного варианта схемы выполнить многовариантный анализ.

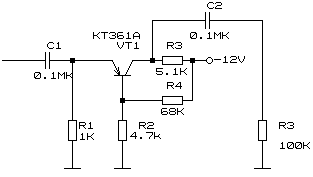
Вариант 1



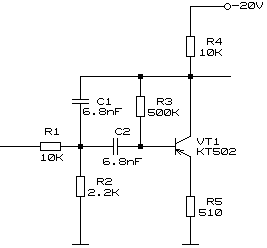
Вариант 2



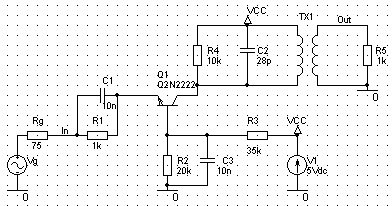
Вариант 3



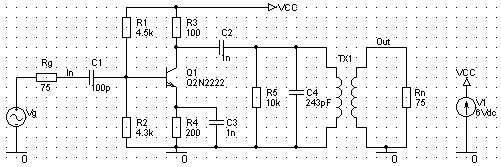
Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6



**2.6 Вопросы к экзамену**

1. Нелинейная модель полупроводникового диода.

2. Расчет параметров модели диода (графо-аналитический метод).

3. Расчет параметров модели диода (численный метод).

4. Расчет ВАХ диода.

5. Расчет процесса переключения диода.

6. Модель Эберса-Молла для биполярного транзистора.

7. Расчет параметров модели биполярного транзистора.

8. Расчет ВАХ биполярного транзистора.

9. Нелинейная модель МДП-транзистора.

10. Нелинейная модель полевого транзистора с изолирующим переходом.

11. Линейная малосигнальная модель диода.

12. Линейная малосигнальная модель биполярного транзистора.

13. Линейная малосигнальная модель полевого транзистора с изолирующим переходом.

14. Линейная малосигнальная модель МДП-транзистора.

15. Формы представления математических моделей схемотехнического уровня и численные методы для расчета на ЭВМ переходных процессов.

16. Формы представления математических моделей схемотехнического уровня и численные методы для расчета на ЭВМ статического режима.

17. Формы представления математических моделей схемотехнического уровня и численные методы для расчета на ЭВМ частотных характеристик.

18. Метод наихудшего случая.

19. Метод многопараметрической чувствительности.

20. Метод статистических испытаний.