

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



«Кадры для регионов»



ФГБОУ ВО «Амурский государственный
университет»

Методические указания подготовлены в рамках реализации проекта о
подготовке высококвалифицированных кадров для предприятий и
организаций регионов («Кадры для регионов»)

Н.В. Савина

Теория систем и системного анализа в электроэнергетике

Методические указания к практическим занятиям

по направлению подготовки 13.04.02
«Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа
«Электроэнергетические системы и сети»

Благовещенск
Издательство АмГУ

2017

Разработаны в рамках реализации гранта «Подготовка высококвалифицированных кадров в сфере электроэнергетики и горно-металлургической отрасли для предприятий Амурской области» по заказу предприятия-партнера ОАО «Дальневосточная распределительная сетевая компания»

Рецензенты:

Михалев Александр Владимирович, заместитель генерального директора по техническим вопросам – главный инженер ОАО «ДРСК»

Теличенко Денис Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры АППиЭ ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет».

Т 33 Теория систем и системного анализа в электроэнергетике [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям для магист. направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника» / Н. В. Савина; АмГУ, Эн. ф. – 2-е изд., испр. и доп. – Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. – 38 с.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теория систем и системного анализа» предназначены для подготовки магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», магистерской программе «Электроэнергетические системы и сети». Соответствуют рабочей программе дисциплины и федеральному государственному образовательному стандарту ВО РФ.

В авторской редакции.

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Требования к изучаемой дисциплине	5
1.1 Цели и задачи практических занятий	5
1.2 Требования к уровню освоения содержания дисциплины	8
1.3. Перечень тем и трудоемкость практических занятий	9
2 Методика проведения практических занятий	12
2.1 Практические занятия по теме «Применение понятийного аппарата теории систем к электроэнергетике»	12
2.2 Практические занятия по теме «Формализация описания структуры системы на основе теории графов»	15
2.3 Практические занятия по теме «Структурно-топологические характеристики систем»	17
2.4 Практические занятия по теме «Оценка устойчивости простейшей электроэнергетической системы»	20
2.5 Практические занятия по теме «Поведение электроэнергетических систем различной структуры»	22
2.6 Практические занятия по теме «Математическая модель как описание системы. Нечеткие описания систем»	24
2.7 Практические занятия по теме «Этапы системного анализа»	27
2.8 Практические занятия по теме «Системный анализ информационных потоков в электроэнергетических системах»	29
2.9 Практические занятия по теме «Системный анализ потерь электроэнергии»	32
2.10 Темы индивидуальных заданий	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36

ВВЕДЕНИЕ

Занимаясь конкретной деятельностью, специалист должен представлять, с каким объектом он имеет дело, каковы его строение и свойства, а также взаимосвязи этого объекта с окружающим миром и его поведение. В XXI веке технические, технологические, организационные, экономические и другие аспекты деятельности человека отличаются чрезвычайной сложностью, он все в большей степени взаимодействует со сложными устройствами, системами, процессами. Это целиком относится и к магистру, работающему в электроэнергетической системе, решающему сложные вопросы управления или проектирования, занимающемуся научной работой. В таких условиях чрезвычайно важным для успеха его деятельности является понимание степени сложности объекта его интересов, многообразия свойств и поведения данного объекта, взаимосвязей с окружением. Это понимание составляет так называемое системное мышление магистра, которое формирует достаточно развитая теория систем на базе разработанных в ней основополагающих постулатов, принципиальных положений, подходов и др. Практические занятия предназначены для закрепления системного мышления в профессиональных компетенциях магистра.

Методические указания к практическим занятиям магистрантов предназначены для подготовки магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», магистерской программе «Электроэнергетические системы и сети». Методические указания предназначены для оказания помощи магистрантам в получении необходимых практических навыков по применению теории систем и системного анализа в исследовании электроэнергетических систем. В методических указаниях приведены требования к изучаемой дисциплине и методика реализации всех видов практических занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Базовым учебным пособием по подготовке к практическим занятиям является [3], в котором приведены не только необходимые теоретические материалы, но и примеры решения задач.

1. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

При практической работе над разделами теоретического курса магистрантам необходимо:

изучить дополнительные материалы по программе теоретического курса в соответствии с рабочей программой дисциплины;

выполнить необходимые практические работы согласно рабочей программе дисциплины;

подготовить устные ответы на контрольные вопросы, приведенные после каждой темы;

выполнить индивидуальные задания;

выполнить контрольные работы;

пройти тестирование.

Темы на индивидуальные задания и контрольные работы, а также их варианты (по уровню сложности) преподаватель выдает магистрантам на консультациях после собеседования с ними или входного контроля.

1.1. Цели и задачи практических занятий

Информация из ФГОС ВО, относящаяся к дисциплине

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к следующим видам профессиональной деятельности выпускника:

- производственно-технологическая деятельность;
- проектно-конструкторская деятельность;
- научно-исследовательская деятельность.

Дисциплина направлена на подготовку магистра к решению следующих профессиональных задач, указанных в ФГОС ВО.

а) производственно-технологическая деятельность:

- разработка норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии;
- выбор оборудования и технологической оснастки;

- оценка экономической эффективности технологических процессов, инновационно-технологических рисков при внедрении новой техники и технологий;

- разработка мероприятий по эффективному использованию энергии и сырья;

- выбор методов и способов обеспечения экологической безопасности производства;

б) проектно-конструкторская деятельность:

- разработка и анализ обобщенных вариантов решения проблемы;

- прогнозирование последствий принимаемых решений;

- нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности и неопределенности;

- планирование реализации проекта;

- оценка технико-экономической эффективности принимаемых решений;

в) научно-исследовательская деятельность:

- анализ состояния и динамики показателей качества объектов деятельности с использованием

- необходимых методов и средств исследований;

- создание математических моделей объектов профессиональной деятельности;

- разработка планов и программ проведения исследований;

- анализ и синтез объектов профессиональной деятельности;

- организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований;

- формирование целей проекта (программы), критериев и показателей достижения целей,

- построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач.

Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория систем и системный анализ в электроэнергетике» являются формирование целостного мышления, основанного на понимании того, что такое система и системный анализ, системные принципы и их воплощение в системном анализе, каковы особенности структуры и поведения системы, какими средствами можно ее моделировать и как обосновывать решения по развитию и управлению ею, приобретение магистрантами навыков формализованного описания систем и самостоятельного применения системного анализа в электроэнергетике.

Задачи дисциплины:

- Получение знаний в области теории систем и системного анализа.
- Изучение основных типов математических описаний (моделей) систем и их иерархий.
- Овладение методами обоснования (выбора) решений по развитию систем электроэнергетики или управлению их функционированием.
- Овладение методами разработки сценариев системного анализа проблем.
- Формирование системных и профессиональных навыков по анализу структуры и описанию электроэнергетических систем, выбору решений при их функционировании.
- Овладение методами системного анализа.
- Формирование профессиональных навыков по применению системного анализа в электроэнергетике.

Целями практических занятий является приобретение практических навыков по представлению электроэнергетических систем как объекта системного анализа, по описанию электроэнергетических систем с помощью технологий теории систем.

Задачи практических занятий:

- Применение теории графов к описанию функционирования ЭЭС;
- Овладение методами и технологиями структурного анализа ЭЭС;
- Приобретение навыков по исследованию устойчивости ЭЭС;

- Приобретение навыков по описанию поведения ЭЭС;
- Овладение методами и приемами моделирования ЭЭС на основе теории систем;
- Приобретение навыков системного анализа объектов ЭЭС.

1.2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины магистрант должен обладать следующими общепрофессиональными и профессиональными компетенциями:

- способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки (ОПК-1);
- способностью применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений (ПК-7);
- способностью применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности (ПК-8).

В результате освоения обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- основные понятия и определения теории систем; основы системного подхода и системного анализа; методы и модели теории систем и системного анализа; количественные показатели и критерии оценки структурных характеристик систем (ОПК-1);
- основные подходы и методы выбора решений применительно к системам электроэнергетики (ПК-7).
- основные характеристики поведения систем - устойчивость, управление, адаптируемость и др.; основные типы математических моделей, которыми можно описывать системы и их подсистемы при решении различных задач (ПК-8);

2) Уметь:

- формулировать цели и задачи исследования, проводить исследование

электроэнергетических систем с помощью теории графов; интерпретировать общие системные представления применительно к электроэнергетическим системам и их подсистемам; использовать полученные системные представления при изучении дисциплин, в которых осваиваются профессиональные компетенции для более глубокого их освоения, при написании выпускной квалификационной работы; выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки при выборе решений применительно к задачам, возникающим при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем (ОПК-1),

- выбирать методы решения, соответствующие поставленной задаче (ПК-7)
- моделировать электроэнергетические системы (ЭЭС) и их подсистемы (ПК-8);
- 3) Владеть навыками:
- формализованного описания систем; информационного подхода к анализу систем; хранения, обработки и анализа информации; системного анализа электроэнергетических систем как общенаучного метода (ОПК-1);
- анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений при развитии и функционировании электроэнергетических систем (ПК-7),
- моделирования ЭЭС и описания их поведения (ПК-8).

1.3. Перечень тем и трудоемкость практических занятий

План и виды занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ЛК	ПЗ	СР	
1	Раздел 1. Основные понятия теории систем и системного анализа, формализованное	1	1-6	6	12	16	3,5 недели - опрос на лекции; 2,4 недели - опрос на практике; 6 неделя - защита практи-

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды контактной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ЛК	ПЗ	СР	
	описание электроэнергетических систем						ческого задания
2	<i>Раздел 2.</i> Поведение и описание электроэнергетических систем, выбор решений	1	7-12	6	12	16	7,9,11 недели - опрос на лекции; 8,12 недели - опрос на практике, 10 неделя - защита практического задания
3	<i>Раздел 3.</i> Системный анализ в электроэнергетике	1	13-18	6	12	16	13,15 недели – опрос на лекции; 14,16 недели - опрос на практике; 18 неделя - защита практического задания
4	Промежуточная аттестация	1				6	Зачет
	ИТОГО			18/4	36/8	54	

Примечание:

ЛК – лекции, ПЗ – практические занятия, СР – самостоятельная работа.

Практические занятия проводятся с целью закрепления знаний, полученных при изучении теоретического курса, приобретения навыков их применения при исследовании электроэнергетических систем и их подсистем. Задачи, рассматриваемые на практических занятиях, адаптированы к электроэнергетической системе и основаны на реальных схемах объектов и систем электроэнергетики. На практических занятиях каждому магистранту выдаются индивидуальные задания.

Тематика практических занятий приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1. – Перечень тем практических занятий

№ п/п.	Наименование темы	Кол-во акад. часов
1	Применение понятийного аппарата теории систем к электроэнергетике	4
2	Формализация описания структуры системы на основе теории графов	4
3	Структурно-топологические характеристики систем	4

№ п/п.	Наименование темы	Кол-во акад. часов
4	Оценка устойчивости простейшей электроэнергетической системы	4
5	Поведение электроэнергетических систем различной структуры	4
6	Математическая модель как описание системы. Нечеткие описания систем	4
7	Этапы системного анализа	4
8	Системный анализ информационных потоков в электроэнергетических системах	4
9	Системный анализ потерь электроэнергии	4

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1. *Практические занятия по теме «Применение понятийного аппарата теории систем к электроэнергетике»*

На указанную тему проводится два практических занятия согласно рабочей программе дисциплины.

Цель: формирование у магистрантов понятийного аппарата теории систем применительно к электроэнергетике.

Основные понятия: система, элемент, подсистема, связь, состояние, функционирование, структура, связность, сложность системы, ее поведение, системный анализ.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Применение основных понятий теории систем к системам электроэнергетики.
2. Основные понятия системного анализа. Формулировка целей и задач исследования электроэнергетических систем.

План проведения занятий:

1. Знакомство с рабочей программой дисциплины, ее целями, задачами и содержанием, образовательными технологиями, итоговой формой контроля; определение ее места в образовательной программе направления подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.
2. Постановка проблемы для обсуждения.
3. Основные понятия теории систем.
4. Основные понятия системного анализа.
5. Проверка усвоенных в ходе самостоятельной работы основных понятий и определений теории систем и их прикладного применения к электроэнергетическим системам.
6. Входной контроль знаний, сбор ожиданий и предложений.

Методические рекомендации

1. Знакомство с рабочей программой дисциплины проводится в ходе объяснения и обсуждения. Текст рабочей программы дисциплины должен быть

представлен в виде мультимедийной презентации и загружен в ноутбуки мобильного компьютерного класса для использования в течение времени изучения дисциплины. Рекомендуется каждому магистранту иметь свой экземпляр рабочей программы дисциплины, который будет «путеводителем», дидактическим материалом и «шпаргалкой».

На этом этапе работы важно продемонстрировать магистрантам, какие свои потребности они смогут удовлетворить в ходе изучения дисциплины, что они приобретут в результате проведения практических занятий, какие компетенции приобретут в целом после изучения дисциплины, объяснить, что для этого предстоит сделать. Необходимо, чтобы у них сложилось четкое представление о «правилах игры» и была создана положительная познавательная мотивация. Также необходимо раскрыть роль и содержание самостоятельной работы в ходе изучения дисциплины.

2. Обсуждение проблемы представления электроэнергетических систем как объекта системного анализа, свойства которого нужно уметь формализовать для дальнейшего исследования проходит в интерактивном режиме. При этом делается акцент на важность проблемы, на целесообразность системного представления электроэнергетики, объясняется, почему эта проблема важна. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны связать воедино электроэнергетическую систему и теорию систем, и системный анализ. Итогом этих двух практических занятий должно являться четкое понимание понятийного аппарата теории систем, какую роль теория систем и системный анализ играют при описании, моделировании и исследовании электроэнергетических систем.

3. Основные понятия теории систем рассматриваются и осваиваются на примере электроэнергетических систем, их подсистем и объектов ЭЭС под руководством преподавателя, затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно.

4. Вначале показывается разница между теорией систем и системным анализом, затем выделяются основные понятия системного анализа, которые

изучаются применительно к задачам функционирования и развития ЭЭС. Магистрант осваивает навыки применения понятийного аппарата системного анализа к задачам ЭЭС.

5. Проверку того, насколько точно определены и хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы основные понятия и определения теории систем и ее прикладного значения для ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры.

6. Входной контроль необходим, чтобы понять на какую базовую подготовку необходимо опираться в организации учебного процесса с данной академической группой. Это возможно путем использования тестов, включающих вопросы на проверку остаточных знаний, вопросы на интеллект, творческие способности, задания для проверки входного уровня формируемых в ходе изучения дисциплины компетенций.

Ожидания и предложения по изучению дисциплины магистранты сдают преподавателю, который их комментирует на следующем практическом занятии.

Отчетные материалы:

1. В качестве отчетных материалов представляются рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.

2. Выполненные и надлежащим образом оформленные индивидуальные задания.

3. Материалы входного контроля.

4. Материалы итогового контроля по каждому практическому занятию.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные понятия теории систем.

2. Дайте определение системе, элементу, подсистеме, связи, состоянию, функционированию и приведите примеры их применения к ЭЭС.

3. Дайте определение цели, функции системы, структуре, связности, сложности системы, ее поведению. Приведите примеры их применения к ЭЭС.

4. Дайте определение нелинейности, устойчивости, неопределенности, информации, моделированию и имитации. Покажите их важность при описании ЭЭС.

5. На какие виды и задачи профессиональной деятельности выпускника по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» ориентировано изучение дисциплины «Теория систем и системного анализа» и почему?

6. Какие компетенции должны быть сформированы в ходе изучения дисциплины?

7. В чем заключается системный подход, системный анализ?

8. Основные понятия системного анализа и их применение к электроэнергетике.

9. Сформулируйте цели и задачи исследования электроэнергетических систем.

2.2. Практические занятия по теме «Формализация описания структуры системы на основе теории графов»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: научиться применять формализованное описание структуры ЭЭС на основе теории графов.

Основные понятия: граф, неориентированный и ориентированный граф, нуль-граф, связь, подграф, путь, цикл, контур, степень вершины, связность графа.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Виды графов и их формализованное описание.
2. Порядковая и числовая функции на графе.

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения
2. Формализованное описание графов ЭЭС.
3. Прикладное применение в ЭЭС порядковой и числовой функций на графе.
4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы формализованного представления участков электроэнергетических систем в виде графов и области такого представления в задачах проектирования и эксплуатации ЭЭС проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны показать в каких задачах и с какой целью используется теория графов в электроэнергетике, привести примеры задач функционирования ЭЭС, которые решаются с использованием способов формализованного представления системы в виде графов. Должно быть усвоено практическое применение теории графов для описания ЭЭС. Итогом этих двух практических занятий должно являться четкое понимание как правильно выбрать способ представления системы в виде графа для конкретной подсистемы ЭЭС, как определять пути и степень вершины графа на примере реальной ЭЭС.

2. Формализованное описание графов проводится вначале на примере основных структур, характерных для ЭЭС под руководством преподавателя, затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. В процессе выполнения индивидуального задания идет обсуждение полученных результатов по основным этапам его выполнения.

3. Порядковая и числовая функции на графе. При проведении практического занятия магистранты под руководством преподавателя учатся разбивать множества вершин графа на непересекающиеся подмножества, упорядоченные так, что если вершина входит в подмножество с номером i , то следующая за ней вершина – в подмножество с номером, большим i . По полученным непересекающимся подмножествам определяют уровни. Затем магистранты задают числовую функцию на графе либо на вершинах, либо на дугах (ребрах) графа и находят максимальный путь из одной вершины в другую. Проверку того, насколько точно определены и хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы способы формализованного задания графа для участка ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии.

4. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий, анализа практических ситуаций по формализованному представлению участков ЭЭС в виде графов с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.
- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Что понимают под графом?
2. Основная терминология теории графов, используемая при описании ЭЭС?
3. Графическое представление графов и область его применения.
4. Матричное представление графов и область его применения.
5. Множественное представление графов и область его применения.
6. Привести сравнительный анализ частичного графа и подграфа.
7. Привести примеры цепи, пути, цикла, контура по реальной схеме ЭЭС.
8. Как определить степень вершины?
9. Что такое связность графа?
10. Как определить уровень с помощью порядковой функции на графе?
11. Как задать числовую функцию на графе?

2.3. Практические занятия по теме «Структурно-топологические характеристики систем»

На указанную тему проводится два практических занятия согласно рабочей программе дисциплины.

Цель: формирование у магистрантов умений и навыков по определению структурных характеристик систем и их количественных характеристик для оценки качества структуры системы и ее элементов.

Основные понятия: связность структуры, структурная избыточность и структурная компактность, степень централизации в структуре, ранг элемента.

Вопросы к практическим занятиям:

3. Структурные характеристики систем.
4. Оценка топологических свойств структур систем.

План проведения занятий:

1. Постановка проблемы для обсуждения.
2. Структурные характеристики систем и их количественная оценка.
3. Топологические характеристики систем и их расчет.
4. Разработка иерархической структурной модели ЭЭС.
5. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы представления электроэнергетических систем как объекта системного анализа, свойства которого нужно уметь формализовать для дальнейшего исследования проходит в интерактивном режиме. При этом делается акцент на важность проблемы, на целесообразность топологического анализа ЭЭС, объясняется, почему эта проблема важна. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны связать воедино электроэнергетическую систему и современные методы топологического анализа систем, как части теории систем. Итогом этих двух практических занятий должно являться четкое понимание как количественно определять структурные характеристики систем, как оценивать топологические свойства системы, какую роль теория систем играет при описании, моделировании и анализе электроэнергетических систем.

2. Количественная оценка структурных характеристик систем проводится вначале на примере основных структур, характерных для ЭЭС под руководством преподавателя, затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно.

3. При оценке топологических свойств структур систем используется тот же подход, что и в п. 2. Результаты заданий, выполненных магистрантами, обсуждаются коллегиально в интерактивном режиме.

4. Разработка структурной иерархической модели ЭЭС разбирается на конкретном примере под руководством преподавателя. Выделяются особенности структурной организации системы, реализующие одно основное свойство системы – взаимодействие между ее элементами. Магистранты должны четко уяснить, что структурная иерархическая модель ЭЭС позволяет обоснованно сформулировать требования к агрегированию информации об ЭЭС, используемым математическим моделям и приемам исследования системы.

5. Проверку того, насколько точно определены и хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы структурные и топологические характеристики, можно произвести в форме деловой игры.

Отчетные материалы:

1. В качестве отчетных материалов представляются рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.

2. Выполненные и надлежащим образом оформленные индивидуальные задания.

3. Материалы итогового контроля по каждому практическому занятию.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные понятия структурного анализа систем.

2. Назовите основные структурные характеристики систем.

3. Объясните, почему необходим структурный анализ ЭЭС на примере конкретной ЭЭС Дальнего Востока.

4. Привести классификацию связей по их роли и значимости в работе ЭЭС.

5. Как описать взаимодействие и взаимовлияние генераторов?

6. Как выделять сильно связанные подсистемы и слабые сечения?

7. Как группировать схемы по пропускной способности структурно слабых сечений?

8. Приведите иерархическую модель электроэнергетической системы.

9. Приведите примеры формализованного описания ЭЭС.

10. Перечислите, какие структурные характеристики Вы использовали при выполнении индивидуального задания.

11. Проведите сравнительный анализ структурно-топологической характеристики подсистем ЭЭС Дальнего Востока, рассмотренных в команде.

2.4. Практические занятия по теме «Оценка устойчивости простейшей электроэнергетической системы»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: научиться оценивать устойчивость простейших электроэнергетических систем.

Основные понятия: устойчивость, асимптотическая устойчивость, фазовое пространство, бифуркация, катастрофа.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Устойчивость по Ляпунову.

2. Структурная устойчивость

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения

2. Определение устойчивости простейшей ЭЭС по Ляпунову.

3. Определение структурной устойчивости простейшей ЭЭС.

4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы устойчивости электроэнергетических систем с помощью теории систем проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны показать в каких задачах функционирования ЭЭС и с какой целью используется классическая устойчивость, в каких структурная устойчивость. Здесь основная задача – выявление качественных изменений в траекториях движения (поведении) системы

при изменениях ее структуры. Магистранты должны прийти к пониманию, что если рассматриваемая система ведет себя почти так же, как и соседние, полученные при изменении структуры исходной системы, то рассматриваемая система структурно устойчива, в противном случае – структурно неустойчива. Должно быть усвоено практическое применение устойчивости в задачах исследования ЭЭС. Итогом этих двух практических занятий должно являться четкое понимание как оценить устойчивость ЭЭС при ее эксплуатации и проектировании.

2. Определение устойчивости ЭЭС по Ляпунову проводится вначале на примере простейшей системы под руководством преподавателя, затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. В процессе выполнения индивидуального задания идет обсуждение полученных результатов по основным этапам его выполнения.

3. Определение структурной устойчивости простейшей ЭЭС. При проведении практического занятия магистранты под руководством преподавателя изучают порядок оценки структурной устойчивости ЭЭС. Затем на примере индивидуального задания проводится определение структурной устойчивости простейшей ЭЭС и делается вывод о применимости подхода к системе любой сложности.

4. Проверку того, насколько хорошо усвоен в ходе выполнения заданий самостоятельной работы порядок определения устойчивости ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии.

5. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий, анализа практических ситуаций по оценке структурной устойчивости ЭЭС с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.

- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Что понимают под устойчивостью ЭЭС?
2. Классическое определение устойчивости по Ляпунову.
3. Что понимают под траекториями системы.
4. Что такое фазовое пространство динамической системы?
5. Сущность метода функций Ляпунова.
6. Понятие структурной устойчивости и область его применения.
7. Как проводится анализ бифуркаций?
8. Какие вопросы рассматривает теория катастроф?
9. Какова связь между катастрофами, бифуркациями и структурной устойчивостью?
10. Порядок определения структурной устойчивости простейшей ЭЭС.

2.5. Практические занятия по теме «Описание поведения электро-энергетических систем различной структуры»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: изучение влияния особенностей структуры сложной ЭЭС на ее поведение, анализ роли и значимости отдельных элементов в поведении системы.

Основные понятия: местные узлы, внутренние узлы, системные и равнозначимые узлы.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Поведение электроэнергетических систем различной структуры.
2. Живучесть системы.

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения
2. Анализ влияния структуры ЭЭС на ее поведение.
3. Анализ живучести простой динамической системы.
4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы влияния структурных особенностей и отдельных элементов сложных электроэнергетических систем на их поведение проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны показать, как структура ЭЭС влияет на ее поведение, привести примеры такого влияния. Должно быть усвоено практическое применение анализа влияния узлов системы на ее поведение, теории живучести при функционировании ЭЭС. Итогом этих двух практических занятий должно являться четкое понимание как оценить влияние узлов системы по их значимости на поведение системы, как определять и поддерживать живучесть ЭЭС.

2. Анализ влияния структуры ЭЭС на ее поведение проводится на характерном примере ЭЭС под руководством преподавателя. При этом магистранты выделяют местные, внутренние, системные и равнозначимые узлы и проводят анализ их влияния на поведение системы. Затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. В процессе выполнения индивидуального задания идет обсуждение полученных результатов по основным этапам его выполнения.

3. Живучесть системы рассматривается вначале на примере простой динамической системы. При проведении практического занятия магистранты под руководством преподавателя анализируют возможные каскадные аварии одной из ЭЭС Дальнего Востока. Исходя из проведенного анализа, магистранты приходят к пониманию живучести в электроэнергетике. Под живучестью в электроэнергетике понимают свойство системы противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей. Магистранты должны понимать, что обеспечение живучести является главной задачей как проектирования, так и эксплуатации ЭЭС. Принципы и структура управления определяются на стадии проектирования ЭЭС, а правильная работа средств и систем управления обеспечивается в процессе эксплуатации системы.

4. Проверку того, насколько точно определены и хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы методы оценки структуры ЭЭС на ее поведение, способы обеспечения живучести системы, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии.

5. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий, анализа практических ситуаций по оценке влияния структуры ЭЭС и ее узлов на поведение ЭЭС с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.
- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Что понимают под местным узлом ЭЭС?
2. Характеристика внутреннего узла ЭЭС.
3. Значимость системных узлов в поведении ЭЭС.
4. Методы исследования системных узлов.
5. Назвать отличительный признак равнозначимых узлов.
6. Привести характерные структуры ЭЭС для исследования равнозначимых узлов.
7. Что понимают под живучестью ЭЭС?
8. Как обеспечить живучесть ЭЭС?

2.6. Практические занятия по теме «Математическая модель как описание системы. Нечеткие описания систем»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: изучение описания системы в виде математической модели, области применения нечетких описаний поведения ЭЭС.

Основные понятия: математическая модель, нечеткое множество, функция принадлежности, нечеткое отношение.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Математические модели.
2. Нечеткие множества.
3. Нечеткие отношения.

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения
2. Анализ влияния структуры ЭЭС на ее поведение.
3. Анализ живучести простой динамической системы.
4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы целесообразности и особенностей применения математических моделей на примере нечеткого описания сложных электроэнергетических систем проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны показать, какие области функционирования ЭЭС целесообразно описывать с помощью нечетких множеств и нечетких отношений. Должно быть усвоено практическое применение нечетких множеств в задачах эксплуатации ЭЭС, например, при описании режимной ситуации, управлении потоками реактивной мощности, уровнем потерь электроэнергии. Итогом этих двух практических занятий должно являться понимание моделирования систем электроэнергетики как способа их описания, понимание того, когда нечеткое описание системы даст значимый результат.

2. Использование теории нечетких множеств для описания ЭЭС показывается на примере одной из ЭЭС Дальнего Востока под руководством преподавателя. При этом магистранты выбирают функции принадлежности нечетких множеств в зависимости от поставленной задачи, проводят операции над нечеткими множествами. Затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. В процессе выполнения ин-

дидуального задания идет обсуждение полученных результатов по основным этапам его выполнения.

3. Нечеткие отношения также рассматриваются на примере ЭЭС. При проведении практического занятия магистранты под руководством преподавателя анализируют примеры возможного применения нечетких отношений при описании ЭЭС, проводят операции над нечеткими отношениями. Затем выполняется индивидуальное задание, результаты которого обсуждаются на практическом занятии.

4. Проверку того, насколько точно определены и хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы области применения нечеткого описания ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии.

5. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий, анализа практических ситуаций по выбору эксплуатационных задач, где нечеткое описание системы целесообразно, с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.
- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Охарактеризуйте назначение и сущность математического моделирования ЭЭС.
2. Что понимают под нечетким множеством?
3. Что такое функция принадлежности нечеткого множества?
4. Что понимают под степенью принадлежности элемента нечеткому множеству?
5. Какие операции проводят над нечеткими множествами?

6. Привести примеры применения нечетких множеств при решении задач функционирования ЭЭС.
7. Что понимают под нечеткими отношениями?
8. Какие операции проводят над нечеткими отношениями?.
9. Что понимают под живучестью ЭЭС?
10. Привести примеры применения нечетких отношений при описании поведения ЭЭС.

2.7. Практические занятия по теме «Этапы системного анализа»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: изучение структуры, методов и этапов и процедур системного анализа.

Основные понятия: категории системного анализа, дерево целей, генерирование альтернатив, процедуры системного анализа, шкалирование.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Технология и методология системного анализа.
2. Задачи системного и имитационного моделирования ЭЭС.
3. Этапы и процедуры системного анализа.

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения.
2. Технологии и этапы системного анализа.
3. Формирование целей и генерирование альтернатив.
4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы системного анализа электроэнергетических систем проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны выявить типичные задачи системного анализа, его категории и дать их характеристику. Должно быть усвоено практическое применение этапов и процедур системного анализа ЭЭС. Итогом этих двух практических занятий должно являться четкое понимание технологий и

методов системного анализа ЭЭС, приобретение навыков в генерировании альтернатив при исследовании ЭЭС и методов шкалирования.

2. Технологии и этапы системного анализа изучаются на примере одной из задач функционирования ЭЭС под руководством преподавателя. При этом магистранты вначале определяют необходимые категории системного анализа, выбирают наиболее подходящую для рассматриваемой задачи технологию системного анализа и выполняют его основные этапы применительно к рассматриваемой задаче. Затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. На выданном индивидуальном задании магистранты демонстрируют применений технологий системного анализа и показывают этапы его выполнения.

3. Формирование целей и критериев системного анализа рассматривается вначале на примере одной из типичных задач функционирования ЭЭС. Затем осуществляется генерирование альтернатив одним из методов по выбору магистрантов. При проведении практического занятия магистранты под руководством модератора предлагают возможные решения одной из задач функционирования ЭЭС. Затем проводится их анализ.

4. Проверку того, насколько точно определены и хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы методы имитационного моделирования ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии, обсуждая полученные при генерировании альтернатив решения.

5. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.
- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Что такое системный анализ и какова его роль в исследовании ЭЭС?
2. Что понимают под категориями системного анализа, их классификация?
3. Привести этапы системного анализа ЭЭС.
4. Технологии системного анализа.
5. Привести процедуры системного анализа и дать их характеристику.
6. В чем заключается формирование целей? Как составляется дерево целей?
7. Какие критерии и ограничения используются при формировании целей?
8. Каковы особенности системного моделирования?
9. С какой целью генерируются альтернативы?
10. Какие методы системного анализа Вы знаете? В чем их сходство и различие?
11. Сущность метода мозгового штурма.
12. Характеристика метода генерирования альтернатив, синектика.
13. Привести характеристику метода разработки сценариев.
14. В чем заключается морфологический анализ?
15. Как проводятся деловые игры?
16. Как осуществляется шкалирование в системном анализе?
17. Привести характеристику ранговых шкал, шкал интервалов и отношений.

2.8. Практические занятия по теме «Системный анализ информационных потоков в электроэнергетических системах»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: изучение роли информации в управлении ЭЭС, методов ее моделирования.

Основные понятия: характеристики информации, необходимая и достаточная информация, достоверность информации, базы данных, представление знаний.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Характеристики информации.
2. Хранение и обработка информации.

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения
2. Основные характеристики информации, используемой при функционировании ЭЭС.
3. Хранение информации в ЭЭС и ее обработка.
4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы моделирования информации, применяемой в электроэнергетических системах, проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны определить характеристики информации, понять, что такое информационные потоки, в каких задачах функционирования ЭЭС они применяются, какими моделями информационные потоки описываются. Должно быть усвоено, в чем заключается первичная обработка данных, как определяется достоверность информации, какие базы данных применяют в электроэнергетике. Итогом этих двух практических занятий должно являться понимание того, какие системы информации используются в ЭЭС, и как моделируется основная информация.

2. Основные характеристики информации изучаются на примере одной из ЭЭС Дальнего Востока под руководством преподавателя. При этом магистранты вначале определяют роль информации в управлении ЭЭС, затем определяют необходимую и достаточную информацию на примере одной из задач функционирования ЭЭС, определяют достоверность представленной информации. Следующий этап заключается в выборе информационной модели для заданного информационного потока. Затем каждому магистранту выдается индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. В процессе выполнения индивидуального задания идет обсуждение полученных результатов по основным этапам его выполнения.

3. Обработка информации рассматривается на примере одной из задач эксплуатации ЭЭС. При проведении практического занятия магистранты под руководством преподавателя рассматривают способы хранения информации,

изучают базы данных, характерные для ЭЭС. Затем выполняется индивидуальное задание, результаты которого обсуждаются на практическом занятии.

4. Проверку того, насколько хорошо усвоено в ходе выполнения заданий самостоятельной работы информационное моделирование в ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии.

5. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий, анализа практических ситуаций по описанию заданной информации, с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.
- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Какова роль информации в управлении ЭЭС?
2. Привести основные характеристики информации и показать области их применения.
3. Что понимают под необходимой и достаточной информацией? Привести пример.
4. Каковы особенности информации на разных уровнях управления ЭЭС?
5. В чем заключается первичная обработка данных?
6. Как определить достоверность информации?
7. Как моделируются информационные потоки, используемые в задачах функционирования ЭЭС?
8. Как хранят информацию в ЭЭС?
9. Что понимается под базой данных? Привести примеры баз данных, используемых в ЭЭС.
10. Что понимают под представлением данных?

2.9. Практические занятия по теме «Системный анализ потерь электроэнергии»

Рассматриваемой тематике посвящено два практических занятия.

Цель: изучение прикладного применения основных положений системного анализа в задачах исследования потерь электроэнергии.

Основные понятия: системный анализ, категории системного анализа, методы системного анализа, процедуры системного анализа, проблемное мессиво, целевыявление, потери электроэнергии.

Вопросы к практическим занятиям:

1. Характеристика и особенности задач системного анализа.
2. Применение системного анализа при исследовании потерь электроэнергии.

План проведения занятий

1. Постановка проблемы для обсуждения
2. Электроэнергетические имитационные задачи.
3. Системный анализ в исследовании потерь электроэнергии.
4. Текущий контроль знаний и приобретенных навыков.

Методические рекомендации

1. Обсуждение проблемы применения системного анализа в электроэнергетике проходит в интерактивном режиме. Магистранты в процессе дискуссий под руководством модератора должны определить основные категории системного анализа, понять сущность имитационного моделирования, технологии и этапы системного анализа на примере исследования потерь электроэнергии. Итогом этих двух практических занятий должно являться понимание того, каким образом проводится системный анализ объектов, процессов и задач электроэнергетики.

2. Типичные задачи имитационного моделирования ЭЭС рассматриваются на примере одной из ЭЭС Дальнего Востока под руководством преподавателя. При этом магистранты изучают этапы имитационного моделирования, объясняют сущность процессов имитации. Затем каждому магистранту выдается

ся индивидуальное задание, над которым он работает самостоятельно. В процессе выполнения индивидуального задания идет обсуждение полученных результатов по основным этапам его выполнения

3. При проведении практического занятия по применению системного анализа в исследовании потерь электроэнергии магистранты под руководством преподавателя рассматривают порядок реализации системного анализа применительно к рассматриваемой задаче, детализируют проблему. Затем выполняется индивидуальное задание, результаты которого обсуждаются на практическом занятии.

4. Проверку того, насколько хорошо усвоены в ходе выполнения заданий самостоятельной работы технологии и этапы системного анализа применительно к задачам функционирования ЭЭС, можно произвести в форме деловой игры или в виде дискуссии.

5. Текущий контроль необходим, чтобы понять степень и качество усвоения материала. Это возможно путем тестирования, проверки качества выполнения индивидуальных заданий, анализа практических ситуаций по применению системного анализа в электроэнергетике, с их разбором на практических занятиях.

Отчетные материалы:

- Рабочие тетради магистрантов, оформленные в соответствии с разработанной преподавателем формой.
- Презентации выступлений на практических занятиях.
- Материалы текущего контроля.

Вопросы и задания для самопроверки:

1. Перечислить электроэнергетические имитационные задачи и дать им характеристику.
2. В чем заключается причинно-следственный анализ?
3. В чем заключается прогностический анализ?
4. Привести сущность программно-целевого анализа.

5. Как осуществляется планирование имитационных экспериментов и имитационный поиск оптимальных условий?
6. Как осуществляется выбор решений в области электроэнергетики в условиях неопределенности и в условиях нечеткости?
7. Как проводится системный анализ в задаче исследования и снижения потерь электроэнергии?
8. Привести дерево функций системного анализа потерь электроэнергии.

2.10. Темы индивидуальных заданий

При проведении практических занятий предусмотрено выполнение индивидуальных заданий на следующие темы:

структурно-топологические характеристики систем электроэнергетики Дальнего Востока;

➤ способы формализованного задания графов для систем разной связности;

➤ структурный анализ электроэнергетических систем Дальнего востока;

➤ оценка устойчивости простейшей электроэнергетической системы;

➤ описание поведения электроэнергетических систем Дальнего востока;

➤ нечеткие описания систем электроэнергетики;

➤ имитационное моделирование электроэнергетических систем;

➤ информационное моделирование электроэнергетических систем на примере электроэнергетических систем Дальнего Востока;

➤ составление дерева целей при развитии объектов электроэнергетики;

➤ процедуры системного анализа систем электроэнергетики Дальнего Востока;

➤ прикладное применение системного анализа при исследовании одной из задач функционирования ЭЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания для практических занятий магистрантов предназначены для подготовки магистров по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», магистерской программе «Электроэнергетические системы и сети».

В методических указаниях представлены структура и методика реализации всех видов практических занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, что поможет магистрантам в области теории систем и системного анализа получить дополнительные знания по их применению к электроэнергетическим системам и самостоятельно оценить их уровень.

Практические занятия являются одной из наиболее продуктивных форм образовательной и познавательной деятельности магистрантов в период обучения.

Рассмотрены следующие виды выполнения текущей и исследовательской (проблемно–ориентированной) практической работы:

- постановка задания по работе с теоретическим разделом;
- обсуждение результатов работы по теории и постановка задания по работе с методическими материалами;
- обзор, анализ и оценка научно-исследовательских или проектно-конструкторских разработок в электроэнергетических системах по выбору магистранта или по заданию преподавателя;
- обсуждение результатов работы с методическими материалами и постановка задания к тестированию или деловой игре.

Успешное выполнение заданий практической работы позволяет полнее изучить разделы дисциплины и приобрести необходимые навыки и умения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении : Учеб. пособие / В.С. Анфилатов. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ : Учеб. / В.Н. Волкова – М. изд. Юрайт ,2012, 679 с.
3. Воропай Н. И. Теория систем и системного анализа в электроэнергетике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. И. Воропай, Н. В. Савина ; АмГУ, Эн. ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2013. - 272 с. – Режим доступа : http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6859.pdf
4. Вдовин В.М., Суркова П.Е., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ : Учебник / Вдовин В.М. – 2-е изд. - М.: Дашков и Ко, 2012. - 640 с.
5. Клименко, И.С. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие/ Клименко И.С. — М. : Российский новый университет, 2014. — 264 с. — Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/21322>
6. Основы современной энергетики в 2 т : Учеб. : рек. Мин. обр. РФ. : Т2. Современная электроэнергетика / под ред. Е.В. Аметистова. – М.: Издат. дом МЭИ, 2010. – 632 с.
7. Острейковский В.А. Теория систем: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский - М.: Высш. шк., 1997. - 240 с.
8. Прикладной системный анализ : учебное пособие / Ф.П. Тарасенко. — М. : КНОРУС, 2010. — 224 с.
9. Силич, В.А. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] : учебное пособие/ Силич В.А., Силич М.П. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. — 276 с. — Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/13987>
10. Системные исследования проблем энергетики / Л.С. Беляев, Б.Г. Санин, С.П. Филиппов и др.; Под ред. Н.И. Воропая. – Новосибирск: Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 2000. – 558 с.

11. Спицнадель В. Н. Основы системного анализа: Учеб. пособие / В.Н. Спицнадель — СПб.: «Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000 г. — 326 с.
12. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ : Учеб. пособие / Ю.П. Сурмин К.: МАУП, 2003. – 368 с.
13. Чернышов В.Н., Чернышов А.В. Теория систем и системный анализ : Учеб. пособие / В.Н. Чернышов – Тамбов: изд-во ТГТУ, 2008. – 96 с.
14. Электротехнический справочник : В 4 т. / Под общ. ред. В.Г. Герасимов, Под общ. ред. А.Ф. Дьяков, Под общ. ред. Н.Ф. Ильинский, Гл. ред. А.И. Попов. Т. 3 : Производство, передача и распределение электрической энергии : справочное издание. – М.: Издательский дом МЭИ. - 2002. - 964 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИМ

Савина Наталья Викторовна,
зав. кафедрой энергетики АмГУ, доктор техн. наук, профессор

Теория систем и системного анализа в электроэнергетике. Методические указания к практическим занятиям.