



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Интеллектуальные системы электроснабжения

Уровень высшего образования - магистратура


Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий  
23.01.2023 г., протокол № 4

Зав. кафедрой  А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
10.02.2023 г., протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ЭПП, д-р техн. наук

 Е.А. Панова

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук



 Н.А. Николаев

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов знаний в области математических моделей элементов электрических сетей, подходов к их созданию, а также методов расчета установившихся и переходных режимов и определения оптимальных параметров электроэнергетической системы

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Программное обеспечение систем электроснабжения входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Устойчивость систем электроснабжения

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Устойчивость систем электроснабжения

Специальные вопросы электроснабжения

Интеллектуальные системы электроснабжения

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Программное обеспечение систем электроснабжения» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности
ПК-1.1	Определяет под руководством специалиста более высокой квалификации содержание и требования к результатам исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП на основе изучения тенденций развития соответствующей области научного знания, запросов рынка труда, образовательных потребностей и возможностей обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП
ПК-1.2	Выполняет поручения по организации научно-исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП
ПК-1.3	Выполняет поручения по организации научных конференций, конкурсов проектных и исследовательских работ обучающихся
ПК-5	Способен управлять режимом работы энергосистемы, электрической сети, системы электроснабжения
ПК-5.1	Выполняет оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы с целью принятия решения о реализации мер по поддержанию частоты, величин перетоков активной мощности, токовой нагрузки линий и допустимого уровня напряжения, минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения; определения объема и эффективности соответствующих управляющих

	воздействий и создание соответствующих записей об управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы
ПК-5.2	Принимает решения о реализации мер по предотвращению развития и ликвидации нарушения нормального режима электрической части энергосистемы и определении объема и эффективности соответствующих управляющих воздействий путем выполнения анализа оперативной информации об авариях и нештатных ситуациях в энергосистеме и оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы.
ПК-5.3	Разрабатывает программы переключений на вывод в ремонт и ввод в работу электроустановок, оценивает текущий и прогнозируемый электроэнергетический режим энергосистемы для принятия решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электрооборудования, по поддержанию и подготовке электроэнергетического режима на время операций по выводу в ремонт и вводу в работу, созданию наиболее надежной оперативной схемы, оценивает достаточность мер, обеспечивающих надежность работы энергосистемы, и создает соответствующие записей об управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы.



2.1 Узловые собственные и взаимные сопротивления. Учет коммутационных изменений сети в матрице узловых сопротивлений. Пересчет матрицы узловых сопротивлений при замене базисного узла. Определение матрицы коэффициентов распределения токов и матрицы коэффициентов распределения напряжения. Вычисление собственных и взаимных проводимостей ветвей. Определение матрицы собственных и взаимных проводимостей ветвей. Матрицы инцидентий.	2	2		6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 2	Индивидуальное задание №2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу	2			6/2И	10			
3. Непосредственное решение основных уравнений состояния								
3.1 Определение токов ветвей и напряжений в узлах на основе принципа наложения. Метод разрезания контуров. Учет комплексных коэффициентов трансформации введением в схему замещения идеальных трансформаторов, дополнительных задающих токов. Учет тока намагничивания и потерь в стали трансформатора. Определение мощностей генераторных ветвей. Расчеты квазиустановившихся режимов электрических систем без выделения балансирующего узла.	2	2		6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 3	Индивидуальное задание №3	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу	2			6/2И	10			
4. Методы расчета, предусматривающие преобразование исходных уравнений или исходной схемы								

4.1 Метод исключения контуров графа. Расчет режимов электрической сети при записи матриц параметров схемы в ленточной форме. Расчет режима при записи матриц узловых проводимостей в форме, близкой к квазитрехдиагональной. Метод определяющих величин. Метод расчета с выделением диагональных блоков. Метод узлового анализа. Деление на подсхемы удалением ветвей, связывающих подсхемы, при замене их задающими токами. Деление схемы на подсхемы разрезанием ветвей. Деление схемы на подсхемы путем выделения пограничных узлов. Методы диакоптики при использовании контурных уравнений.	2	2		6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 4	Индивидуальное задание №4	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу	2			6/2И	10			
5. Методы решения систем уравнений состояния								
5.1 Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод упорядоченного исключения элементов; метод простой итерации; метод ускоренной итерации Гаусса-Зейделя; метод Ньютона; методы минимизации; топологические методы. Двухпараметрические методы минимизации по ньютоновской плоскости. Метод квадратичного спуска. Метод наискорейшего спуска. Методы диакоптики. Существование и неоднозначность решений. Условия сходимости методов расчета. Метод диагональной релаксации. Регуляризация методов расчета.	2	2		6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 5. Подготовка к написанию АКР №1	Индивидуальное задание №5 АКР №1	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу	2			6/2И	10			
6. Эквивалентирование электрических систем								



6.1	Задача эквивалентирования. Критерии эквивалентности. Элементарные эквивалентные преобразования. Эквивалентирование на основе линейной схемы замещения, не содержащей ЭДС генераторных станций. Эквивалентирование на основе метода исключения узлов при инвариантности потерь мощности. Эквивалентирование при объединении ветвей генераторных станций, заданных комплексными значениями ЭДС. Точное и приближенное эквивалентирование. Расчет установившегося режима системы электроснабжения с собственными электростанциями по методу последовательного эквивалентирования при параллельной и раздельной работе с энергосистемой.	2	2	6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 6	Индивидуальное задание №6	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу		2		6/2И	10			
7. Векторные диаграммы машин переменного тока								
7.1	Векторные диаграммы синхронных генераторов при синхронной работе с энергосистемой. Векторные диаграммы синхронных двигателей при синхронной работе с энергосистемой. Векторные диаграммы асинхронных двигателей. Векторные диаграммы синхронных генераторов и двигателей при выпадении из синхронизма.	2	2	6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 7, 8	Индивидуальное задание №7, 8	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу		2		6/2И	10			
8. Схемы замещения синхронных и асинхронных машин								

8.1 Схемы замещения синхронных и асинхронных машин при расчете переходных процессов при синхронной работе и при скольжении, отличном от нуля. Индуктивные и активные сопротивления и постоянные времени синхронных машин. Влияние насыщения на синхронное индуктивное сопротивление. Индуктивное сопротивление синхронной машины обратной последовательности. Влияние параметров элементов электрической системы на устойчивость.	2	2		6/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания № 9, 10	Индивидуальное задание №9, 10	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу	2			6/2И	10			
9. Уравнения систем автоматического регулирования машин								
9.1 Основные уравнения регуляторов тока возбуждения синхронных машин. Уравнение для пропорционального регулирования напряжения. Уравнение для системы компаундирования. Уравнение для регулятора, имеющего компаундирование с коррекцией напряжения при учете запаздывания корректора. Параметры АРВ и их влияние на устойчивость. Коэффициенты усиления. Основные уравнения регуляторов скорости первичных двигателей генераторов. Уравнения сервомотора. Постоянные времени автоматических регуляторов. Учет влияние регуляторов синхронных генераторов при определении параметров переходных процессов. Поведение регуляторов при качаниях. Влияние типа регулятора скорости на устойчивость.	2	1		3/2И	10	Подготовка к выполнению индивидуального задания №11, 12	Индивидуальное задание №11, 12	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу	1			3/2И	10			
10. Математические модели электроэнергетической								

10.1 Сложная система и особенности ее исследования. Теория устойчивости А.М. Ляпунова. Метод Ляпунова. Исследование корней характеристического уравнения. Алгебраические и частотные критерии статической устойчивости. Расчет сложной позиционной системы. Полная и упрощенная математические модели расчета переходных процессов. Уравнения движения системы. Область применения полных и упрощенных уравнений. Особенности расчета переходного процесса сложной системы, содержащей произвольной число генераторов и нагрузок. Определение мощностей по принципу наложения. Применение метода последовательных интервалов для электроэнергетических	2	1		3	14,1	Подготовка к написанию АКР № 2	АКР №2	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу		1		3	14,1			
11. Промежуточная аттестация								
11.1 Промежуточная аттестация (экзамен)	2					Подготовка к экзамену	Сдача экзамена	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу								
Итого за семестр		18		54/18И	104,1		экзамен,кр	
Итого по дисциплине		18		54/18И	104,1		курсовая работа, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Программное обеспечение систем электроснабжения» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Программное обеспечение систем электроснабжения» происходит с использованием мультимедийного и программного обеспечения.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятиях используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Малафеев, А. В. Программное обеспечение систем электроснабжения. Исследование и моделирование систем электроснабжения : учебное пособие / А. В. Малафеев, О. В. Газизова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1478.pdf&show=dcatalogues/1/1124005/1478.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Панова, Е. А. Расчет и анализ установившихся и переходных режимов систем электроснабжения : учебное пособие / Е. А. Панова, О. В. Газизова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3295.pdf&show=dcatalogues/1/1137682/3295.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Липай Б.Р., Компьютерные модели электромеханических систем. Модели основных компонентов электромеханических систем / Липай Б.Р. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01351-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013519.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.

2. Колесников А.А., Новые технологии проектирования современных систем управления процессами генерирования электроэнергии / А.А. Колесников, Г.Е. Веселов, А.А. Кузьменко - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-01015-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010150.html> (дата обращения: 22.05.2023). - Режим доступа : по подписке.

3. Папков, Б. В. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания : учебник и практикум для вузов / Б. В. Папков, В. Ю. Вуколов. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 353 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8148-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452082> (дата обращения: 22.05.2023).

4. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04370-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453167> (дата обращения: 22.05.2023).

5. Электроэнергетические системы. Всережимный моделирующий комплекс реального времени : учебное пособие для вузов / М. В. Андреев [и др.] ; ответственный редактор М. В. Андреев. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 115 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10916-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454516> (дата обращения: 22.05.2023).

6. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451023> (дата обращения: 22.05.2023).

7. Бартоломей, П. И. Электроэнергетика: информационное обеспечение систем управления : учебное пособие для вузов / П. И. Бартоломей, В. А. Тащилин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10914-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453346> (дата обращения: 22.05.2023).

8. Вопросы управления эксплуатационными режимами промышленных систем электроснабжения с собственными источниками электрической энергии : монография / А. В. Малафеев, А. В. Варганова, Е. А. Панова, О. В. Газизова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1652-4. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4098.pdf&show=dcatalogues/1/1533539/4098.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

9. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive> (дата обращения: 22.05.2023).

10. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/> (дата обращения: 22.05.2023).

11. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.isnu.ru/taxonomy/term/102#> (дата обращения: 22.05.2023)

**в) Методические указания:**

1. Малафеев, А. В. Программное обеспечение систем электроснабжения. Исследование и моделирование систем электроснабжения : учебное пособие / А. В. Малафеев, О. В. Газизова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1478.pdf&show=dcatalogues/1/1124005/1478.pdf&view=true> (дата обращения: 22.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
--	---

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - доска, мультимедийный проектор, экран.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
3. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(обязательное)

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Программное обеспечение систем электроснабжения» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

### Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

*Аудиторная контрольная работа №1* - Расчет установившихся режимов электроэнергетических систем и систем электроснабжения

Вариант № 1

1. Классификация методов расчета установившихся режимов.
2. Определение напряжений в узлах при известном токораспределении.
3. Определение мощностей и потерь мощности в ветвях при известных токораспределении и напряжениях в узлах. Учет статических характеристик нагрузки.

*Аудиторная контрольная работа №2* - Расчет переходных режимов электроэнергетических систем и систем электроснабжения

Вариант № 2

1. Векторные диаграммы синхронных генераторов при синхронной работе с энергосистемой.
2. Теория устойчивости А.М. Ляпунова. Метод Ляпунова.
3. Индуктивное сопротивление синхронной машины обратной последовательности.

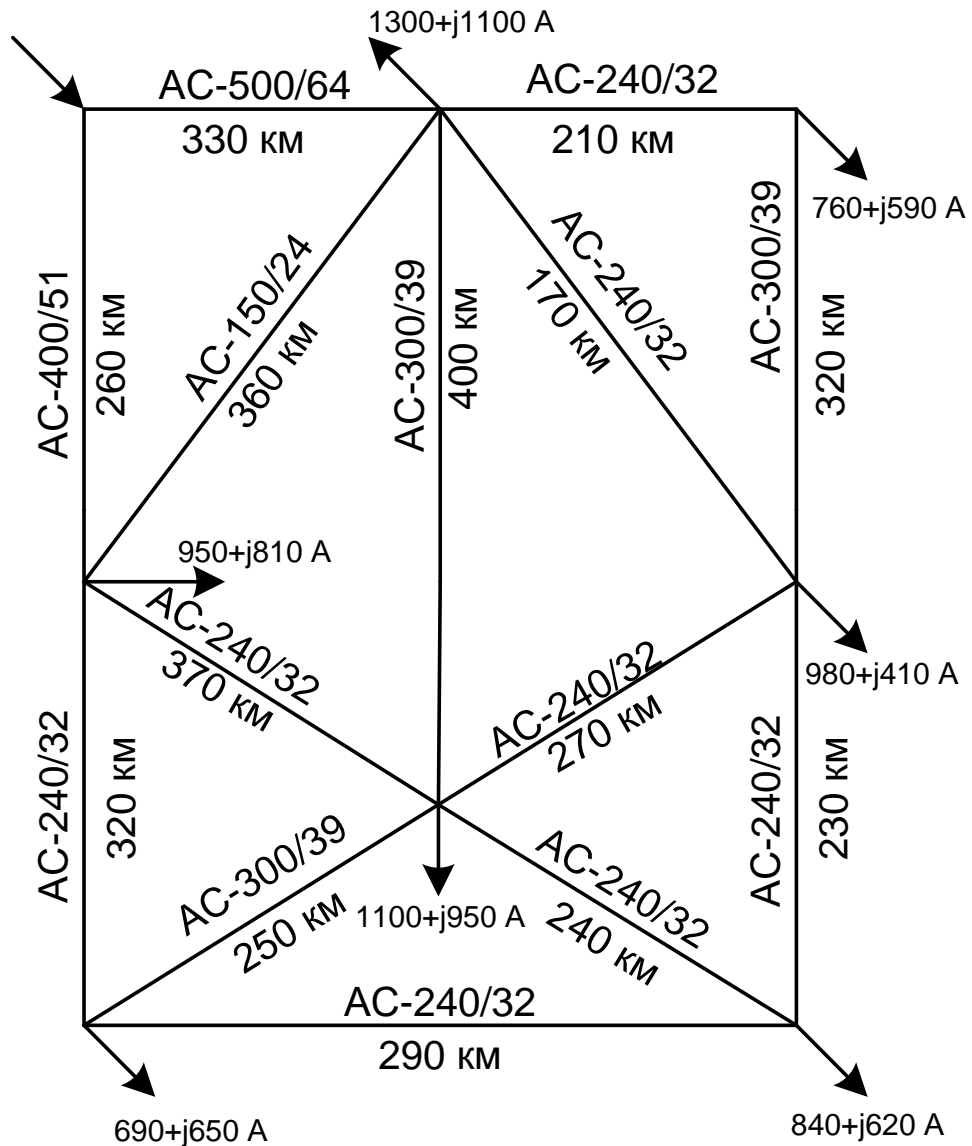
### Примерные индивидуальные задания (ИЗ):

*Индивидуальное задание №1*

По упрощенной схеме электрической сети выполнить расчет установившегося режима методом узловых напряжений. Принять задание нагрузок неизменными токами. Помимо токов и напряжений, рассчитать потокораспределение и потери мощности. Матрицу узловых проводимостей получить аналитически и по схеме замещения, сравнить результаты.

**Вариант №1**





Номинальное напряжение сети – 220 кВ.

*Индивидуальное задание №2*

Выполнить расчеты, аналогичные указанным в индивидуальном задании №1, пользуясь методом контурных токов. Сравнить результаты. Матрицу контурных сопротивлений получить аналитически и по схеме замещения; сравнить полученные матрицы.

*Индивидуальное задание №3*

Выполнить расчеты, аналогичные указанным в индивидуальном задании №1, пользуясь уравнениями состояния в обобщенных параметрах. Сравнить результаты.

*Индивидуальное задание №4*

По упрощенной схеме электрической сети (см. ранее) выполнить расчет установившегося режима методом простой итерации, используя задание нагрузок неизменной мощностью. Уравнения состояния составить методом узловых напряжений. Составить график сходимости. Выявить, на какой итерации достигается сходимость. Увеличить нагрузки в схеме в 2 раза; в 3 раза. Выполнить анализ сходимости.

*Индивидуальное задание №5*

По упрощенной схеме электрической сети (см. ранее) выполнить расчет установившегося режима методом Зейделя. Уравнения состояния составить методом узловых напряжений. Составить график сходимости. Выявить, на какой итерации достигается сходимость. Увеличить нагрузки в схеме в 2 раза; в 3 раза. Выполнить анализ сходимости. Сравнить результаты с полученными при выполнении индивидуального задания №3.

*Индивидуальное задание №6*

По упрощенной схеме электрической сети (см. ранее) выполнить расчет установившегося режима методом Ньютона первого порядка. Уравнения состояния составить методом узловых напряжений. Составить график сходимости. Выявить, на какой итерации достигается сходимость. Увеличить нагрузки в схеме в 2 раза; в 3 раза. Выполнить анализ сходимости. Сравнить результаты с полученными при выполнении индивидуальных заданий №3 и №4. Изменить начальное приближение и вновь выполнить анализ сходимости. Сделать выводы.

*Индивидуальное задание №7*

Исследование режимов асинхронного хода и ресинхронизации промышленных генераторов с помощью оригинального программного обеспечения «КАТРАН».

*Индивидуальное задание №8*

Расчет переходных режимов самозапуска асинхронных двигателей в промышленных системах электроснабжения с помощью оригинального программного обеспечения «КАТРАН» (см. приложение 1).

*Индивидуальное задание №9*

Исследование режимов асинхронного хода и ресинхронизации синхронных двигателей с помощью оригинального программного обеспечения «КАТРАН».

*Индивидуальное задание №10*

Исследование переходных режимов промышленных систем электроснабжения при выходе собственных электростанций на раздельную работу с помощью оригинального программного обеспечения «КАТРАН».

*Индивидуальное задание №11*

Исследование влияния конфигурации системы электроснабжения на параметры аварийных режимов промышленных систем электроснабжения с помощью оригинального программного обеспечения «КАТРАН».

*Индивидуальное задание №12*

Исследование влияния загрузки генератора и его коэффициента мощности на динамическую устойчивость с помощью оригинального программного обеспечения «КАТРАН».

Курсовая работа выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых работ. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсовой работы. Совпадение тем курсовых работ у студентов одной учебной группы не

допускается. Утверждение тем курсовых работ проводится ежегодно на заседании кафедры.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовой работе и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

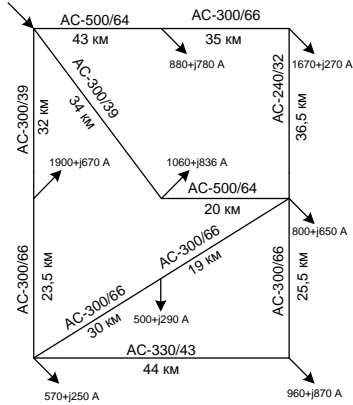
Примерный перечень тем курсовых работ и пример задания представлены в разделе 7 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации».

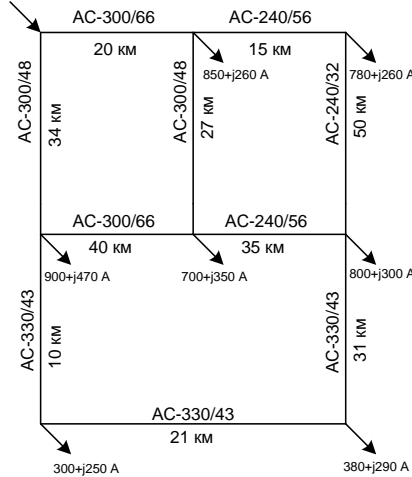
**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
(обязательное)

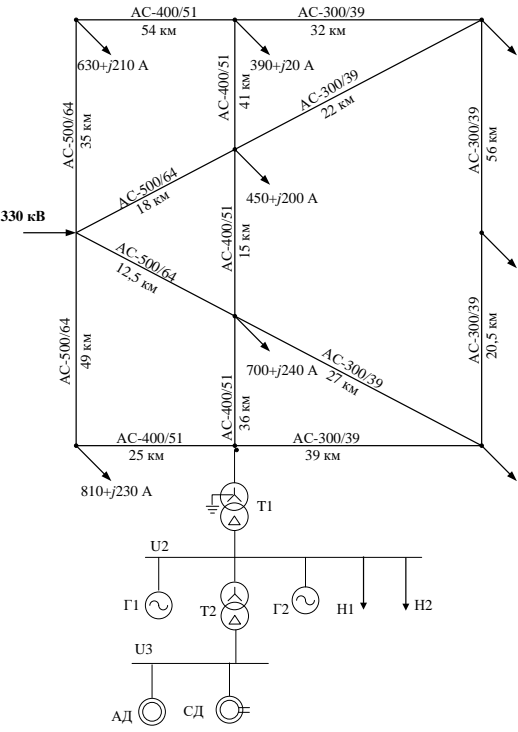
**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1: Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности</b>		
ПК-1.1	<p>Определяет под руководством специалиста более высокой квалификации содержание и требования к результатам исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП на основе изучения тенденций развития соответствующей области научного знания, запросов рынка труда, образовательных потребностей и возможностей обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП</p>	<p><b>Вопросы для проведения промежуточной аттестации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Схемы замещения синхронных машин прямой последовательности.</li> <li>– Характеристики регуляторов турбин.</li> <li>– Регулирование возбуждения синхронных машин.</li> <li>– Системы регулирования турбин.</li> <li>– Первичные и вторичные регуляторы частоты вращения.</li> <li>– Пропорциональное и сильное регулирование возбуждения.</li> <li>– Статические характеристики регуляторов скорости и возбуждения.</li> <li>– Схемы замещения синхронных машин обратной последовательности.</li> <li>– Построение векторных диаграмм при исследовании переходных режимов.</li> <li>– Обобщенный вектор трехфазной системы.</li> </ul> <p><b>Примерный перечень задач:</b></p> <p>Для приведенной схемы электрической сети напряжением 500 кВ рассчитать параметры режима методом узловых напряжений. Принять способ задания нагрузки – неизменной мощностью (на основе указанных на схеме узловых токов). Для решения уравнения состояния использовать метод Зейделя. ЭДС ветвей принять равными нулю.</p> <p>Удельные сопротивления линий принять <math>r_0=0,05</math> Ом/км, <math>x_0=0,3-0,4</math> Ом/км.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		
ПК-1.2	Выполняет поручения по организации научно-исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП	<p><b>Вопросы для проведения промежуточной аттестации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Учет комплексных коэффициентов трансформации в уравнении состояния на основе законов Ома и Кирхгофа при введении в схему замещения идеальных трансформаторов.</li> <li>– Учет комплексных коэффициентов трансформации введением в схему дополнительных задающих токов.</li> <li>– Учет намагничивания и потерь в стали трансформатора, представленного Г-образной схемой замещения.</li> <li>– Мощности генераторных ветвей, определяемые обобщенными параметрами схемы замещения.</li> <li>– Метод исключения контуров графа.</li> <li>– Метод определяющих величин.</li> <li>– Диакоптика. Классификация методов диакоптики.</li> <li>– Деление на подсхемы удалением ветвей, связывающих подсхемы, при замене их задающими токами в случае, если подсхемы имеют общую точку.</li> </ul> <p><b>Примерный перечень:</b></p> <p>Для приведенной схемы электрической сети рассчитать параметры режима методом контурных токов. Определить потери мощности в сети. Напряжение источника питания – 220 кВ. ЭДС ветвей принять равными нулю.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Удельные сопротивления линий принять <math>r_0=0,05 \text{ Ом/км}</math>, <math>x_0=0,3-0,4 \text{ Ом/км}</math>.</p> 
ПК-1.3	Выполняет поручения по организации научных конференций, конкурсов проектных и исследовательских работ обучающихся	<p><b>Пример задания по теме курсовой работы:</b></p> <p>Расчет параметров установившегося режима выполнить используя:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод узловых напряжений (матрицу узловых проводимостей получить аналитически и по схеме замещения, сравнить результаты).</li> <li>2. Метод контурных токов (матрицу контурных сопротивлений получить аналитически и по схеме замещения; сравнить полученные матрицы).</li> <li>3. Метод простой итерации (составить график сходимости, выявить, на какой итерации достигается сходимость).</li> <li>4. Метод Зейделя (составить график сходимости, выявить, на какой итерации достигается сходимость).</li> <li>5. Методом Ньютона первого порядка (составить график сходимости, выявить, на какой итерации достигается сходимость).</li> </ol> <p>Расчет статических характеристик двигателя выполнить при коэффициентах загрузки 0,2 и 1 при вентиляторном и постоянном моментах сопротивления на валу.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Статическую устойчивость асинхронного двигателя выполнить при коэффициентах загрузки 0,1 и 0,9 по активной мощности. Статическую устойчивость синхронного двигателя выполнить при коэффициентах загрузки 0,1 и 0,9 по активной мощности и 0,1 и 0,5 по реактивной.</p> <p>Статическую устойчивость синхронного генератора при параллельной работе с энергосистемой выполнить при коэффициентах загрузки 0,1 и 0,9 по активной мощности и 0,1 и 0,5 по реактивной.</p> <p>Динамическую и результирующую устойчивость синхронных генераторов и двигателей выполнить при различной электрической удаленности от энергосистемы (точки К1, К2, К3).</p>  <p>Расчет пунктов 3 – 7 выполняется в программе «КАТРАН».</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																											
		Вариант	Напряжение, кВ		Номинальная мощность трансформатора, МВА		Номинальная активная мощность генератора, МВт		Мощность обобщенной нагрузки																				
	U <sub>2</sub>		U <sub>3</sub>	T1	T2	Г1	Г2	Н1		Н2																			
								Р, МВт	Q, Мвар	Р, МВт	Q, Мвар																		
		1	10	6	40	6,3	25	6	35	19	30	22																	
		Р <sub>ном</sub> , МВт	U <sub>ном</sub> , кВ	X <sub>д</sub> , о.е.	X <sub>а</sub> , о.е.	сosp	Кр. форсировки	Статизм Р по f	T <sub>д</sub> , с	R <sub>дт</sub> , Ом	Ст. нечувствит., %	T <sub>дт</sub> , с	ОКЗ	P <sub>дт</sub> , МВт	Q <sub>дт</sub> , Мвар	I <sub>дт</sub> , кг/м <sup>2</sup>	Ф <sub>ном</sub> , об/мин	T <sub>дф</sub> , с	T <sub>дг</sub> , с	Статизм Q по U	Емк. фазы, мкФ	X <sub>дг</sub> , о.е.	T <sub>дг</sub> , с	R <sub>фот</sub> , Ом	I <sub>дт</sub> , А	АРВ	Возбудитель	Закон АРВ	Рег. скорости
		65	10,1	1,9	0,23	0,8	2	0,05	2	0,167	0,3	0,13	1	5	2	1800	3000	5,79	1,24	0,05	0,14	0,1	10,89	1	Пропорционального действия	Тиристорное самовозбуждение	U=const	Есть	
		12	10,5	2,59	0,25	0,8	2	0,05	2	0,148	0,3	0,16	1	1	5	6180	3000	7,05	1,29	0,05	0,12	0,09	3,1	1					
		25	10,5	1,99	0,23	0,8	2	0,05	2	0,158	0,3	0,21	1	23	9	7520	3000	9,75	1,8	0,05	0,13	0,13	10,88	1,1					
		0	10,5	2,79	0,28	0,8	2	0,05	2	0,24	0,3	0,21	1	21	2	10600	3000	7,5	1,6	0,05	0,2	0,13	6,25	1,1					
		40	10,5	2,77	0,28	0,8	2	0,05	2	0,194	0,3	0,21	1	36	12	18800	3000	10,69	1,94	0,05	0,16	0,13	10,41	1,1					
		50	10,5	1,73	0,13	0,8	2	0,05	2	0,163	0,3	0,39	1	45	20	22000	3000	6	1	0,05	0,13	0,12	10,58	1					
Технические характеристики асинхронных двигателей																													

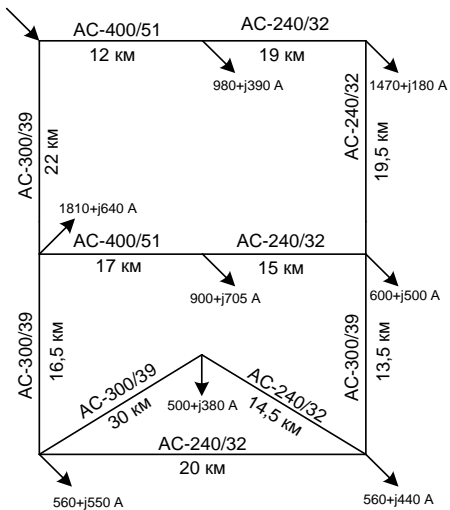


Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																		
		№ варианта	Тип двигателя	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$P_{\text{ном}}$ , МВт	Коэффициент загрузки, о.е.	$M_{\text{нач}}$ , о.е.	Степень момента на валу	$\cos \varphi$	$I_{\text{п}}$ , о.е.	$M_{\text{max}}$ , о.е.	$M_{\text{пуск}}$ , о.е.	$S_{\text{ном}}$ , %	Момент инерции, кг*м <sup>2</sup>	Ном. скор., об/мин					
		1.	RA250M2	0,38	0,055	0,2	0	0	0,89	7	3	2,7	2	0,3	2965					
Технические характеристики синхронных двигателей																				
		№ варианта	Тип двигателя	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$P_{\text{ном}}$ , МВт	Коэффициент загрузки, о.е.	$M_{\text{нач}}$ , о.е.	Степень момента на валу	$\cos \varphi$	$X_d$ , о.е.	$X_d'$ , о.е.	$X_d''$ , о.е.	$T_d0$ , с	$T_d'$ , с	$T_d''$ , с	$I_{\text{ном}}$ , А	Возбуждение	$M_{\text{max}}$ , о.е.	Момент инерции, кг*м <sup>2</sup>	Ном. скор., об/мин
		1.	СД2-85/55-4	6	1	0,2	0	0	0,9	1,9	0,2	0,14	7,3	0,73	0,09	183	Т В	1,7	40	1500

**ПК-5: Способен управлять режимом работы энергосистемы, электрической сети, системы электроснабжения**

ПК-5.1	Выполняет оценку текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы с целью принятия решения о реализации мер по поддержанию частоты, величин перетоков активной мощности, токовой нагрузки линий и допустимого уровня напряжения, минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения; определения объема и эффективности	<p><b>Вопросы для проведения промежуточной аттестации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Деление схемы на подсхемы разрезанием ветвей с выделением изолированных подсхем.</li> <li>- Задача эквивалентирования электрических систем.</li> <li>- Критерии эквивалентности.</li> <li>- Элементарные эквивалентные преобразования электрической системы.</li> <li>- Эквивалентирование на основе линейной схемы замещения, не содержащей ЭДС генераторных станций.</li> </ul> <p>Учет ЭДС генераторных станций.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Эквивалентирование на основе метода исключения узлов при инвариантности потерь мощности.</li> <li>- Векторные диаграммы машин переменного тока.</li> <li>- Векторные диаграммы явнополюсного и неявнополюсного синхронного двигателей.</li> </ul>
--------	---	---

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	соответствующих управляющих воздействий и создание соответствующих записей об управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы	<p><b>Решение задач</b></p>  <p>Для приведенной схемы электрической сети напряжением 500 кВ рассчитать параметры режима методом узловых напряжений. Принять способ задания нагрузки – неизменной мощностью (на основе указанных на схеме узловых токов). Для решения уравнения состояния использовать метод Зейделя. ЭДС ветвей принять равными нулю.</p> <p>Удельные сопротивления линий принять <math>r_0=0,05</math> Ом/км, <math>x_0=0,3-0,4</math> Ом/км.</p>
ПК-5.2	Принимает решения о реализации мер по предотвращению развития и ликвидации нарушения нормального режима электрической части энергосистемы и определении объема и эффективности соответствующих управляющих воздействий путем выполнения анализа оперативной	<p><b>Вопросы для проведения промежуточной аттестации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Матрицы инцидентов направленного графа. Порядок их составления.</li> <li>– Законы Кирхгофа в матричной форме.</li> <li>– Узловое уравнение. Формы записи и матрицы, используемые при записи.</li> <li>– Контурное уравнение. Формы записи и матрицы, используемые при записи.</li> <li>– Матрицы обобщенных параметров и методы расчета, использующие эти матрицы.</li> <li>– Классификация методов расчета.</li> </ul>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	<p>информации об авариях и нештатных ситуациях в энергосистеме и оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетического режима энергосистемы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение напряжений в узлах при известном токораспределении.</li> <li>– Определение мощностей и потерь мощности в ветвях при известных токораспределении и напряжениях в узлах.</li> <li>– Учет статических характеристик нагрузки при расчете установившихся режимов.</li> <li>– Непосредственное решение основных уравнений состояния.</li> <li>– Метод разрезания контуров.</li> </ul> <p><b>Примерный перечень задач:</b></p>  <p>Для приведенной схемы электрической сети напряжением 330 кВ рассчитать параметры режима методом узловых напряжений. Принять способ задания нагрузки – неизменной мощностью (на основе указанных на схеме узловых токов). Для решения уравнения состояния использовать метод простой итерации. ЭДС ветвей принять равными нулю.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Удельные сопротивления линий принять $r_0=0,05$ Ом/км, $x_0=0,3-0,4$ Ом/км.
ПК-5.3	<p>Разрабатывает программы переключений на вывод в ремонт и ввод в работу электроустановок, оценивает текущий и прогнозируемый электроэнергетический режим энергосистемы для принятия решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электрооборудования, по поддержанию и подготовке электроэнергетического режима на время операций по выводу в ремонт и вводу в работу, созданию наиболее надежной оперативной схемы, оценивает достаточность мер, обеспечивающих надежность работы энергосистемы, и создает соответствующие записей об управлении электроэнергетическим режимом энергосистемы.</p>	<p><b>Пример задания по теме курсовой работы:</b></p> <p>Расчет параметров установившегося режима выполнить используя:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод узловых напряжений (матрицу узловых проводимостей получить аналитически и по схеме замещения, сравнить результаты).</li> <li>2. Метод контурных токов (матрицу контурных сопротивлений получить аналитически и по схеме замещения; сравнить полученные матрицы).</li> <li>3. Метод простой итерации (составить график сходимости, выявить, на какой итерации достигается сходимость).</li> <li>4. Метод Зейделя (составить график сходимости, выявить, на какой итерации достигается сходимость).</li> <li>5. Методом Ньютона первого порядка (составить график сходимости, выявить, на какой итерации достигается сходимость).</li> </ol>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Программное обеспечение систем электроснабжения» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

***Показатели и критерии оценивания экзамена:***

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Программное обеспечение систем электроснабжения». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

***Показатели и критерии оценивания курсовой работы:***

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.