

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности  
  
А.А. Панфилов  
« 24 » 06 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах  
электроэнергетики»

**Направление подготовки** 13.04.02 – электроэнергетика и электротехника

**Программа подготовки** – оптимизация электроэнергетических сетей

**Уровень высшего образования** – магистратура

**Форма обучения** – заочная

Семестр	Трудоемкость, зач. ед./час	Лекций, час	Практич. занятий, час	СРС, час	Форма проме- жуточн. контроля (экз/зачёт)
Четвёртый	4/144	2	4	138	зачёт
Итого	4/144	2	4	138	зачёт

Владимир – 2016

Год начала подготовки – 2016

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** освоения дисциплины являются: формирование готовности генерировать и использовать новые идеи, способности находить творческие решения профессиональных задач, готовности принимать нестандартные решения; формирование готовности решать инженерно-технические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения, способности применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности, готовности использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора устройств электротехнического и электроэнергетического оборудования, готовности решать инженерно-технические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» относится к дисциплинам вариативной части направления подготовки магистров «Электроэнергетика и электротехника» программы «Оптимизация электроэнергетических сетей». Дисциплина логически и содержательно- методически тесно связана с рядом теоретических и практических дисциплин и практик общенаучной направленности.

Дисциплина «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» базируется на таких дисциплинах, как «дополнительные главы математики», «специальные главы теоретической электротехники». Знания, приобретённые магистрантами при изучении дисциплины «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» необходимы им для изучения дисциплин: «Электронная аппаратура и релейная защита электроэнергетики», «Электроснабжение промышленных предприятий».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### 1) Знать:

- современные методы исследования и моделирования (ОПК-2);
- методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений (ПК-7);
- методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-8).

### 2) Уметь:

- формулировать цели и задачи исследования, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);
- оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2);
- интерпретировать и представлять результаты научных исследований (ПК-1);

- самостоятельно выполнять исследования (ПК-2);
- оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности (ПК-3);
- подготавливать первичные материалы к регистрации программ для электронных вычислительных машин (ПК-4);
- проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений (ПК-5);
- формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства (ПК-6);
- осуществлять технико-экономическое обоснование проектов (ПК-11);
- реализовывать различные виды учебной работы (ПК-21);
- проводить испытания оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности (ПК-22);
- определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники (ПК-26).

### 3) Владеть:

- способностью к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации (ОК-1);
- способностью действовать в нестандартных ситуациях (ОК-2);
- способностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);
- способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности (ОПК-4);
- способностью выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности (ПК-9);
- способностью управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности (ПК-10);
- готовностью применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности (ПК-23);
- способностью принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения (ПК-24);
- способностью разработки программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем (ПК-25).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объём учебной работы с приме- нением интерак- тивных методов (в часах / %)	Формы теку- щего контро- ля успеваемо- сти (по неделям семестра), форма про- межуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практические заня- тия	Лабораторные рабо- ты	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Понятие об электрофизических процессах, классификация методов их математического и компьютерного моделирования	4		0,5					11		
2	Схемотехнические методы, основанные на топологических понятиях и соотношениях	4		0,5					12		
3	Построение сигнальных графов простейших цепей силовой электроники	4			0,5				12	0,5/100%	
4	Построение структурных схем простейших цепей силовой электроники в ПО имитационного моделирования	4			0,5				12	0,5/100%	
5	Построение структурных схем магнитных цепей трансформаторов в ПО имитационного моделирования	4			0,5				11	0,5/100%	
6	Построение структурных схем трансформаторов в ПО имитационного моделирования	4			0,5				12	0,5/100%	
7	Построение структурных схем, моделирующих и отображающих энергетические параметры	4			0,5				11	0,5/100%	

	моделируемых устройств									
8	Проведение вычислительных экспериментов с разработанными структурными моделями	4					12			
9	Постановка задач анализа физических полей на основе дифференциальных уравнений в частных производных	4		1			11			
10	Реализация моделей физических полей в математическом ПО	4			0,5		12		0,5/100%	
11	Методы расчёта интегральных параметров физических полей и их реализация в математическом ПО	4			0,5		11		0,5/100%	
12	Комбинирование пространственно-распределённого и интегрального уровней моделирования электрофизических процессов	4			0,5		11		0,5/100%	
Всего				2	4		138		4/66%	Зачёт

### Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов предусматривает самостоятельную подготовку по сбору, систематизации и обработке материала из предложенного списка литературы (и дополнительной литературы) к практическим занятиям, зачёту. Сюда включается также самостоятельное выполнение контрольной работы и РГР. Учебным планом предусмотрена одна контрольная работа на тему «Структурное моделирование пуска однофазного трансформатора с учётом насыщения магнитопровода» и одна расчётно-графическая работа на тему «Моделирование пуска двухполупериодного диодного выпрямителя с нелинейным индуктивным и ёмкостным фильтром».

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные и практические занятия проводятся в компьютерном классе, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Проведение практических занятий сопровождается демонстрацией компьютерных файлов, содержащих теоретическую часть, а также алгоритмы и вычислительные технологии решения задач. Интерактивные формы – компьютерные симуляции, а также разбор ситуаций, связанных с изменением

исходных данных решаемых задач. Контроль текущей успеваемости и самостоятельной работы студентов производится в форме опросов. Перечни контрольных вопросов представлены ниже.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи со специалистами, работающими в области электроэнергетики и электротехники.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля**

Контрольные вопросы по СРС.

1. Какие процессы называют электрофизическими? Что изучает электрофизика как наука?
2. Чем отличаются друг от друга методы математического моделирования электрофизических процессов на интегральном и пространственно- распределённом уровне?
3. Чем отличаются друг от друга методы математического моделирования электрофизических процессов во временной и в частотной области?
4. Чем отличаются друг от друга схемотехнические и структурные методы моделирования?
5. На каких соотношениях основан нелинейный метод узловых потенциалов?
6. На каких соотношениях основан нелинейный метод напряжений ветвей дерева?
7. На каких соотношениях основан нелинейный метод контурных токов?
8. В чём заключается принципиальное отличие статических и динамических режимов работы электрических цепей с точки зрения математического моделирования?
9. На каких матричных соотношениях базируется нелинейный метод переменных состояния применительно к электрическим цепям?
10. На какие группы нужно разбивать ветви цепи, чтобы автоматизировать построение матричных уравнений относительно переменных состояния?
11. Почему для представления всей системы уравнений Кирхгофа достаточен только блок матрицы главных сечений, относящийся только к ветвям связи?
12. Почему для автоматизации построения матричных уравнений относительно переменных состояния блок матрицы главных сечений, относящийся только к ветвям связи, нужно разбивать на 9 блоков?

13. Какой вид имеют матричные дифференциальные уравнения линейных электрических цепей относительно потокосцеплений индуктивных элементов и зарядов ёмкостных элементов?
14. Как вычисляются блоки матрицы коэффициентов и матрицы входов в линейных уравнениях относительно переменных состояния?
15. Как выражаются токи и напряжения ветвей через переменные состояния?
16. Какой вид имеет нелинейная схема замещения магнитной цепи однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния?
17. Какой вид имеют уравнения потоков и магнитных напряжений для магнитной цепи однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния?
18. Какой вид имеет сигнальный граф электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния, без учёта магнитного гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода?
19. Какой вид имеет структурная схема (в Simulink) электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния, без учёта магнитного гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода?
20. Каким образом в структурной модели однофазного трансформатора учитываются вихревые токи в пластинах магнитопровода?
21. Какой вид имеет сигнальный граф электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта магнитного гистерезиса?
22. Какой вид имеет структурная схема (в Simulink) электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта магнитного гистерезиса?
23. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего электроэнергию, потреблённую объектом за всё время моделирования?
24. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего средний коэффициент мощности объекта за всё время моделирования?
25. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего усреднённый коэффициент полезного действия объекта за всё время моделирования?
26. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего электроэнергию, потреблённую объектом за последний временной период заданной длительности?
27. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего средний коэффициент мощности объекта за последний временной период заданной длительности?

28. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего усреднённый коэффициент полезного действия объекта за последний временной период заданной длительности?
29. Как влияет нелинейность основной кривой намагничивания материала магнитопровода на форму кривой первичного тока при пуске трансформатора?
30. Как влияет нелинейность основной кривой намагничивания материала магнитопровода на форму кривой первичного тока при пуске трансформатора?
31. Что представляет собой краевая задача анализа физического поля в техническом устройстве?
32. По каким признакам классифицируются уравнения математической физики (PDE) с точки зрения построения математических моделей процессов на пространственно-распределённом уровне и с точки зрения численной реализации в математическом ПО?
33. Что такое одномерные, двумерные, трёхмерные, n-мерные PDE?
34. Что такое стационарные и нестационарные PDE? В каких случаях они применяются при моделировании технических устройств?
35. Чем отличаются друг от друга скалярные, векторные, тензорные, матричные PDE?
36. На каких типовых уравнениях базируется скалярная коэффициентная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
37. На каких типовых уравнениях базируется матричная коэффициентная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
38. На каких типовых уравнениях базируется скалярная «генеральная» форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
39. На каких типовых уравнениях базируется матричная «генеральная» форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
40. На каких типовых уравнениях базируется ослабленная проекционная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
41. Какие типы геометрических объектов поддерживаются в 1D и 2D моделях в COMSOL Multiphysics?
42. Какие типы геометрических объектов поддерживаются в 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
43. Какие типы подобластей поддерживаются в 1D, 2D и 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
44. Какие типы переменных поддерживаются в 1D, 2D и 3D моделях в COMSOL Multiphysics?



45. Какие технологии расчёта интегральных параметров физических полей поддерживаются в моделях COMSOL Multiphysics?
46. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в линейной «лестничной» электрической цепи с 5 резистивными, 4 индуктивными, 4 ёмкостными элементами, основанную на методе переменных состояния, с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
47. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в нелинейной мостовой электрической цепи (диодного выпрямителя с таблично заданными ВАХ диодов) с резистивной нагрузкой, индуктивным и ёмкостным фильтром, основанную на методе переменных состояния, с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
48. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в нелинейной электрической цепи диодно- конденсаторного умножителя напряжения с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
49. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в линейной «лестничной» электрической цепи с 5 резистивными, 4 индуктивными, 4 ёмкостными элементами, основанную на методе переменных состояния.
50. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в нелинейной мостовой электрической цепи (диодного выпрямителя с таблично заданными ВАХ диодов) с резистивной нагрузкой, индуктивным и ёмкостным фильтром, основанную на методе переменных состояния.
51. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в нелинейной электрической цепи диодно- конденсаторного умножителя напряжения.
52. Составить структурную Simulink- модель электромагнитных процессов в однофазном трансформаторе с учётом нелинейности магнитной цепи, потока рассеяния, но без учёта гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода.
53. Составить структурную Simulink- модель электромагнитных процессов в однофазном трансформаторе с учётом нелинейности магнитной цепи, потока рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта гистерезиса.
54. Составить 1D COMSOL-модель распространения волны тока и напряжения вдоль двухпроводной линии. К чему приведёт появление неоднородностей вдоль линии?
55. Составить 1D COMSOL-модель распространения волны тока и напряжения вдоль четырёхпроводной линии (один провод считать общим, т.е. «массой»).
56. Составить 1D COMSOL-модель поверхностного эффекта в жиле и оболочке коаксиального кабеля в пространственно- частотной форме.

57. Составить 2D COMSOL-модель поверхностного эффекта в жиле и оболочке коаксиального кабеля в пространственно- частотной форме.
58. Составить 2D COMSOL-модель эффекта близости двух жил в кабеле в пространственно- частотной форме.
59. Составить 2D COMSOL-модель системы поперечных электрических параметров силового кабеля с полупроводящими электростатическими экранами.
60. Составить 2D COMSOL-модель системы продольных электрических параметров силового кабеля (влиянием земли пренебречь, общим проводником считать металлическую оболочку кабеля).

## **6.2. Вопросы к зачёту**

1. Понятие об электрофизических процессах.
2. Краткая классификация методов математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов.
3. Нелинейная формулировка метода узловых потенциалов для анализа статических режимов электрических цепей.
4. Нелинейная формулировка метода напряжений ветвей дерева для анализа статических режимов электрических цепей.
5. Нелинейная формулировка метода контурных токов для анализа статических режимов электрических цепей.
6. Нелинейная формулировка метода переменных состояния применительно к электрическим цепям с сосредоточенными параметрами.
7. Формирование уравнений относительно переменных состояния с помощью топологических соотношений теории цепей.
8. Линейная формулировка метода переменных состояния применительно к электрическим цепям с сосредоточенными параметрами с матричными определяющими выражениями для матриц коэффициентов, входов, выходов и обходов.
9. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
10. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного однополупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром.
11. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного двухполупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
12. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного двухполупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром.

13. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного трёхпульсного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
14. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного трёхпульсного выпрямителя с индуктивным фильтром.
15. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного шестипульсного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
16. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного шестипульсного выпрямителя с индуктивным фильтром.
17. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink, соответствующую электромагнитной схеме замещения однофазного трансформатора.
18. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего активную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии.
19. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего реактивную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии по «площади вольт-амперной характеристики».
20. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего реактивную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии по «площади вебер-кулонной характеристики».
21. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего полную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии.
22. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего действующее значение периодической величины.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Бадалян, Нораир Петикович. Анализ установившихся режимов электроэнергетической системы и методы их расчетов : учебное пособие / Н. П. Бадалян ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ) .— Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2013 . — 122 с.: ил. — Библиогр.: с. 120-121. - ISBN 978-5-9984-0333-0. – <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2730/1/01197.pdf>.
2. Королёв А.Л. Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Королёв А.Л. – М. : БИНОМ, 2013. –

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322558.html>. – Электронное издание на основе: Королёв А.Л. Компьютерное моделирование. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] / А.Л. Королёв. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 296 с.: ил. – (Педагогическое образование). – ISBN 978-5-9963-2255-8.

3. Астахов, Владимир Иванович. Квазистационарные электромагнитные поля в проводящих оболочках: [научное издание]/ В. И. Астахов. - Москва: Физматлит, 2013. – 329 с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 318-329. – ISBN 978-5-9221-1494-3.

б) дополнительная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Павловский, Юрий Николаевич. Имитационное моделирование: учебное пособие для вузов по специальностям направления "Прикладная математика и информатика"/ Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 235 с. : ил. – (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика). Библиогр.: с. 231-233. – ISBN 978-5-7695-5765-1.

2. Булавин, Леонид Анатольевич. Компьютерное моделирование физических систем: учебное пособие/ Л. А. Булавин, Н. В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 349 с. : ил. Библиогр. в конце гл. – ISBN 978-5-91559-101-0.

3. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений: учебно-справочное руководство: пер. с англ./ Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель; перевод под ред. И. П. Кужекина. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 517 с. : ил. – Библиогр. в конце гл. – ISBN 978-5-91559-053-2.

4. Рыбачук А.М., Чернышов Г.Г. Математическое моделирование физических процессов в дуге и сварочной ванне [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Рыбачук А.М., Чернышов Г.Г. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703829417.html>. - Электронное издание на основе: Математическое моделирование физических процессов в дуге и сварочной ванне: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 74 с.: ил. – ISBN 978-5-7038-2941-7.

5. И.П. Белоедова, Ю.В. Елисеев, Е.С. Колечицкий, В.Н. Моисеев, А.И. Плис, А.Г. Ратьковский, А.А. Филиппов, В.Н. Шульгин. Расчет электрических полей устройств высокого напряжения [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / И.П. Белоедова, Ю.В. Елисеев, Е.С. Колечицкий и др.; под ред. Е.С. Колечицкого. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000724.html>. – Электронное издание на основе: Расчет электрических полей устройств высокого напряжения: учебное пособие для вузов / И.П. Белоедова, Ю.В. Елисеев, Е.С. Колечицкий и др.; под ред. Е.С. Колечицкого. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 248 с.: ил. – ISBN 978-5-383-00072-4.

6. Голубева, Нина Викторовна. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта/ Н. В. Голубева. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 191 с. : ил.. - (Учебники для вузов. Специальная литература). – Библиогр.: с. 176-179. – Предм. указ.: с. 180-188. – ISBN 978-5-8114-1424-6.

в) периодические издания (фонд библиотеки ВлГУ):

1. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий».
2. Журнал «Вестник РАН».
3. Журнал «Вычислительные технологии».
4. Журнал «Квант».
5. Журнал «Успехи математических наук».

г) Internet-ресурсы:

1. [http://www.electroclub.info/article/comp\\_modeling.htm](http://www.electroclub.info/article/comp_modeling.htm)
2. [http://dSPACE.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22121/06\\_42\\_000958.pdf](http://dSPACE.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22121/06_42_000958.pdf)
3. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ED461.pdf>
4. [http://inductor-jmag.ru/programmy\\_dlja\\_modelirovanija\\_jelektromagnitnyh\\_i\\_teplovyh\\_zadach\\_v\\_2d\\_i\\_3d/](http://inductor-jmag.ru/programmy_dlja_modelirovanija_jelektromagnitnyh_i_teplovyh_zadach_v_2d_i_3d/)
5. [https://www.comsol.ru/shared/downloads/IntroductionToCOMSOLMultiphysics\\_5.2\\_ru.pdf](https://www.comsol.ru/shared/downloads/IntroductionToCOMSOLMultiphysics_5.2_ru.pdf)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для выполнения РГР, контрольной работы, а также практических занятий студенты могут воспользоваться компьютерным классом кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с применением офисного и математического ПО. Основным математическим ПО является система инженерных и научных расчётов MATLAB. Кроме ядра этой системы на компьютерах лаб. 519-3 установлен также пакет расширения, применяемый для выполнения аналитических операций с символическими математическими объектами: Symbolic Math Toolbox. Имеется также подсистема имитационного моделирования Simulink.

Для моделирования электрофизических процессов на пространственно- распределённом уровне установлен лицензионный программный комплекс COMSOL Multiphysics.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рабочую программу составил: Шмелёв В.Е., к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электроэнергетика» (ЭтЭн).

*Шмелёв В.Е.*

Рецензент: Начальник проектного отдела ООО "МФ-Электро"

Чебрякова Ю.С.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол № 14 от 24.06.2016.

Заведующий кафедрой

*Сбитнев С.А.*

Сбитнев С.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» 24 июня 2016 года.

Протокол № 14 от 24.06.2016.

Председатель комиссии


*Сбитнев С.А.*

Сбитнев С.А.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Кафедра электротехники и электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

  
подпись С.А.Сбитнев  
инициалы, фамилия

« 24 » 06 2016

Основание:  
решение кафедры  
от « 24 » 06 2016

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ  
ПРИ ИЗУЧЕНИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах  
электроэнергетики

---

наименование дисциплины

13.04.02-электроэнергетика и электротехника  
код и наименование направления подготовки

Оптимизация электроэнергетических сетей  
наименование профиля подготовки

магистратура  
Уровень высшего образования

Владимир, 2016

заочное, 2016

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств (ФОС) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» разработан в соответствии с рабочей программой, входящей в ОПОП направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль подготовки «Оптимизация электроэнергетических сетей»

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Понятие об электрофизических процессах, классификация методов их математического и компьютерного моделирования	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
2	Схемотехнические методы, основанные на топологических понятиях и соотношениях	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
3	Построение сигнальных графов простейших цепей силовой электроники	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
4	Построение структурных схем простейших цепей силовой электроники в ПО имитационного моделирования	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4,	Вопросы к СРС и зачёту



		ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	
5	Построение структурных схем магнитных цепей трансформаторов в ПО имитационного моделирования	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
6	Построение структурных схем трансформаторов в ПО имитационного моделирования	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
7	Построение структурных схем, моделирующих и отображающих энергетические параметры моделируемых устройств	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
8	Проведение вычислительных экспериментов с разработанными структурными моделями	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
9	Постановка задач анализа физических полей на основе дифференциальных уравнений в частных про-	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1,	Вопросы к СРС и зачёту

	ИЗВОДНЫХ	ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	
10	Реализация моделей физических полей в математическом ПО	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
11	Методы расчёта интегральных параметров физических полей и их реализация в математическом ПО	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту
12	Комбинирование пространственно- распределённого и интегрального уровней моделирования электрофизических процессов	ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26, ПК-21	Вопросы к СРС и зачёту

Комплект оценочных средств по дисциплине «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» предназначен для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы, в том числе рабочей программы дисциплины «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики», для оценивания ре-

зультатов обучения: знаний, умений, владений и уровня приобретённых компетенций.

Комплект оценочных средств по дисциплине «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» включает:

1. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости:

– комплект вопросов для самостоятельной работы студентов как система стандартизированных знаний, позволяющая провести процедуру измерения уровня знаний и умений обучающихся.

2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме

– контрольные вопросы для проведения зачёта.

**Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» при освоении образовательной программы по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

<b>ОК-1</b> способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Способы построения абстрактных математических моделей электрофизических процессов на объектах электротехники и электроэнергетики	Абстрактно мыслить, обобщать, анализировать, систематизировать	Способностью к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации
<b>ОК-2</b> способностью действовать в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Способы моделирования нестандартных ситуаций на объектах электротехники и электроэнергетики	Действовать в нестандартных ситуациях на основе опыта их моделирования	Способами моделирования нестандартных ситуаций на объектах электротехники и электроэнергетики
<b>ОК-3</b> способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Способы поиска источников знаний по интересующим вопросам в различных информационных пространствах (электронные ресурсы, литература и др.)	Адекватно воспринимать найденную информацию и применять её в целях самообразования	Навыками саморазвития, самореализации, использования творческого потенциала
<b>ОПК-1</b> способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Цели и задачи применения методов математического и компьютерного моделирования для исследования объекта электроэнергетики	Применять методы математического и компьютерного моделирования для исследования объекта электроэнергетики	Навыками применения компьютерных моделей для решения задач электроэнергетики

<b>ОПК-2</b> способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Современные методы исследования, оценивания и представления результатов выполненной работы с помощью математических и компьютерных моделей	Применять современные методы исследования режимов работы объектов электроэнергетики с помощью математических и компьютерных моделей	Методами оценивания и представления результатов выполненной работы с помощью математических и компьютерных моделей
<b>ОПК-4</b> способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Современные методы математического и компьютерного моделирования для исследования электрофизических процессов в объектах электроэнергетики	Применять современные методы математического и компьютерного моделирования для исследования электрофизических процессов в объектах электроэнергетики	Современными методами математического и компьютерного моделирования для исследования электрофизических процессов в объектах электроэнергетики
<b>ПК-1</b> способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для планирования и постановки задачи исследования объектов электроэнергетики	Выбирать и применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для планирования и постановки задачи исследования объектов электроэнергетики	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для планирования и постановки задачи исследования объектов электроэнергетики
<b>ПК-2</b> способность самостоятельно выполнять исследования		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для самостоятельного исследования объектов электроэнергетики	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для самостоятельного исследования объектов электроэнергетики	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для самостоятельного исследования объектов электроэнергетики
<b>ПК-3</b> способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для оценивания риска и определения мер по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов электроэнергетики	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для оценивания риска и определения мер по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов электроэнергетики	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для оценивания риска и определения мер по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов электроэнергетики
<b>ПК-4</b> способностью проводить поиск по источникам патентной информации, определять		

патентную чистоту разрабатываемых объектов техники, подготавливать первичные материалы к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для подготовки первичных материалов к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для подготовки первичных материалов к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для подготовки первичных материалов к патентованию изобретений, регистрации программ для электронных вычислительных машин и баз данных
<b>ПК-5</b> готовность проводить экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для проведения экспертизы предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений	Сопоставлять известные технические решения с новым технологическим решением при помощи методов математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для проведения экспертиз предлагаемых проектно-конструкторских решений и новых технологических решений
<b>ПК-6</b> способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов как средства автоматизации проектирования объектов электроэнергетики	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов как средства автоматизации проектирования объектов электроэнергетики	Методами и программами математического моделирования электрофизических процессов в качестве средств автоматизации проектирования объектов электроэнергетики
<b>ПК-7</b> способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для оценки вариантов, разработки и поиска компромиссных решений для объектов электроэнергетики	Сопоставлять известные технические решения с новыми решениями на основе объективных научно-технических оценок, применяя методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений
<b>ПК-8</b> способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы создания и анализа математических и компьютерных моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение	Создавать и анализировать математические и компьютерные модели объектов электроэнергетики	Математическими и компьютерными методами моделирования объектов и аппаратуры электроэнергетики

объектов электроэнергетики		
<b>ПК-9</b> способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для выбора серийных и проектирования новых объектов электроэнергетики	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для выбора серийных и проектирования новых объектов электроэнергетики	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для выбора серийных и проектирования новых объектов электроэнергетики
<b>ПК-10</b> способность управлять проектами разработки объектов профессиональной деятельности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-11</b> способность осуществлять технико-экономическое обоснование проектов		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для технико-экономического обоснования проектов	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для технико-экономического обоснования проектов	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для технико-экономического обоснования проектов
<b>ПК-21</b> способностью к реализации различных видов учебной работы		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для реализации различных видов учебной работы	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для реализации различных видов учебной работы	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для реализации различных видов учебной работы
<b>ПК-22</b> готовность эксплуатировать, проводить испытания и ремонт технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, применяемые в процессе эксплуатации, испытаний и ремонта технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов в процессе эксплуатации, испытаний и ремонта технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, применяемые в процессе эксплуатации, испытаний и ремонта технологического оборудования электроэнергетической и электротехнической промышленности

<b>ПК-23</b> готовность применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов как составляющие средств автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов в средствах автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов как составляющими средств автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности
<b>ПК-24</b> способность принимать решения в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, облегчающие процесс принятия решений в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, облегчающие процесс принятия решений в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, облегчающими процесс принятия решений в области электроэнергетики и электротехники с учетом энерго- и ресурсосбережения
<b>ПК-25</b> способность разработки планов, программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, облегчающие процесс разработки планов, программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, облегчающие процесс разработки планов, программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, облегчающими процесс разработки планов, программ и методик проведения испытаний электротехнических и электроэнергетических устройств и систем
<b>ПК-26</b> способность определять эффективные производственно-технологические режимы работы объектов электроэнергетики и электротехники		
<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
Методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, применяемые для определения эффективных производственно-технологических режимов работы объектов электроэнергетики и электротехники	Применять методы математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов для определения эффективных производственно-технологических режимов работы объектов электроэнергетики и электротехники	Методами математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов, применяемыми для определения эффективных производственно-технологических режимов работы объектов электроэнергетики и электротехники

Вопросы к СРС

1. Какие процессы называют электрофизическими? Что изучает электрофизика как наука?
2. Чем отличаются друг от друга методы математического моделирования электрофизических процессов на интегральном и пространственно-распределённом уровне?
3. Чем отличаются друг от друга методы математического моделирования электрофизических процессов во временной и в частотной области?
4. Чем отличаются друг от друга схемотехнические и структурные методы моделирования?
5. На каких соотношениях основан нелинейный метод узловых потенциалов?
6. На каких соотношениях основан нелинейный метод напряжений ветвей дерева?
7. На каких соотношениях основан нелинейный метод контурных токов?
8. В чём заключается принципиальное отличие статических и динамических режимов работы электрических цепей с точки зрения математического моделирования?
9. На каких матричных соотношениях базируется нелинейный метод переменных состояния применительно к электрическим цепям?
10. На какие группы нужно разбивать ветви цепи, чтобы автоматизировать построение матричных уравнений относительно переменных состояния?
11. Почему для представления всей системы уравнений Кирхгофа достаточен только блок матрицы главных сечений, относящийся только к ветвям связи?
12. Почему для автоматизации построения матричных уравнений относительно переменных состояния блок матрицы главных сечений, относящийся только к ветвям связи, нужно разбивать на 9 блоков?
13. Какой вид имеют матричные дифференциальные уравнения линейных электрических цепей относительно потокосцеплений индуктивных элементов и зарядов ёмкостных элементов?
14. Как вычисляются блоки матрицы коэффициентов и матрицы входов в линейных уравнениях относительно переменных состояния?
15. Как выражаются токи и напряжения ветвей через переменные состояния?
16. Какой вид имеет нелинейная схема замещения магнитной цепи однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния?
17. Какой вид имеют уравнения потоков и магнитных напряжений для магнитной цепи однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния?
18. Какой вид имеет сигнальный граф электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния, без учёта магнитного гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода?
19. Какой вид имеет структурная схема (в Simulink) электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния, без учёта магнитного гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода?
20. Каким образом в структурной модели однофазного трансформатора учитываются вихревые токи в пластинах магнитопровода?
21. Какой вид имеет сигнальный граф электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта магнитного гистерезиса?
22. Какой вид имеет структурная схема (в Simulink) электромагнитной схемы замещения однофазного трансформатора с учётом поля рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта магнитного гистерезиса?
23. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего электроэнергию, потреблённую объектом за всё время моделирования?
24. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего средний коэффициент мощности объекта за всё время моделирования?



25. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего усреднённый коэффициент полезного действия объекта за всё время моделирования?
26. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего электроэнергию, потреблённую объектом за последний временной период заданной длительности?
27. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего средний коэффициент мощности объекта за последний временной период заданной длительности?
28. Какой вид имеет структурная схема анализирующего блока, рассчитывающего усреднённый коэффициент полезного действия объекта за последний временной период заданной длительности?
29. Как влияет нелинейность основной кривой намагничивания материала магнитопровода на форму кривой первичного тока при пуске трансформатора?
30. Как влияет нелинейность основной кривой намагничивания материала магнитопровода на форму кривой первичного тока при пуске трансформатора?
31. Что представляет собой краевая задача анализа физического поля в техническом устройстве?
32. По каким признакам классифицируются уравнения математической физики (PDE) с точки зрения построения математических моделей процессов на пространственно-распределённом уровне и с точки зрения численной реализации в математическом ПО?
33. Что такое одномерные, двумерные, трёхмерные, n-мерные PDE?
34. Что такое стационарные и нестационарные PDE? В каких случаях они применяются при моделировании технических устройств?
35. Чем отличаются друг от друга скалярные, векторные, тензорные, матричные PDE?
36. На каких типовых уравнениях базируется скалярная коэффициентная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
37. На каких типовых уравнениях базируется матричная коэффициентная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
38. На каких типовых уравнениях базируется скалярная «генеральная» форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
39. На каких типовых уравнениях базируется матричная «генеральная» форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
40. На каких типовых уравнениях базируется ослабленная проекционная форма представления краевой задачи в программном комплексе COMSOL Multiphysics?
41. Какие типы геометрических объектов поддерживаются в 1D и 2D моделях в COMSOL Multiphysics?
42. Какие типы геометрических объектов поддерживаются в 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
43. Какие типы подобластей поддерживаются в 1D, 2D и 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
44. Какие типы переменных поддерживаются в 1D, 2D и 3D моделях в COMSOL Multiphysics?
45. Какие технологии расчёта интегральных параметров физических полей поддерживаются в моделях COMSOL Multiphysics?
46. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в линейной «лестничной» электрической цепи с 5 резистивными, 4 индуктивными, 4 ёмкостными элементами, основанную на методе переменных состояния, с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.
47. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в нелинейной мостовой электрической цепи (диодного выпрямителя с таблично заданными ВАХ диодов) с резистивной нагрузкой, индуктивным и ёмкостным фильтром, основанную на

методе переменных состояния, с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.

48. Составить схемотехническую математическую модель переходных процессов в нелинейной электрической цепи диодно- конденсаторного умножителя напряжения с автоматизированным построением системы дифференциальных уравнений.

49. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в линейной «лестничной» электрической цепи с 5 резистивными, 4 индуктивными, 4 ёмкостными элементами, основанную на методе переменных состояния.

50. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в нелинейной мостовой электрической цепи (диодного выпрямителя с таблично заданными ВАХ диодов) с резистивной нагрузкой, индуктивным и ёмкостным фильтром, основанную на методе переменных состояния.

51. Составить структурную Simulink- модель переходных процессов в нелинейной электрической цепи диодно- конденсаторного умножителя напряжения.

52. Составить структурную Simulink- модель электромагнитных процессов в однофазном трансформаторе с учётом нелинейности магнитной цепи, потока рассеяния, но без учёта гистерезиса и вихревых токов в пластинах магнитопровода.

53. Составить структурную Simulink- модель электромагнитных процессов в однофазном трансформаторе с учётом нелинейности магнитной цепи, потока рассеяния и вихревых токов в пластинах магнитопровода, но без учёта гистерезиса.

54. Составить 1D COMSOL-модель распространения волны тока и напряжения вдоль двухпроводной линии. К чему приведёт появление неоднородностей вдоль линии?

55. Составить 1D COMSOL-модель распространения волны тока и напряжения вдоль четырёхпроводной линии (один провод считать общим, т.е. «массой»).

56. Составить 1D COMSOL-модель поверхностного эффекта в жиле и оболочке коаксиального кабеля в пространственно- частотной форме.

57. Составить 2D COMSOL-модель поверхностного эффекта в жиле и оболочке коаксиального кабеля в пространственно- частотной форме.

58. Составить 2D COMSOL-модель эффекта близости двух жил в кабеле в пространственно- частотной форме.

59. Составить 2D COMSOL-модель системы поперечных электрических параметров силового кабеля с полупроводящими электростатическими экранами.

60. Составить 2D COMSOL-модель системы продольных электрических параметров силового кабеля (влиянием земли пренебречь, общим проводником считать металлическую оболочку кабеля).

#### Вопросы к зачёту

1. Понятие об электрофизических процессах.
2. Краткая классификация методов математического и компьютерного моделирования электрофизических процессов.
3. Нелинейная формулировка метода узловых потенциалов для анализа статических режимов электрических цепей.
4. Нелинейная формулировка метода напряжений ветвей дерева для анализа статических режимов электрических цепей.
5. Нелинейная формулировка метода контурных токов для анализа статических режимов электрических цепей.
6. Нелинейная формулировка метода переменных состояния применительно к электрическим цепям с сосредоточенными параметрами.
7. Формирование уравнений относительно переменных состояния с помощью топологических соотношений теории цепей.

8. Линейная формулировка метода переменных состояния применительно к электрическим цепям с сосредоточенными параметрами с матричными определяющими выражениями для матриц коэффициентов, входов, выходов и обходов.
9. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного однополупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
10. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного однополупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром.
11. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного двухполупериодного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
12. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink однофазного двухполупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром.
13. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного трёхпульсного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
14. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного трёхпульсного выпрямителя с индуктивным фильтром.
15. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного шестипульсного выпрямителя с ёмкостным фильтром.
16. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink трёхфазного шестипульсного выпрямителя с индуктивным фильтром.
17. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink, соответствующую электромагнитной схеме замещения однофазного трансформатора.
18. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего активную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии.
19. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего реактивную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии по «площади вольт-амперной характеристики».
20. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего реактивную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии по «площади вебер-кулонной характеристики».
21. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего полную мощность, потребляемую приёмником электроэнергии.
22. Построить сигнальный граф и структурную схему формата Simulink блока, вычисляющего и отображающего действующее значение периодической величины.

#### Критерии оценки по текущей успеваемости и промежуточной аттестации (зачёт)

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине регламентируется «Положением о рейтинговой системе комплексной оценки знаний обучающихся во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)». В ходе изучения дисциплины предусматривается текущий контроль и промежуточная аттестация. Целью промежуточного контроля по дисциплине является оценка качества освоения студентами образовательных программ по завершении отдельных этапов обучения.

Максимальная сумма баллов, набираемая магистрантом по дисциплине (части дисциплины, читаемой в течение одного семестра) равна 100.

На основе набранных баллов, успеваемость магистрантов в семестре определяется следующими оценками: «зачтено» и «не зачтено» за дисциплины, закрываемые зачетами по следующей шкале:

Оцен-ка	Оценка по шкале	Объяснения	Уровень сформированности компетенций
91-100	Зачтено	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	высокий
74-90	Зачтено	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	продвинутый
61-73	Зачтено	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	пороговый
60 и менее	Не зачтено	Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий	Компетенции не сформированы

В следующей таблице представлены максимальные значения бально- рейтинговых оценок по разным видам учебных работ магистранта.

№ п/п	Наименование учебных работ	Максимальный балл итоговой аттестации
1	Посещение занятий магистрантом	5
2	Выполнение семестрового плана самостоятельной работы	90
3	Дополнительные баллы («бонусы»)	5

Бонусные баллы начисляются магистранту за общую активность при изучении курса, выступление на конференции, написание статьи и др.

Баллы за посещение занятий начисляются в соответствии со следующей таблицей.

Процент посещённых занятий	Количество баллов
< 10	0
10 – 30	1
30 – 50	2
50 – 70	3
70 – 90	4
90 – 100	5

Выполнение семестрового плана самостоятельной работы состоит из 3 частей: выполнение расчётно- графической работы (РГР), контрольной работы, подготовка ответов на контрольные вопросы по СРС. Максимальный балл по каждой из частей – 30. Эти работы оцениваются следующим образом:

0 баллов – работа выполнена неверно или отсутствует; на вопросы по работе магистрант ответить не может;

до 6 баллов – работа выполнена частично; на вопросы по работе магистрант ответить не может;

до 12 баллов – работа выполнена частично; магистрант в общих чертах может пояснить суть выполненных действий и полученных результатов;

до 18 баллов – работа выполнена полностью, но имеются ошибки, не расшифрованы обозначения физических величин и рассмотренных объектов; магистрант может пояснить суть выполненных действий и полученных результатов;

до 24 баллов – работа выполнена полностью, но имеются некоторые ошибки, ответы на вопросы показывают, что магистрант способен исправить имеющиеся ошибки;

до 30 баллов – работа выполнена полностью и без ошибок; указаны точные определения и названия; на вопросы по работе магистрант отвечает уверенно и чётко.

Ответы на контрольные вопросы по СРС и вопросы к зачёту оцениваются следующим образом:

0 баллов – нет ответа либо ответ не имеет никакого отношения к заданному вопросу;

до 6 баллов – ответ имеет прямое отношение к поставленному вопросу, но принципиально неверен;

до 12 баллов – ответ неверен, но в нём имеется некоторая доля истины;

до 18 баллов – ответ условно можно считать верным, но имеются непринципиальные ошибки, недостаточно правильные формулировки, в целом, не препятствуют усвоению последующего программного материала, в целом не нарушена логическая последовательность в изложении программного материала;

до 24 баллов – магистрант показывает, что твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, допуская некоторые неточности; демонстрирует хороший уровень освоения материала, информационной и коммуникативной культуры и в целом подтверждает освоение компетенций;

до 30 баллов – магистрант в ответе показал, что глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, подтверждает полное освоение компетенций.

Зачётный опрос является уточняющим по рейтинговым баллам по отношению к предварительно проведённому контрольному опросу по СРС.

Фонд оценочных средств по дисциплине «Моделирование электрофизических процессов в устройствах и системах электроэнергетики» составил

доцент Шмелёв В.Е. 