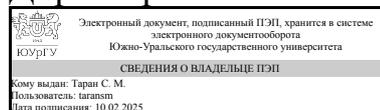


УТВЕРЖДАЮ:

Директор



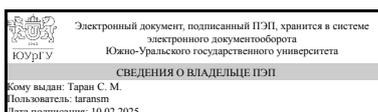
С. М. Таран

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.14 Устойчивость электроэнергетических систем
для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
уровень Магистратура
магистерская программа Двигатели для устойчивого развития с присвоением второй квалификации "магистр 13.04.03 Энергетическое машиностроение"
форма обучения очная
кафедра-разработчик Передовая инженерная школа двигателестроения и специальной техники "Сердце Урала"

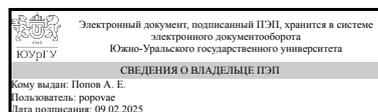
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Директор



С. М. Таран

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



А. Е. Попов

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является формирование у обучающихся комплексного представления о переходных процессах в электроэнергетических системах и влияние их параметров на режимы работы и условия проектирования, выбора и защиты элементов электрооборудования систем. Задачи дисциплины - привитие знаний и навыков: - знать особенности развития и моделирования переходных процессов в электроэнергетических системах; средства и способы обеспечения устойчивости систем; - уметь применять практические методики расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах с использованием справочной или иной информации; оценивать допустимость режимов по условиям устойчивости; - владеть навыками исследования устойчивости электроэнергетических систем с последующим анализом полученных результатов; начальными навыками регулирования режимов простейших электроэнергетических систем.

Краткое содержание дисциплины

Общее представление об электромеханических переходных процессах и устойчивости электроэнергетической системы; простейшая электроэнергетическая система, её схема замещения и принимаемые допущения; понятие и анализ статической устойчивости простейшей электроэнергетической системы; понятие и анализ динамической устойчивости простейшей электроэнергетической системы; уравнение движения ротора генератора и способы его решения; анализ устойчивости узла асинхронной нагрузки; практический расчёт статической и динамической устойчивости простейшей электроэнергетической системы; понятие и анализ результирующей устойчивости простейшей электроэнергетической системы; регулирование частоты и мощности в электроэнергетической системе

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способен организовать и выполнять проектирование, управление и эксплуатацию гибридной энергетической установки для систем электроснабжения	Знает: основные понятия об устойчивости энергосистемы, синхронного генератора, узла асинхронной нагрузки; виды устойчивости; современные средства и способы обеспечения устойчивости электроэнергетических систем Умеет: применять практические методики расчёта границ устойчивости в электроэнергетических системах с использованием справочной или иной информации для оценки допустимости режимов работы электроэнергетических систем Имеет практический опыт: владеет навыками расчета устойчивости электроэнергетических систем

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Переходные процессы в электроэнергетических системах, Системы автоматического управления гибридных энергетических установок, Релейная защита в электрических сетях с гибридными энергетическими установками, Параллельная работа гибридной энергетической установки	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Параллельная работа гибридной энергетической установки	Знает: принципы и условия параллельной работы электрических машин на общую сеть, методы ввода в эксплуатацию параллельно работающих энергетических установок Умеет: производить расчет параметров и выполнять моделирование энергетических установок, работающих параллельно Имеет практический опыт: владеет навыками выбора, настройки и наладки на объекте эксплуатации энергетических установок, работающих параллельно
Системы автоматического управления гибридных энергетических установок	Знает: основы устройства и принципы действия систем автоматического управления; современные и перспективные тенденции развития систем автоматического управления энергетическими установками Умеет: работать с технической литературой и информационными базами по поиску и проверке путей совершенствования систем автоматического управления; применять в практической деятельности методы расчета, проектирования и исследований систем автоматического управления Имеет практический опыт: настройки и наладки систем автоматического управления энергетическими установками
Релейная защита в электрических сетях с гибридными энергетическими установками	Знает: принципы действия основных видов релейной защиты и основные виды алгоритмов микропроцессорных устройств, их реализующие; основы проектирования релейной защиты в электрических сетях с гибридными энергетическими установками Умеет: производить выбор видов релейной защиты и рассчитывать параметры микропроцессорных устройств в электрических сетях с гибридными энергетическими установками Имеет практический опыт: владеет навыками настройки основных параметров интеллектуальных устройств энергетических установок, работающих как автономно, так и параллельно с

	сетью, выключателей, микропроцессорных устройств релейной защиты
Переходные процессы в электроэнергетических системах	<p>Знает: основные характеристики и параметры электрооборудования систем электроснабжения; методы расчета переходных режимов в системах электроснабжения, виды, причины и последствия возникновения коротких замыканий в электроэнергетических системах, средства и способы ограничения токов короткого замыкания</p> <p>Умеет: выполнять расчет параметров переходных процессов в условиях физической модели простейшей электрической системы с учетом справочной, паспортной или каталожной информации</p> <p>Имеет практический опыт: владеет навыками расчета переходных процессов в электроэнергетических системах с несколькими источниками энергии</p>

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75	
Самостоятельное изучение теоретического материала	35,75	35,75	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Общее представление об электромеханических переходных процессах и об устойчивости электроэнергетической системы (ЭЭС)	2	2	0	0
2	Анализ статическая устойчивость простейшей ЭЭС. Угловая характеристика мощности при сложной связи генератора с эквивалентной системой и анализ влияния различных факторов на статическую устойчивость такой ЭЭС. Влияние регулирования возбуждения генератора на статическую устойчивость. Влияние	8	4	4	0

	коэффициента мощности на статическую устойчивость.				
3	Понятие, причины нарушения и анализ динамической устойчивости ЭЭС. Правило площадей. Уравнение движения ротора синхронной машины и способы его решения	8	4	4	0
4	Влияние регулирования скорости турбины на устойчивость генератора. Регулирование частоты и мощности в ЭЭС	2	2	0	0
5	Понятие результирующей устойчивости. Асинхронные режимы в ЭЭС	4	2	2	0
6	Метод малых колебаний и его применение для анализа статической устойчивости ЭЭС.	4	0	4	0
7	Устойчивость узла асинхронной нагрузки и анализ факторов, влияющих на неё	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Общее представление об электромеханических переходных процессах и причинах их возникновения. Понятие устойчивости электроэнергетических систем и её виды.	2
2	2	Понятие статической устойчивости. Модель простейшей ЭЭС и основные допущения, принимаемые при анализе её устойчивости. Угловая характеристика мощности простейшей ЭЭС. Принцип работы синхронного генератора параллельно с ЭЭС. Понятие идеального предела мощности и коэффициента запаса статической устойчивости по мощности. Область статически устойчивого равновесия на угловой характеристике мощности. Практический (формальный) критерий статической устойчивости. Угловая характеристика мощности при сложной связи генератора с эквивалентной системой и анализ её математического выражения	2
3	2	Влияния на статическую устойчивость различных факторов: промежуточного отбора и генерации реактивной мощности; промежуточного потребления активной мощности; потерь активной мощности в элементах электропередачи; коэффициента мощности. Влияние мощности приёмной системы (изменения напряжения на её шинах) на статическую устойчивость. Понятие действительного предела мощности. Регулирующий эффект нагрузки по напряжению и его влияние на статическую устойчивость. Характеристика мощности генератора с АРВ и влияние регулирования возбуждения на его статическую устойчивость. Особенности автоматических регуляторов пропорционального и сильного действия и влияние их параметров на устойчивость генератора.	2
4	3	Понятие и причины нарушения динамической устойчивости ЭЭС. Качественный анализ динамической устойчивости при отключении одной из цепей двухцепной ЛЭП, связывающей генератор с эквивалентной системой. Анализ влияния видов короткого замыкания на динамическую устойчивость простейшей ЭЭС. Понятие предельного угла отключения короткого замыкания и его определение с помощью правила площадей	2
5	3	Уравнение движения ротора синхронной машины и способы его решения. Понятие предельного времени отключения короткого замыкания и его определение с помощью метода последовательных интервалов. Количественный анализ динамической устойчивости двух электростанций соизмеримой мощности при коротком замыкании в начале одной из цепей связывающих их двухцепной ЛЭП	2
6	4	Регулирование скорости турбины и его влияние на устойчивость генератора. Виды регулирования частоты и перетоков мощности в ЭЭС: первичное,	2

		вторичное и третичное регулирование. Общее представление об автоматическом регулировании частоты и перетоков активной мощности	
7	5	Понятие результирующей устойчивости. Понятие асинхронного хода синхронного генератора, его особенности при потере возбуждения и с сохранением возбуждения. Основные причины наступления асинхронного хода и его негативные последствия. Качественный анализ процесса выпадения генератора из синхронизма с последующей ресинхронизацией. Способы и условия успешной ресинхронизации генератора	2
8	7	Устойчивость узла асинхронной нагрузки и анализ факторов, влияющих на неё: изменения величины напряжения на шинах питания, удалённости нагрузки от шин питания, частоты питающей системы. Понятие «лавины напряжения».	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Определение параметров схем замещения отдельных элементов ЭЭС. Составление схемы замещения расчётной простейшей ЭЭС. Расчёт параметров нормального режима простейшей ЭЭС при различных условиях (допущениях).	2
2	2	Определение показателей статической устойчивости простейшей ЭЭС (предела мощности и коэффициентов запаса по мощности) по более точным и упрощённым выражениям в зависимости от наличия у генераторов АРВ разного типа. Определение показателей статической устойчивости простейшей ЭЭС по упрощённым выражениям с помощью характеристики мощности при сложной связи генератора с эквивалентной системой с учётом различных упрощающих допущений и наличия у генераторов АРВ пропорционального действия.	2
3	3	Определение значений предельного угла отключения для различных видов коротких замыканий в простейшей ЭЭС с использованием правила площадей.	2
4	3	Определение значений предельного времени отключения для различных видов коротких замыканий в простейшей ЭЭС с использованием аналитического выражения (трёхфазное КЗ) и метода последовательных интегралов. Расчёт показателей динамической устойчивости ЭЭС с применением ПК.	2
5	5	Разбор причин возникновения асинхронного режима. Установившийся асинхронный режим и характерные его параметры. Понятие электрического центра качаний. Допустимость продолжительного асинхронного режима. Ликвидация асинхронного режима путём ресинхронизации и деления ЭЭС.	2
6	6	Применение метода малых колебаний для анализа статической устойчивости генератора в простейшей ЭЭС без учёта электромагнитных переходных процессов в обмотках статора генератора. Использование критерия Гурвица	4
7	7	Оценка статической устойчивости двигателей нагрузки. Оценка динамической устойчивости двигателей нагрузки	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Самостоятельное изучение теоретического материала	[1, гл.9-12], [2 д., гл. 1-3, 4-6, 9-14], [2, гл. 1-9, гл. 14], [2 э., С. 56-93], [1 эл.], [3 эл.]	4	35,75

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	4	Текущий контроль	Коллоквиум 1	1	5	Процедура проведения и оценивания. Коллоквиум проводится в форме беседы для проверки знания теории. Коллоквиум содержит два вопроса из списка, на подготовку ответа студенту предоставляется время до 20 минут. Критерии оценивания. 5 баллов (отлично): полный ответ на поставленный вопрос, материал логично изложен, выводы обоснованы; на уточняющие вопросы даны правильные ответы. 4 балла (хорошо): правильный ответ на вопрос, но допущены отдельные принципиальные неточности; на уточняющие и дополнительные вопросы даны правильные, но нечёткие ответы. 3 балла (удовлетворительно): частичные знания, ошибки и неточности при ответе, отсутствует логика в изложении материал, при этом хотя бы часть материала раскрыта без принципиальных ошибок. Неудовлетворительно (0-2 балла): не дан или ошибочен ответ на заданный вопрос; не смог ответить на дополнительные и уточняющие вопросы.	зачет
2	4	Бонус	поощрение студента за усердие в изучении дисциплины	-	15	Бонус - поощрение студента за усердие в изучении дисциплины. Выставляется в виде добавки в % к текущему рейтингу. 10 % - студент присутствовал на ВСЕХ лекциях и предоставил свой полный конспект. 5 % - студент пропустил НЕ	зачет

						БОЛЕЕ ДВУХ лекций и предоставил свой полный конспект. Поощрение в виде БОНУСА может также выставляться за участие в ПРОФИЛЬНЫХ олимпиадах, конференциях, конкурсах, выполнения НИР, написания научной статьи и т. п. (Суммарный бонус до 15%).	
3	4	Промежуточная аттестация	зачет	-	20	При недостаточной и/или не устраивающей студента величине рейтинга ему может быть предложено пройти тестирование по основным разделам дисциплины. Тест состоит из 20 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. Правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию - 20 баллов.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	На зачете происходит оценивание знаний, умений и приобретенного опыта обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. При недостаточной и/или не устраивающей студента величине рейтинга ему может быть предложено пройти тестирование по основным разделам дисциплины. В результате складывается совокупный рейтинг студента, который проставляется в ведомость и зачетную книжку студента. Зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине больше или равно 60 %. Не зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине - менее 60 %.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
ПК-4	Знает: основные понятия об устойчивости энергосистемы, синхронного генератора, узла асинхронной нагрузки; виды устойчивости; современные средства и способы обеспечения устойчивости электроэнергетических систем	+	+	+
ПК-4	Умеет: применять практические методики расчёта границ устойчивости в электроэнергетических системах с использованием справочной или иной информации для оценки допустимости режимов работы электроэнергетических систем	+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: владеет навыками расчета устойчивости электроэнергетических систем	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Куликов Ю. А. Переходные процессы в электрических системах : Учеб. пособие / Ю. А. Куликов. - 2-е изд., испр. и доп.. - Новосибирск : НГТУ, 2006. - 282 с.
2. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Высшая школа, 1985. - 536 с.
3. Белов А. В. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Расчет устойчивости электрических систем : учеб. пособие / А. В. Белов, Ю. В. Коровин ; Департамент науч.-технол. политики образования ; Челяб. гос. агроинж. акад.. - Челябинск : ЧГАА, 2012. - 211 с.

б) дополнительная литература:

1. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник для электротехн. и энергет. вузов и фак. / С. А. Ульянов. - Изд. 2-е, стер.. - М. : АРИС, 2010. - 518 с. : черт.
2. Жданов П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; под ред. Л. А. Жукова. - Изд. стер.. - М. : Альянс, 2019. - 455 с. : ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Устойчивость электроэнергетических систем: Программа и методические указания / составитель Ю.В. Коровин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 32 с. URL:
http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000558612L

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Устойчивость электроэнергетических систем: Программа и методические указания / составитель Ю.В. Коровин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 32 с. URL:
http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000558612L

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Хрущев, Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие. [Электронный ресурс] / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2012. — 154 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/10327

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено