

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра математики, физики и информатики

Бычкова Т.В.

**Математическое моделирование элементов
электротехнических систем**

Методические рекомендации
по организации самостоятельной работы
студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Брянская область 2018

УДК 519.7:621.3 (076)

ББК 22.18:31.2

Б 95

Бычкова, Т. В. Математическое моделирование элементов электротехнических систем: методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Т. В. Бычкова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 19 с.

Рецензенты:

Безик В.А., к.т.н., доцент, зав. кафедрой электроэнергетики и автоматики

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института энергетики и природопользования, протокол № 6 от 10.04.2018 г.

© Брянский ГАУ, 2018

© Бычкова Т.В. 2018

Оглавление

Введение	4
1. Структура и содержание дисциплины	5
2. Контрольные задания и критерии оценки	6
2.1 Контрольные вопросы.....	6
2.2 Тестовые задания.....	7
2.3 Темы для докладов и рефератов	12
2.4 Критерии оценки	13
3. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	16
3.1 Рекомендуемая литература.....	16
3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	18
3.3 Перечень программного обеспечения.....	18

Введение

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов являются обязательной частью учебно-методических комплексов учебных дисциплин, реализуемых в ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, в том числе и по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Цель изучения дисциплины является расширение знаний у магистров по математическому моделированию, изучение методов математического моделирования, применяемых для создания и решения математических моделей электротехнических систем.

Цель методических рекомендаций для самостоятельной работы студентов – определить роль и место самостоятельной работы в учебном процессе; конкретизировать ее уровни, формы и виды; обобщить методы и приемы выполнения определенных видов учебных заданий; объяснить критерии оценивания.

Главной целью профессионального образования является подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности. Решение поставленных задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов в освоении учебного материала, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студентов – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (возможно частичное участие преподавателя при сохранении ведущей роли студентов).

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей профессии, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней.

Формы самостоятельной работы магистрантов разнообразны. Они включают в себя изучение разнообразных литературных источников: учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий, привлечение интернет - ресурсов; а также подготовка докладов и рефератов, подготовка выступлений для мини-конференций по конкретной дисциплине и участие в работе студенческих конференций, в комплексных научных исследованиях различного уровня.

1. Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование элементов электротехнических систем»

Раздел 1 Общие вопросы моделирования

- 1.1 Понятие модели, моделирования
- 1.2 Математические модели и их виды. Классификация моделей
- 1.3 Элементы теории графов, теории массового обслуживания
- 1.4 Имитационное моделирование. Метод Монте-Карло

Раздел 2 Моделирование типовых электротехнических систем

- 2.1 Моделирование линейных элементов: резисторы, катушки, конденсаторы
- 2.2 Моделирование нелинейных элементов: диоды, тиристоры, транзисторы
- 2.3 Математические модели сложных элементов: модель ЛЭП, трансформаторы, электродвигатели

Раздел 3 Методы исследования математических моделей

- 3.1 Вычислительные методы алгебры
- 3.2 Методы решения дифференциальных уравнений
- 3.3 Моделирование переходных процессов в электрических цепях: классический метод; операторный метод; метод переменных состояния
- 3.4 Исследование методов схемотехнического и структурного (функционального) моделирования

Раздел 4 Инструментальные среды и пакеты прикладных программ, используемые при математическом моделировании ЭТС

- 4.1 Численные методы и методы визуального моделирования, применяющихся в современных средствах моделирования для решения задач анализа устройств и систем
- 4.2 Разработка виртуальной лаборатории в Matlab для исследования электронных устройств
- 4.3 Модель двигателя постоянного тока и модель асинхронного двигателя, их исследование и модернизация в Matlab/Simulink

2. Контрольные задания и критерии оценки

2.1 Контрольные вопросы

1. Какое свойство модели является фундаментальным?
2. Как классифицируются модели?
3. По каким признакам различают переменные в математических моделях?
4. Чем различаются прямые и обратные задачи исследования объекта при его моделировании?
5. Как подразделяются дискретные переменные в математических моделях?
6. Поясните свойство адекватности математической модели.
7. Назовите попарно противоположные свойства объектов с точки зрения моделирования.
8. Что представляют собой математические модели на микроуровне?
9. Что представляют собой математические модели на макроуровне?
10. Что представляют собой математические модели на мета-уровне?
11. Приведите математические модели линейных элементов типовых ЭТС
12. Приведите математические модели нелинейных элементов типовых ЭТС
13. Приведите математические модели сложных элементов типовых ЭТС
14. Что представляют собой условное изображение и схема замещения для элементов электротехнических систем?
15. Какие математические модели используются для моделирования электрической сети?
16. Какие дифференциальные уравнения описывают элементы электротехнических систем?
17. Как заменяется дифференциальное уравнение с помощью преобразований Лапласа?
18. Что представляет собой передаточная функция линейной системы?
19. Что представляет собой структурная схема?
20. Как задается граф? Какой граф называется связным?
21. Что называется деревом, хордой графа?
22. Поясните термин «аналоговое моделирование».
23. Поясните термин «имитационное моделирование»
24. Поясните термин «численное моделирование»
25. Поясните термин «аналитическое моделирование»
26. Поясните термин «функциональное моделирование»
27. Поясните термин «функционально-логическое моделирование».
28. Что такое топологическая модель электронной схемы? К какому классу моделей она может быть отнесена.
29. Поясните что такое непрерывные и дискретные математические модели.
30. Поясните термин «натурное моделирование»
31. Поясните термин «физическое моделирование»
32. Поясните термин «схемотехническое моделирование»

2.2 Тестовые задания

1. Модель это

- а) замещение (оригинала) объекта другим (копией);
- б) копия объекта;
- в) описание объекта;
- г) чертеж объекта.

2. Моделирование – это ...

- а) процесс создания модели
- б) формальное описание процессов и явлений
- в) метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей
- г) наблюдение модели

3. Основная функция модели

- а) получить информацию о моделируемом объекте
- б) отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- в) Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта
- г) воспроизвести физическую форму объекта

4. Могут ли разные объекты быть описаны одной моделью?

- 1. да
- 2. нет

5. Какая модель является результатом процесса формализации:

- 1. описательная
- 2. математическая
- 3. предметная
- 4. логическая

6. Какие модели воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальной форме?

- 1. информационные
- 2. иерархические
- 3. сетевые
- 4. предметные

7. Параметры модели и их значения отражают

- а) контекст модели;
- б) тип модели;
- в) структуру и принципы функционирования;
- г) отношения между человеком и моделью.

8. Математические модели относятся к классу

- а) Изобразительных моделей
- б) Прагматических моделей
- в) Познавательных моделей
- г) Символических моделей

9. Математическая модель представляет собой

- а) математическое выражение;
- б) формализованное представление системы с помощью математических соотношений, отражающих процесс функционирования системы;
- в) математический аппарат;
- г) математическую логику.

10. При построении математической модели нельзя использовать

- а) дифференциальное исчисление;
- б) алгебру;
- в) теорию алгоритмов;
- г) тезис Черча.

11. Методами математического моделирования являются

- а) Аналитический
- б) Числовой
- в) Аксиоматический и конструктивный
- г) Имитационный

12. Какая форма математической модели отображает предписание системы операций над исходными данными для получения результата:

- а) Аналитическая
- б) Графическая
- в) Цифровая
- г) Алгоритмическая

13. Объект, состоящий из вершин и ребер, которые между собой находятся в некотором отношении, называют...

- а) Системой
- б) Чертежом
- в) Структурой объекта
- г) Графом

14. Изменение состояния объекта отображается в виде

- а) Статической модели
- б) Детерминированной модели
- в) Динамической модели
- г) Стохастической модели

15. Погрешность математической модели связана с ...

- а) Несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима
- б) Неадекватностью модели
- в) Неэкономичностью модели
- г) Неэффективностью модели

16. Имитационное моделирование это

- а) модель анализируется на компьютере;
- б) относится к численным методам;
- в) замена реального объекта множеством алгоритмов;
- г) анализируемая динамическая система заменяется имитатором и с ним производятся эксперименты для получения сведений об изучаемой системе

17. Планирование эксперимента необходимо для

- а) Точного предписания действий в процессе моделирования
- б) Выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью
- в) Выполнения плана экспериментирования на модели
- г) Сокращения числа опытов

18. Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей

- а) Универсальностью
- б) Неопределенностью
- в) Неизвестностью
- г) Случайностью

19. Модели, описывающие состояние системы в определенный момент времени, называются ...

- 1. динамическими информационными моделями
- 2. статическими информационными моделями
- 3. предметными моделями
- 4. образными информационными моделями

20. Модель может быть построена ...

1. для объекта или явления
2. для объекта или процесса
3. для объекта, процесса или явления
4. для любого объекта

21. Для одного объекта ...

1. могут быть построены только две модели: аналитическая и имитационная
2. не может существовать больше одной модели
3. из всех построенных моделей только одна может быть адекватной
4. может быть построено несколько моделей

22. На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится...

1. предметная модель
2. формализованная модель
3. компьютерная модель
4. описательная информационная модель

23. Как выполняют линеаризацию нелинейных уравнений?

- 1) При малых отклонениях всех независимых переменных от установленных значений на основе разложения в ряд Тейлора.
- 2) Приведением уравнения, описывающего САР к стандартной форме записи.
- 3) Заменой исходной нелинейной зависимости отрезком касательной, проведенной к ней в начальной точке.
- 4) Заменой исходной нелинейной зависимости отрезком касательной, проведенной к ней в точке, соответствующей номинальному режиму.
- 5) При малых отклонениях всех независимых переменных от номинальных значений на основе разложения в ряд Тейлора.
- 6) Разложением в ряд Тейлора.

24. Принцип суперпозиции применим для уравнений?

- 1) Линейных.
- 2) Нелинейных.
- 3) Дифференциальных.
- 4) Интегральных.
- 5) Не имеющих разрывов 1-го рода.
- 6) Не имеющих разрывов 2-го рода.
- 7) Нет правильных ответов.

25. Схема, в которой каждой математической операции преобразования сигнала соответствует определенное динамическое звено, называется?

- 1) Структурной.
- 2) Функциональной.
- 3) Принципиальной.
- 4) Типовой.
- 5) Упрощенной.

26. Схема, дающая представление о характере преобразования сигнала в системе как при статическом, так и динамическом процессах, называется?

- 1) Структурной.
- 2) Функциональной.
- 3) Принципиальной.
- 4) Типовой.
- 5) Упрощенной.

27. Признаком линейности функционального элемента является?

- 1) Постоянство коэффициента усиления во всем диапазоне изменения входного сигнала.
- 2) Постоянство коэффициента усиления на отдельных участках изменения входного сигнала.
- 3) Непостоянство коэффициента усиления во всем диапазоне изменения входного сигнала.
- 4) Наличие разрывов 1-го рода на статической характеристике.
- 5) Монотонность статической характеристики.
- 6) Не монотонность статической характеристики.

2.3 Темы для докладов и рефератов

1. Функционально-логическое моделирование электронных схем.
2. Моделирование микропроцессорных устройств и систем.
3. Моделирование компьютерных систем
4. Моделирование компьютерных сетей
5. Информационно-физическое моделирование
6. Электромагнитное моделирование.
7. Промышленное моделирование.
8. Моделирование технологических процессов микроэлектроники.
9. Моделирование технологических процессов наноэлектроники.
10. Моделирование приборов оптоэлектроники (фотоники, голографии).
11. Моделирование приборов интегральной и волоконной оптики.
12. Моделирование наноструктур.
13. Цифровое моделирование ЭТС.
14. Моделирование систем электропривода.
15. Применение имитационного моделирования при проведении эксперимента.

2.4 Критерии оценки

Критерии оценки компетенций

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Математическое моделирование элементов электротехнических систем» проводится в соответствии с Уставом Университета, Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов по программам ВО. Промежуточная аттестация по дисциплине «Математическое моделирование элементов электротехнических систем» проводится в соответствии с рабочим учебным планом в третьем семестре в форме зачета с оценкой. Студенты допускаются к зачету по дисциплине в случае выполнения им учебного плана по дисциплине: выполнения всех заданий и мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Оценка знаний студента на экзамене носит комплексный характер, является балльной и определяется выполнением предусмотренных рабочей программой дисциплины индивидуальных практических заданий, выполнением реферата, выступлением на мини-конференции с докладом в виде презентации, ответом на зачете; активной работой на занятиях и т.п.

Знания, умения, навыки студента на экзамене оцениваются оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Пример оценивания студента на экзамене по дисциплине «Математическое моделирование элементов электротехнических систем»

Знания, умения, навыки студента на зачете оцениваются оценками: «отлично» - 21-25, «хорошо» - 16-20, «удовлетворительно» - 11-15, «неудовлетворительно» - меньше 11 баллов.

Критерии оценки на зачете с оценкой

Результат зачета	Критерии
«отлично», высокий уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов расчетов или экспериментов

«хорошо», повышенный уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента
«удовлетворительно», пороговый уровень	Обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой
«неудовлетворительно», уровень не сформирован	При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

Основная оценка, идущая в ведомость, студенту выставляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой. Основой для определения оценки служит уровень усвоения студентами материала, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

Оценивание студента по балльно-рейтинговой системе дисциплины «Математическое моделирование элементов электротехнических систем»:

Активная работа на практических занятиях оценивается по выполнению индивидуальных практических заданий числом в интервале от 0 до 10 по формуле:

$$\text{Оц.активности} = \frac{\text{Пр.активн.}}{\text{Пр.общее}} * 10 \quad (1)$$

где *Оц. Активности* – оценка за активную работу;

Пр.активн – количество практических индивидуальных заданий, которые студент выполнил;

Пр.общее — общее количество практических индивидуальных заданий по изучаемому предмету.

Максимальная оценка, которую может получить студент за активную работу на практических занятиях, равна 10.

Результаты тестирования оцениваются действительным числом в интервале от 0 до 5 по формуле:

$$\text{Оц.тестир} = \frac{\text{Число правильных ответов}}{\text{Всего вопросов в тесте}} * 5 \quad (2)$$

где *Оц.тестир.* - оценка за тестирование.

Максимальная оценка, которую студент может получить за тестирование равна 3.

Оценка за зачет выставляется по результатам выступления с докладом и оценивания реферата и соответствует максимум 10 баллов.

Общая оценка знаний по курсу строится путем суммирования указанных выше оценок:

$$\text{Оценка} = \text{Оц.} + \text{Оц.тестир} + \text{Оц.зачет}$$

Ввиду этого общая оценка представляет собой действительное число от 0 до 25. Отлично – 25- 21 баллов, хорошо – 20-16 баллов, удовлетворительно – 15-11 баллов, не удовлетворительно – меньше 11 баллов. (Для перевода оценки в 100 бальную шкалу достаточно ее умножить на 4).

3. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

3.1 Рекомендуемая литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство	Кол-во
Основная литература				
Л1.1	Лыкин А.В.	Математическое моделирование электрических систем и их элементов http://www.studmed.ru/lykin-av-matematicheskoe-modelirovanie-elektricheskikh-sistem-i-ih-elementov_3951940ff2f.html#	Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. 228 с.	ЭБС
Л1.2	Трусов П.В., Ашихмин В.Н.	Введение в математическое моделирование https://rucont.ru/efd/178033	М.: Логос, 2007. 439 с.	ЭБС
Л1.3	Букреев В.Г., Зайцев А.П., Богданов А.А.	Моделирование в электроприводе (Часть 1) https://ru.b-ok.cc/book/3152955/50f5e8	Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2002. 114 с.	ЭБС
Л1.4	Кубланов М.С.	Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Ч. I. Моделирование систем и процессов. http://bourabai.ru/library/Kublanov2004.pdf	М.: МГТУ ГА, 2004. 108 с.	ЭБС
Л1.5	Фурсов В.Б.	Моделирование электропривода https://e.lanbook.com/reader/book/121467/#1	СПб: Лань, 2019. 220 с.	ЭБС
Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство	Кол-во
Л2.1	Тарасик В.П.	Математическое моделирование технических систем. https://e.lanbook.com/book/4324 .	Минск: Новое знание, 2013. 584 с.	ЭБС
Л2.2	Голубева Н.В.	Математическое моделирование систем и процессов. https://e.lanbook.com/book/76825	СПб: Лань, 2016. 192 с.	ЭБС
Л2.3	Шилин А.Н., Крутякова О.А.	ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ https://monographies.ru/en/book/view?id=265	Академия Естественных наук, 2013.	ЭБС

Л2.4	Чикуров Н.Г.	Моделирование систем и процессов: учеб. пособие для вузов	М.: РИОР; Инфра- М, 2013. 398 с.	10
Л2.5	Васильков Ю.В.	Компьютерные технологии вычисле- ний в математическом моделировании: учеб. пособие для вузов	М.: Финансы и ста- тистика, 2004. 256 с.	30
Л2.6	Мелихова Е.В.	Применение комплексов программ Mathcad для решения задач математи- ческого моделирования: учеб. пособие. https://e.lanbook.com/book/100828 .	Волгоград: Волго- градский ГАУ, 2016. 140 с.	ЭБС
Л2.7	Терехин В.Б.	Моделирование систем электроприво- да в Simulink (Matlab 7.0.1) https://ru.b-ok.cc/book/3352456/aa7faa	Томск: Изд-во Том- ского политехниче- ского университета, 2008. 320 с.	ЭБ С
Методические пособия				
	Авторы, соста-	Заглавие	Издательство, год	Кол
Л3.1	Петракова Н.В.	Основы математического моделирова- ния. Модели. Методы. Примеры	Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 162 с.	10
Л3.2	Петракова Н.В., Везу- бова Н.А., Бе- зик Д.А., Жи- ряков А.В.	Решение прикладных задач средствами табличного процессора: электронное учебно-методическое пособие http://www.bgsha.com/upload/iblock/8ae/ petrakova-eup.pdf	Государственная академия наук Российская академия образования Институт научной информации и мониторинга, объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование», № 18171. 27.04.12. 241 с.	ЭБС

3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Компьютерная информационно-правовая система «КонсультантПлюс»
2. Профессиональная справочная система «Техэксперт»
3. Официальный интернет-портал базы данных правовой информации
<http://pravo.gov.ru/>
4. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://fgosvo.ru/>
5. Портал "Информационно-коммуникационные технологии в образовании"
<http://www.ict.edu.ru/>
6. Web of Science Core Collection политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных
<http://www.webofscience.com>
7. Полнотекстовый архив «Национальный Электронно-Информационный Консорциум» (НЭИКОН) <https://neicon.ru/>
8. Базы данных издательства Springer <https://link.springer.com/>
9. <http://www.go-radio.ru/master.html> (сайт содержит программы и методы устранения неисправностей)
10. <http://madelectronics.ru/>
11. <http://de.ifmo.ru/~lav/cs/EWorkBench/index.html> (моделирование логических схем в "Electronics Workbench")
12. <http://radio-hobby.org/>
13. «Техэксперт» Профессиональная справочная система

3.3 Перечень программного обеспечения

Операционная система Microsoft Windows 10 Professional Russian
Офисное программное обеспечение Microsoft Office 2010 Standart
Офисное программное обеспечение Microsoft Office 2016 Standart
Офисное программное обеспечение OpenOffice
Офисное программное обеспечение LibreOffice
Программа для распознавания текста ABBYY Fine Reader 11
Программа для просмотра PDF Foxit Reader
Mathcad 15 M030
Matlab+Simulink R2009a
NI Multisim 2010

Учебное издание

Бычкова Татьяна Викторовна

**Математическое моделирование элементов
электротехнических систем**

Методические рекомендации
по организации самостоятельной работы
студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 08.11.2019 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. 1,10. Тираж 25 экз. Изд. № 6534.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ