

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института энергетики,
информационных технологий и управляющих
систем



А.В. Белоусов

2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Электроэнергетика»

Научная специальность:

2.4.3. Электроэнергетика

Форма обучения: очная

Белгород 2022

Рабочая программа дисциплины «Электроэнергетика» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель: к.т.н., доц.  (Ю.В. Скурятин)

Рабочая программа обсуждена на заседании базовой кафедры по группе научных специальностей аспирантуры на кафедре электроэнергетики и автоматики

« 29 » 04 2022 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (А.В. Белоусов)

Рабочая программа согласована на базовой кафедре по группе научных специальностей аспирантуры на кафедре электроэнергетики и автоматики

« 29 » 04 2022 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (А.В. Белоусов)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 25 » 05 2022 г., протокол № 9

Председатель: к.т.н., доц.  (А.Н. Семернин)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень сокращений, используемых в тексте рабочей программы дисциплины.....	4
2. Цель изучения дисциплины	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Объем дисциплины	5
5. Содержание дисциплины	5
6. Ресурсное обеспечение.....	8
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	8
8. Основная и дополнительная литература.....	9
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «интернет», необходимых для освоения дисциплины	10
10. Перечень лицензионного программного обеспечения:.....	11
11. Оценочные средства	11

1. Перечень сокращений, используемых в тексте рабочей программы дисциплины

- з.е. – зачетная единица
- ФГТ– Федеральные государственные требования
- ФОС – фонд оценочных средств
- Пр – практическое занятие
- Лаб – лабораторное занятие
- Лек – лекции
- СР – самостоятельная работа

2. Цель изучения дисциплины

Дать обучающимся углубленные знания в области электроэнергетики; создать условия для получения умений и навыков в решении задач для нужд электроэнергетики, необходимых для осуществления научной и профессиональной деятельности.

Дисциплина формирует способности: формирования характеристик энергетических объектов, их математического описания и математических моделей на его основе; применения аналитических методов расчета режимов систем электроснабжения; создания имитационных моделей и проведения исследований на основе этих моделей; обрабатывать и анализировать полученные результаты.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Знать: методы и способы планирования эксперимента, обработки и анализа экспериментальных данных в области электроэнергетики.

Уметь: производить обработку экспериментальных исследований, аналитических расчетов и имитационного моделирования; оценивать адекватность и достоверность полученных результатов, выполнять сравнение с нормативными значениями в отечественной и зарубежной литературе.

Владеть: навыками работы с различными измерительными приборами и программными комплексами для решения исследовательских и практических задач в области электроэнергетики.

4. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. единицы, 72 часа.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	8	8
лекции	8	8
лабораторные	-	-
практические	-	-
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	64	64
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание (реферат)	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	28	28
Экзамен	36	36

5. Содержание дисциплины

5.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Современные понятия о схемах распределительных устройств электроустановок				
	Электрические схемы электрических станций и подстанций. Основные требования, предъявляемые к схемам распределительных устройств электроустановок. Классификация схем распределительных устройств. Номинальные напряжения. Нормативная документация.	1			2

2. Схемы распределительных устройств электроустановок					
	Схемы электрических соединений на стороне 6-10 кВ. Схемы, применяемые на генераторном напряжении. Схемы, применяемые на высшем и среднем напряжениях. Схемы электрических соединений на стороне 35 кВ и выше. Закрытые распределительные устройства (ЗРУ). Комплектные распределительные устройства высокого напряжения. Открытые распределительные устройства (ОРУ). Выбор схем распределительных устройств разного напряжения.				2
3. Современные понятия об объектах электроэнергетики					
	Структурные схемы электрических станций и подстанций. Тепловые конденсационные электрические станции (КЭС). Теплофикационные станции (ТЭЦ). Атомные электрические станции (АЭС). Гидроэлектростанции (ГЭС). Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС). Главные схемы КЭС, АЭС, ГЭС, ТЭЦ, подстанций.	1			2
4. Современное электрооборудование электроэнергетических объектов					
	Типы синхронных генераторов и их параметры. Типы трансформаторов и их параметры. Системы охлаждения силовых трансформаторов и синхронных генераторов. Нагрузочная способность силовых трансформаторов. Регулирование напряжения трансформаторов. Потери и КПД трансформаторов. Выбор трансформаторов и автотрансформаторов по нагрузочной способности. Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ. Выбор числа и мощности трансформаторов связи на КЭС, ГЭС и АЭС. Выбор числа и мощности трансформаторов на подстанции.				2
5. Коммутационные и защитные аппараты высокого напряжения с гашением дуги					
	Гашение дуги. Основные способы гашения дуги в аппаратах до 1 кВ и свыше 1 кВ. Коммутационные и защитные аппараты высокого напряжения. Назначение и классификация аппаратов. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним. Воздушные выключатели. Элегазовые выключатели. Масляные выключатели. Электромагнитные выключатели. Вакуумные выключатели. Условия выбора и проверки выключателей высокого напряжения.	1			2
6. Коммутационные аппараты высокого напряжения без гашения дуги					
	Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Общие сведения. Разъединители для внутренней установки. Разъединители для наружной установки рубящего типа. Разъединители для наружной установки подвесного типа. Разъединители для наружной установки горизонтально-поворотного типа. Короткозамыкатели и отделители. Условия выбора и проверки разъединителей высокого напряжения.				2
7. Защитные, токоограничивающие, измерительные аппараты и вспомогательное					

оборудование электроэнергетических объектов					
	Защитные и токоограничивающие аппараты. ОПН. Силовые конденсаторы. Шины распределительных устройств. Гибкие и жесткие шины, ошиновка. Плавкие предохранители выше 1 кВ. Измерительные трансформаторы тока. Измерительные трансформаторы напряжения. Система измерений на электростанциях и подстанциях. Изоляторы. Опорные, проходные, опорно-проходные изоляторы. Провода для ВЛ, волоконно-оптические кабели. Силовые кабели, арматура силовых кабелей. Выбор и проверка измерительных трансформаторов тока и измерительных трансформаторов напряжения. Расчет и выбор жестких и гибких шин и ошиновки. Выбор изоляторов.	1			2
8. Характеристики режимов электроэнергетических систем					
	Классификация режимов работы ЭЭС в зависимости от их продолжительности, передаваемой мощности и классов номинального напряжения. Особенности режимов сетей 35 кВ и ниже при различных схемах заземления нейтралей. Режимы работы электрических станций.				2
9. Теоретические основы оптимизации режима электроэнергетических систем					
	Оптимизация режима в системе, состоящей из ТЭС. Критерии определения экономичности режима ЭЭС, содержащей ГЭС. Оптимизация режима с учётом технологических ограничений. Оптимизация режимов в условиях рынка.	1			2
10. Расчёт несимметричных режимов					
	Понятие о поперечной и продольной несимметрии. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов. Продольная несимметрия и сложные виды повреждения. Неполнофазные режимы работы. Расчёт несимметричных режимов в фазных координатах.				2
11. Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах					
	Нормальная система дифференциальных уравнений. Приведение систем дифференциальных уравнений к нормальной форме. Решения систем дифференциальных уравнений. Матричная форма записи системы линейных дифференциальных уравнений и ее решение. Характеристическое уравнение системы линейных дифференциальных уравнений. Операторная форма записи линейных дифференциальных уравнений.	1			2
12. Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем					
	Характеристическое уравнение нерегулируемой двухмашинной энергосистемы. Связь между свободным членом характеристического уравнения и якобианом системы уравнений установившихся режимов. Расчет свободного члена				2

	характеристического уравнения при учете нагрузок статическими характеристиками. Условия совпадения якобиана и свободного члена характеристического уравнения. Построение областей статической устойчивости сложных энергосистем.				
13. Методы анализа статической устойчивости электроэнергетических систем					
	Математические методы анализа статической устойчивости электроэнергетических систем. Устойчивость в смысле Ляпунова Критерий Гурвица. Оценка аperiodической статической устойчивости системы по знаку свободного члена характеристического уравнения. Критерий Рауса. Критерии Михайлова. Критерий Найквиста.	1			2
14. Методы расчета динамической устойчивости энергосистем					
	Метод Эйлера. Решение с помощью рядов Тейлора. Исправленный метод Эйлера. Модифицированный метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Метод прогноза и коррекции. Численное решение систем дифференциальных уравнений.	1			2
	ВСЕГО	8			28

5.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Учебным планом не предусмотрены.

5.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрены.

6. Ресурсное обеспечение

Кафедра электроэнергетики и автоматики располагает кадровыми ресурсами, гарантирующими качество подготовки аспиранта по специальности 2.4.3. Электроэнергетика в соответствии с ФГТ.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Занятия лекционного типа проводятся в лекционной аудитории	Лекционная аудитория, оснащённая мультимедийной установкой и экраном для проведения презентаций, чтения лекций; мобильные проекционные комплексы для проведения занятий в необорудованных аудиториях в составе: ноутбук, цифровой проектор, переносной экран.

2.	Помещение для самостоятельной работы	При проведении <i>самостоятельной</i> работы предусматриваются: работа с учебной, технической, справочной, периодической литературой в библиотеке БГТУ им. В.Г. Шухова; работа с интернетом; работа во внеаудиторное время в аудиториях с привлечением технических средств обучения (компьютеров, аудио-, видео-, телеаппаратуры), а также лицензионного программного обеспечения.
----	--------------------------------------	--

8. Основная и дополнительная литература

8.1. Перечень основной литературы

1. Балдин, М.Н. Основное оборудование электрических сетей: справочник [Электронный ресурс]: справочник / М.Н. Балдин, И.Г. Карапетян. – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2014. – 208 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=60778 – Загл. с экрана.
2. Пилипенко В.Т. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.Т. Пилипенко. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 124 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33671.html>
3. Инструкция по переключениям в электроустановках. Утверждена Минэнерго России 30.06.2003 г. [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2013. – 96 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38583 – Загл. с экрана.

8.2. Перечень дополнительной литературы

1. Гологорский, Е.Г. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-750 кВ [Электронный ресурс]: справочник. – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2007. – 557 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38547 – Загл. с экрана.
2. РД 153-34.0-20.527–98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2013. — 144 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38586 – Загл. с экрана.
3. ПУЭ, изд. 7-е: общие правила; передача электроэнергии; распределительные устройства и подстанции; электрическое освещение; электрооборудование специальных установок [Электронный ресурс]:. – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2013. – 560 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38572 – Загл. с экрана.
4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Электронный ресурс]:. – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2013. – 264 с. – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38581 – Загл. с экрана.

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2013. – 288 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38582 – Загл. с экрана.

6. Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ. РД_34.20.504–94 [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2012. – 197 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38589 – Загл. с экрана.

7. Рекомендации по технологическому проектированию подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные. – М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2012. – 108 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22738>. – ЭБС «IPRbooks»

8. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные. – М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2012. – 32 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22778>. – ЭБС «IPRbooks»

9. Красник, В.В. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств: Производственно-практическое пособие [Электронный ресурс]: – Электрон. дан. – М.: ЭНАС, 2012. – 319 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38549 – Загл. с экрана.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Сборник нормативных документов «Норма СС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://normacs.ru/>. – Заглавие с экрана

2. Справочно-поисковая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>. – Заглавие с экрана

3. Энергетика и промышленность России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eprussia.ru/>. – Заглавие с экрана

4. Журнал «Энерго-инфо» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energo-info.ru/>. – Заглавие с экрана

10. Перечень лицензионного программного обеспечения:

1. Microsoft Windows 10 Корпоративная (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633/ Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01);
2. Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows (лицензия № 17E0170707130320867250); Google Chrome (свободно распространяемое ПО);
3. Microsoft Office Professional Plus 2016 (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633/ Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01);
4. MathcadPrime 4.0 Express (свободно распространяемое ПО); Matlab 2013b, v.8.2.0.701 (№ дог. Ах025341);
5. RastrWin3 Базовый комплекс (бесплатная студенческая лицензия с ограничением по числу учитываемых узлов сети) (свободно распространяемое ПО);
6. Autodesk AutoCAD Electrical 2017 — Русский (Russian), Версия N.14.1.3.0 (№ дог. 7053026340).

11. Оценочные средства

Оценочные средства для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля знаний по дисциплине «Электроэнергетика» представлены в виде фонда оценочных средств (далее – ФОС) в Приложении 1 к настоящей рабочей программе дисциплины.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
входного, текущего контроля/промежуточной аттестации аспирантов
при освоении программы аспирантуры, реализующей ФГТ

ДИСЦИПЛИНА
«Электроэнергетика»

Специальность: 2.4.3. Электроэнергетика

Белгород 2022

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы

1.1. Опрос на занятии

Опрос на предмет освоения материалов курса в рамках самостоятельной подготовки аспирантов проводится на лекционных занятиях в устной форме. За курс изучения дисциплины предусмотрено два выступления с докладом на одну из тем, приведенных в пункте 1.3. Опрос на практических и лабораторных занятиях не проводится, так как эти виды занятий не предусмотрены учебным планом.

1.2. Тестовые задания

Контроль знаний осуществляется на экзамене в устной форме. Тестовые задания не предусмотрены.

1.3. Примерные темы докладов

1. Схемы распределительных устройств электроустановок
2. Современное электрооборудование электроэнергетических объектов
3. Коммутационные аппараты высокого напряжения без гашения дуги
4. Характеристики режимов электроэнергетических систем
5. Расчёт несимметричных режимов
6. Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем

2. Промежуточная аттестация

2.1. Вопросы к зачету

Зачет учебным планом не предусмотрен.

2.2. Вопросы к экзамену

Примерные вопросы к экзамену:

1. Электрические схемы электрических станций и подстанций. Общие сведения.
2. Основные требования, предъявляемые к схемам распределительных устройств электроустановок.
3. Общие сведения о схемах электроустановок. Виды схем и их назначение.
4. Условные графические обозначения и буквенный код элементов электрических схем.
5. Номинальные напряжения, нормативная документация.
6. Комплектные распределительные устройства высокого напряжения.
7. Открытые распределительные устройства (ОРУ).

8. Классификация схем распределительных устройств. Первая, вторая, третья группа схем РУ.
9. Классификация схем распределительных устройств. Четвертая группа схем РУ.
10. Схемы электрических соединений на стороне 6-10 кВ.
11. Схемы, применяемые на генераторном напряжении.
12. Схемы, применяемые на высшем и среднем напряжениях.
13. Схемы электрических соединений на стороне 35 кВ.
14. Выбор схем распределительных устройств разного напряжения.
15. Тепловые конденсационные электрические станции (КЭС).
16. Теплофикационные станции (ТЭЦ).
17. Атомные электрические станции (АЭС).
18. Гидроэлектростанции (ГЭС).
19. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС).
20. Нетрадиционные электрические станции.
21. Электрические подстанции (ПС).
22. Главные схемы подстанции.
23. Синхронные генераторы. Технические характеристики и конструкции современных генераторов. Типы генераторов.
24. Типы трансформаторов и их параметры.
25. Регулирование напряжения трансформаторов. Потери и КПД трансформаторов.
26. Выбор трансформаторов.
27. Гашение дуги. Основные способы гашения дуги в аппаратах свыше 1 кВ.
28. Коммутационные и защитные аппараты высокого напряжения. Назначение и классификация аппаратов.
29. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним.
30. Выключатели высокого напряжения. Общие сведения.
31. Воздушные выключатели. Общие сведения. Достоинства, недостатки. Принцип действия дугогасительных устройств (ДУ) воздушных выключателей. Конструкция воздушных выключателей.
32. Элегазовые выключатели. Физико-химические свойства элегаза. Дугогасительные устройства. Конструкции элегазовых выключателей.
33. Масляные выключатели. Принцип действия дугогасительных устройств. Конструкции масляных выключателей.
34. Электромагнитные выключатели.
35. Вакуумные выключатели. Общие сведения. Физические основы существования дуги в вакууме. Устройство ВДК. Конструкции вакуумных выключателей.
36. Коммутационные и защитные аппараты высокого напряжения.
37. Условия работы аппаратов высокого напряжения и общие требования, предъявляемые к ним.
38. Короткозамыкатели и отделители.

39. Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Общие сведения.
40. Разъединители для внутренней установки.
41. Разъединители для наружной установки рубящего типа.
42. Разъединители для наружной установки подвесного типа
43. Разъединители для наружной установки горизонтально-поворотного типа.
44. Короткозамыкатели и отделители.
45. Защитные и токоограничивающие аппараты. ОПН.
46. Силовые конденсаторы.
47. Шины распределительных устройств. Гибкие и жесткие шины, ошиновка.
48. Плавкие предохранители выше 1 кВ.
49. Изоляторы. Опорные, проходные, опорно-проходные изоляторы.
50. Провода для ВЛ, волоконно-оптические кабели.
51. Силовые кабели, арматура силовых кабелей.
52. Выбор и проверка коммутационной аппаратуры (разъединителей и выключателей).
53. Выбор и проверка измерительных трансформаторов тока и измерительных трансформаторов напряжения.
54. Расчет и выбор жестких и гибких шин и ошиновки.
55. Выбор изоляторов.
56. Классификация электрических режимов.
57. Режимы работы электрических станций.
58. Оптимизация режима в системе, состоящей из ТЭС.
59. Критерии определения экономичности режима ЭЭС, содержащей ГЭС.
60. Оптимизация режима с учётом технологических ограничений.
61. Оптимизация режимов в условиях рынка.
62. Понятие о поперечной и продольной несимметрии
63. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов. Продольная несимметрия и сложные виды повреждения.
64. Неполнофазные режимы работы.
65. Расчёт несимметричных режимов в фазных координатах.
66. Приведение систем дифференциальных уравнений к нормальной форме.
67. Решения систем дифференциальных уравнений.
68. Матричная форма записи системы линейных дифференциальных уравнений и ее решение. Характеристическое уравнение системы линейных дифференциальных уравнений. Операторная форма записи линейных дифференциальных уравнений.
69. Характеристическое уравнение нерегулируемой двухмашинной энергосистемы.
70. Связь между свободным членом характеристического уравнения и якобианом системы уравнений установившихся режимов.
71. Расчет свободного члена характеристического уравнения при учете нагрузок статическими характеристиками.

72. Условия совпадения якобиана и свободного члена характеристического уравнения. Построение областей статической устойчивости сложных энергосистем.
73. Математические методы анализа статической устойчивости электроэнергетических систем. Устойчивость в смысле Ляпунова.
74. Критерий Гурвица.
75. Оценка апериодической статической устойчивости системы по знаку свободного члена характеристического уравнения.
76. Критерий Рауса.
77. Критерии Михайлова.
78. Критерий Найквиста.
79. Метод Эйлера для расчета динамической устойчивости энергосистем.
80. Решение задачи оценки динамической устойчивости ЭЭС с помощью рядов Тейлора. Исправленный метод Эйлера.
81. Модифицированный метод Эйлера.
82. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Метод прогноза и коррекции.
83. Численное решение систем дифференциальных уравнений.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы

Контроль освоения дисциплины «Электроэнергетика» на этапах текущей промежуточной аттестации проводится в соответствии с действующим Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Критерии оценивания знаний обучающихся при проведении опроса:

- **Оценка «отлично»** – обучающийся четко выражает свою точку зрения по рассматриваемым вопросам, приводя соответствующие примеры.
- **Оценка «хорошо»** – обучающийся допускает отдельные погрешности в ответе.
- **Оценка «удовлетворительно»** – обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного и нормативного материала.
- **Оценка «неудовлетворительно»** – обучающийся обнаруживает существенные пробелы в знаниях основных положений дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи.

Критерии оценки доклада:

- **Оценка «отлично»** ставится, если выполнены все требования к написанию и защите доклада: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция,

сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

- **Оценка «хорошо»** ставится, если основные требования к докладу и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

- **Оценка «удовлетворительно»** ставится, если имеются существенные отступления от требований к докладу. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании доклада или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

- **Оценка «неудовлетворительно»** ставится, если тема доклада не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Критерии оценки при проведении экзамена:

- **Оценка «отлично»** выставляется аспиранту, при наличии всестороннего, систематического и глубокого знания учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется аспирантам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

- **Оценка «хорошо»** выставляется аспиранту, если он показывает полное знание учебно-программного материала, успешно выполняет задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется аспирантам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебы и профессиональной деятельности;

- **Оценка «удовлетворительно»** выставляется аспиранту, в случае знания основного материала учебной программы в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется аспирантам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

- **Оценка «неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, при наличии пробелов в знаниях основного материала учебной программы, допустившему

принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по дисциплине «электроэнергетика».