

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 21.08.2026 10:52:31

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421adc1fc96453f0e902bfb0

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**

(Университет Вернадского)

Кафедра Цифровых систем и инженерных технологий

Принято Ученым советом
Университета Вернадского
«26» марта 2026 г. протокол № 8



Рабочая программа дисциплины

Основы теории устойчивости электроэнергетических систем

Направление подготовки: 13.04.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

Квалификация магистр

Форма обучения **очная, заочная**

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

Рабочая программа дисциплины разработана *доцентом кафедры Цифровых технологий и инженерных систем Тишковым В.В.*

Рецензенты:

1 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций

1.1 Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций Планируемые результаты обучения
Универсальная компетенция	
ПК-2 Способен выполнять и организовывать работы по ремонту и техническому обслуживанию оборудования подстанций и электрических сетей	Знать (З): Методы математического анализа и описания электрических схем, элементов систем управления и систем управления в целом, методы математического синтеза систем управления с опорой на определённые критерии устойчивости систем управления и необходимую точность управления; методы математического анализа устойчивости линейных, линеаризованных и нелинейных систем, методы математического описания элементов систем управления и систем управления в целом; методы функций Ляпунова; методы исследования устойчивости или неустойчивости движения; математический анализ результатов устойчивости в линейных и нелинейных системах; методы расчёта показателей качества и точности систем автоматического управления.
	Уметь (У): Выполнять расчетно-аналитические работы; формулировать выводы по работам касающихся анализа и синтеза систем управления; вносить рекомендации по оптимизации и достижению необходимого качества систем управления; исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы.
	Владеть (В): Методами анализа и моделирования элементов систем управления и систем в целом; теоретическими знаниями по расчету и анализу устойчивости систем управления; методами решения дифференциальных уравнений возмущенного движения систем автоматического регулирования; методами определения условий устойчивости и запаса устойчивости систем

2. Цели и задачи освоения учебной дисциплины, место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Цель—теоретическая и практическая подготовка студентов магистратуры в области электроэнергетики и электротехники; сформировать систему знаний и представлений об основах теории устойчивости систем, об устойчивости и неустойчивости систем по Ляпунову А.М., о свойствах устойчивых систем, критериях устойчивости, асимптотической и экспоненциальной устойчивости, орбитальной устойчивости, структурной устойчивости, о запасе устойчивости, об устойчивости линейных и нелинейных систем, методах анализа устойчивости линейных и линеаризованных систем.

Задачи:

Выпускник, освоивший программу магистратуры, в соответствии с технологическим типом задач профессиональной деятельности, на который ориентирована программа магистратуры, решает следующие задачи профессиональной деятельности:

- обеспечение эффективного использования и надежной работы сложных технических систем при производстве, хранении и переработке сельскохозяйственной продукции;
- разработка технических заданий на проектирование и изготовление нестандартных средств механизации, электрификации, автоматизации и средств технологического оснащения

3. Объем учебной дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий, текущий и промежуточный контроль по дисциплине) и на самостоятельную работу обучающихся

3.1 Очная форма обучения

Вид учебной работы	2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины, зачетных единиц	2
часов	72
Аудиторная (контактная) работа, часов	20
в т.ч. занятия лекционного типа	10
занятия семинарского типа	10
промежуточная аттестация	0,25
Самостоятельная работа обучающихся, часов	47,75
в т.ч. курсовая работа	-
Контроль	4
Вид промежуточной аттестации	зачет

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости аудиторной (контактной) и самостоятельной работы, видов контролей и перечня компетенций

Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Трудоемкость, часов			Наименование оценочного средства	Код компетенции
	всего	в том числе			
		аудиторной (контактной) работы	самостоятельной работы	Практические задания	ПК-2.1
Раздел 1. Устойчивость линейных систем	34	10	24		
Тема 1.1. Основные понятия теории устойчивости	17	5	12		
Тема 1.2. Критерии устойчивости линейных систем	17	5	12		
Раздел 2. Устойчивость нелинейных систем	33,75	10	23,75		
Тема 2.1. Методы определения устойчивости и теоремы Ляпунова А.М.	17	5	12		
Тема 2.2. Точность и показатели качества систем управления	16,75	5	11,75		
Контроль	4,25	0,25	4		
ИТОГО по дисциплине	72	20,25	59,75		

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Практическое задание	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.	Комплект задач и заданий
2	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

4.2 Содержание дисциплины по темам

Раздел 1. Устойчивость линейных систем

Цели: Понятие устойчивости линейных систем. Понятие устойчивости систем автоматического управления. Понятие устойчивости стационарных систем автоматического управления.

Задачи:

- изучение критериев устойчивости

- изучение асимптотической и экспоненциальной устойчивости для линейных систем с переменными и постоянными коэффициентами

Перечень учебных элементов раздела:

Тема 1.1. Основные понятия теории устойчивости

Понятие системы дифференциальных уравнений. Понятие фазового пространства. Понятие устойчивости систем дифференциальных уравнений.

Тема 1.2. Критерии устойчивости линейных систем

Алгебраические критерии устойчивости. Критерий устойчивости Рауса. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Ляпунова-Шипаро. Критерий устойчивости Найквиста. Критерий устойчивости Михайлова.

Раздел 2. Устойчивость нелинейных систем

Цели: Понятие устойчивости нелинейных систем. Понятие устойчивости в малом, в большом, в целом. Понятие абсолютной устойчивости.

Задачи:

- изучение критериев абсолютной устойчивости
- изучение методов исследования нелинейных САУ

Тема 2.1. Методы определения устойчивости и теоремы Ляпунова А.М.

Первый метод Ляпунова. Неравенство Ляпунова. Теорема Перрона. Теорема Ляпунова-Пуанкаре. Метод малого параметра. Неоднородная периодическая система.

Тема 2.2. Точность и показатели качества систем управления

Классификация показателей качества. Понятие прямых показателей качества. Понятие корневых показателей качества. Понятие частотных показателей качества. Понятие интегральных показателей качества системы

5. Оценочные материалы по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине представлены в виде фонда оценочных средств.

6.

Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц, режим доступа
1	Методические указания по изучению дисциплины и задания для лабораторно-практических занятий

6.2 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС):

№ п/п	Автор, название, место издания, год издания, количество страниц	Ссылка на учебное издание в ЭБС
Основная:		
1	Шишмарев, В.Ю. Теория автоматического управления: учебник / В.Ю. Шишмарев. –М.: Академия, 2012. –352 с. –104 с.	
2	Замалетдинова, Л.Я. Системы автоматического управления /Л.Я.Замалетдинова. –Казань: ФГБОУ ДПО ТИПКА, 2014. –122 с.-Текст:	http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=node/4477.-
3	Аполлонский, С.М. Электрические аппараты управления и автоматики : учебное по-сobie / С.М. Аполлонский, Ю.В. Куклев, В.Я. Фролов. —2-е изд., стер. —Санкт-Петербург: Лань, 2019. —256 с. —ISBN 978-5-8114-4601-8.	URL: https://e.lanbook.com/book/123467

6.3 Перечень электронных образовательных ресурсов

№ п/п	Электронный образовательный ресурс	Доступ в ЭОР (сеть Интернет, локальная сеть, авторизованный/свободный доступ)
1	Бобцов, А. А. Адаптивное и робастное управление с компенсацией неопределенностей СПб.: СПНИУ ИТМО, 2013. – 135 с.	http://ebs.rgazu.ru/index.php?q=search/node/%D0%B1%BE%D1%86%D

6.4 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и лицензионное программное обеспечение

Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы, цифровые электронные библиотеки и другие электронные образовательные ресурсы

1. Договор о подключении к Национальной электронной библиотеке и предоставлении доступа к объектам Национальной электронной библиотеки №101/НЭБ/0502-п от 26.02.2020 5 лет с пролонгацией
2. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 27.04.2016 бессрочно
3. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 02.03.2020 бессрочно
4. Информационно-справочная система «Гарант» – URL: <https://www.garant.ru/> Информационно-справочная система Лицензионный договор № 261709/ОП-2 от 25.06.2021
5. «Консультант Плюс». – URL: <http://www.consultant.ru/> свободный доступ
6. Электронно-библиотечная система AgriLib <http://ebs.rgazu.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014).

Доступ к электронной информационно-образовательной среде, информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения Moodle www.portfolio.rgazu.ru (свободно распространяемое)
2. Право использования программ для ЭВМ Mirapolis HCM в составе функциональных блоков и модулей: Виртуальная комната. Стандартная лицензия до 1000 пользователей на 1 месяц (Лицензионный договор № 77/03/22 – К от 25 апреля 2022)
3. Инновационная система тестирования – программное обеспечение на платформе 1С (Договор № К/06/03 от 13.06.2017)
4. Образовательный интернет – портал Российского государственного аграрного заочного университета (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-51402 от 19.10.2012).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. OpenOffice – свободный пакет офисных приложений (свободно распространяемое)
2. Электронно-библиотечная система AgriLib <http://ebs.rgazu.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014)
3. Официальная страница ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет» <https://vk.com/rgazuru> (свободно распространяемое)
4. Портал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный заочный университет» (свободно распространяемое)
<https://zen.yandex.ru/id/5fd0b44cc8ed19418871dc31>
5. Антивирусное программное обеспечение Dr. WEB Desktop Security Suite (Сублицензионный договор №13740 на передачу неисключительных прав на программы для ЭВМ от 01.07.2021).

6.5 Перечень учебных аудиторий, оборудования и технических средств обучения

Предназначение помещения (аудитории)	Наименование корпуса, № помещения(аудитории)	Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*
Учебная аудитория для занятий лекционного типа, семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), для проведения групповых консультаций и индивидуальной работы обучающихся с педагогическими работниками, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Инженерный корпус, каб. 501, 507, 508, 512, 7-12 виртуальная аудитория	1. Система дистанционного обучения Moodle www.portfolio.rgazu.ru (свободно распространяемое) 2. Образовательная платформа http://edu.rgazu.ru/ 3. Персональный компьютер на базе процессора Intel Core i5 4. Проектор SANYO PLC-XW250 5. Экран переносной на треноге Da-Lite Picture King
Помещение для самостоятельной работы	Учебно-административный корпус. Читальный зал	Персональные компьютеры в сборке с выходом в интернет.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**
(Университет Вернадского)

**Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной
аттестации обучающихся по дисциплине**

Основы теории устойчивости электроэнергетических систем

Направление подготовки: 13.04.02 - «Электроэнергетика и электротехника»

Квалификация магистр

Форма обучения **очная**

Балашиха, 2025

1. Описание показателей и критериев оценивания планируемых результатов обучения по учебной дисциплине

Компетенций	Уровень освоения*	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
ПК-2.1 Использует методики определения параметров технического состояния оборудования подстанций электрических сетей и его оценки, повышения их энергоэффективности	Пороговый (удовлетворительно)	Знает: Методы математического анализа и описания электрических схем, элементов систем управления и систем управления в целом, методы математического синтеза систем управления с опорой на определённые критерии устойчивости систем управления и необходимую точность управления; методы математического анализа устойчивости линейных, линеаризованных и нелинейных систем, методы математического описания элементов систем управления и систем управления в целом; методы функций Ляпунова; методы исследования устойчивости или неустойчивости движения; математический анализ результатов устойчивости в линейных и нелинейных системах; методы расчёта показателей качества и точности систем автоматического управления. Умеет: Выполнять расчетно-аналитические работы; формулировать выводы по работам касающихся анализа и синтеза систем управления; вносить рекомендации по оптимизации и достижению необходимого качества систем управления; исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы. Владеет: Методами анализа и моделирования элементов систем управления и систем в целом; теоретическими знаниями по расчету и анализу устойчивости систем управления; методами решения дифференциальных уравнений возмущенного движения систем автоматического регулирования; методами определения условий устойчивости и запаса устойчивости.	Выполнение практического задания Итоговое тестирование
	Продвинутый (хорошо)	Твердо знает: Методы математического анализа и описания электрических схем, элементов систем управления и систем управления в целом, методы	Выполнение практического задания Итоговое тестирование

		математического синтеза систем управления с опорой на определённые критерии устойчивости систем управления и необходимую точность управления; методы математического анализа устойчивости линейных, линеаризованных и нелинейных систем, методы математического описания элементов систем управления и систем управления в целом; методы функций Ляпунова; методы исследования устойчивости или неустойчивости движения; математический анализ результатов устойчивости в линейных и нелинейных системах; методы расчёта показателей качества и точности систем автоматического управления. Твердо умеет: Выполнять расчетно-аналитические работы; формулировать выводы по работам касающихся анализа и синтеза систем управления; вносить рекомендации по оптимизации и достижению необходимого качества систем управления; исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы. Твердо владеет: Методами анализа и моделирования элементов систем управления и систем в целом; теоретическими знаниями по расчету и анализу устойчивости систем управления; методами решения дифференциальных уравнений возмущенного движения систем автоматического регулирования; методами определения условий устойчивости и запаса устойчивости.	
	Высокий (отлично)	Сформировавшееся систематическое знание: Методы математического анализа и описания электрических схем, элементов систем управления и систем управления в целом, методы математического синтеза систем управления с опорой на определённые критерии устойчивости систем управления и необходимую точность управления; методы математического анализа устойчивости линейных, линеаризованных и нелинейных систем, методы математического описания элементов	Выполнение практического задания Итоговое тестирование

		систем управления и систем управления в целом; методы функций Ляпунова; методы исследования устойчивости или неустойчивости движения; математический анализ результатов устойчивости в линейных и нелинейных системах; методы расчёта показателей качества и точности систем автоматического управления. Сформировавшееся систематическое знание: Выполнять расчетно-аналитические работы; формулировать выводы по работам касающихся анализа и синтеза систем управления; вносить рекомендации по оптимизации и достижению необходимого качества систем управления; исследовать корни характеристического уравнения для решения вопроса об устойчивости системы. Сформировавшееся систематическое знание: Методами анализа и моделирования элементов систем управления и систем в целом; теоретическими знаниями по расчету и анализу устойчивости систем управления; методами решения дифференциальных уравнений возмущенного движения систем автоматического регулирования; методами определения условий устойчивости и запаса устойчивости.	
--	--	---	--

2. Описание шкал оценивания

2.1 Шкала оценивания на этапе текущего контроля

* Студенты, показавшие уровень усвоения ниже порогового, не допускаются к промежуточной аттестации по дисциплине.

Форма текущего контроля	Отсутствие усвоения (ниже порогового)*	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение практического задания	не выполнена или все задания решены неправильно	Решено более 50% задания, но менее 70%	Решено более 70% задания, но есть ошибки	все задания решены без ошибок
Тест	Менее 51%	51-79%	80-90%	91% и более

2.2 Шкала оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет и экзамен в виде итогового теста, курсовая работа)

Форма промежуточной аттестации	Отсутствие усвоения (ниже порогового)	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение итоговых тестов (не менее 15 вопросов на вариант)	Менее 51%	51-79%	80-90%	91% и более

- 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

КОМПЛЕКТ ТЕСТОВ для промежуточной аттестации (экзамен) по дисциплине Основы технологии баз данных

Зачет проводится в виде Тестирования (Итоговый тест). Для выполнения теста отводится 45 минут.

Примерные задания Тест Примеры тестовых заданий:

1. Максимальное значение амплитудно-частотной характеристики колебательного звена называют:

1. Показателем колебательности;
2. Показателем быстродействия;
3. Запасом устойчивости.

2. Замкнутая система, содержащая объект в виде апериодического звена и интегральный регулятор, при любом положительном параметре настройки регулятора:

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

3. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы является:

1. Расположение всех вещественных корней её характеристического уравнения в левой полу-плоскости;
2. Расположение всех комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;
3. Расположение всех вещественных и комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости.

4. Система, состоящая из последовательно и (или) параллельно соединённых устойчивых линейных звеньев, заведомо:

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

5. Показателями качества управления в переходном режиме работы системы являются:

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

6. Показателями качества управления в установившемся режиме работы системы являются:

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

7. Цифровое устройство, имеющее два устойчивых состояния равновесия и выполняющее роль электронного реле, называется:

1. Триггером.
2. Регистром.
3. Счетчиком импульсов.

8. Перемещение в левой полуплоскости в направлении от вещественной полуоси всех корней характеристического уравнения системы способствует увеличению её:

1. Быстродействия;
2. Колебательности;
3. Инерционности.

9. Соединение в виде двух последовательно включенных интегрирующих звеньев, охваченных единичной отрицательной обратной связью, представляет собой:

1. Генератор незатухающих синусоидальных колебаний, то есть систему на границе устойчивости;
2. Аperiodическое звено;
3. Звено транспортного запаздывания.

10. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы является:

1. Расположение всех вещественных корней её характеристического уравнения в левой полу-плоскости;
2. Расположение всех комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости;
3. Расположение всех вещественных и комплексно-сопряжённых корней её характеристического уравнения в левой полуплоскости.

11. Показателями качества управления в переходном режиме работы системы являются:

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

12. Показателями качества управления в установившемся режиме работы системы являются:

1. Интегральный квадратичный критерий, динамическая ошибка, время регулирования;
2. Дисперсия управляемой величины, статическая погрешность;
3. Запас устойчивости, параметрическая чувствительность.

13. Приближение к мнимой оси комплексно-сопряжённых корней характеристического уравнения системы означает:

1. Стремление к бесконечности резонансного пика в амплитудно-частотной характеристике системы;
2. Уменьшение резонансного пика в амплитудно-частотной характеристике системы;
3. Уменьшение колебательности системы.

14. Годограф Михайлова, относящийся к САР третьего порядка, начинается на положи-тельной вещественной полуоси и с возрастанием частоты последовательно проходит против движения часовой стрелки два квадранта комплексной плоскости и остается в третьем квадранте даже при стремлении частоты к бесконечности. Эта система:

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.

15. Годограф Михайлова, относящийся к САР третьего порядка, начинается на положительной вещественной полуоси и с возрастанием частоты последовательно проходит против движения часовой стрелки первый квадрант комплексной плоскости, начало координат и остается в третьем квадранте даже при стремлении частоты к бесконечности. Эта система:

1. Устойчива;
2. Неустойчива;
3. Находится на границе устойчивости.