

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Динамика систем автоматического фазирования

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.03 Динамика систем автоматического фазирования относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-5: Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий	<p>ПК-5.1: Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов</p> <p>ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации</p> <p>ПК-5.3: Умеет измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений</p> <p>ПК-5.4: Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов</p> <p>ПК-5.5: Имеет практические навыки работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных</p> <p>ПК-5.6: Имеет практические навыки</p>	<p>ПК-5.1: Знать базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов</p> <p>ПК-5.2: Уметь применять новейшие результаты нелинейной динамики при решении задач когерентного сложения мощностей, фазирования и передачи информации, используя базы данных. Знать современные проблемы и достижения в теории синхронизации и автоматического регулирования, а также использования синхронизации и хаотической динамики в прикладных задачах. Знать современные средства численного моделирования нелинейной динамики</p> <p>ПК-5.3: Уметь измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений.</p>	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	<p>эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ПК-5.7: Имеет практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях</p>	<p>ПК-5.4: Уметь применять методы численного интегрирования для исследования динамики систем синхронизации и автоматического регулирования. Владеть навыками анализа научной литературы по тематике курса и разработки алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования.</p> <p>ПК-5.5: Иметь практические навыки работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных.</p> <p>ПК-5.6: Иметь практические навыки эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.</p> <p>ПК-5.7: Иметь практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях.</p>		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2

Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	
Тема 1: Цифровые системы синхронизации и фазирования	9	4		4	5
Тема 2: Аналоговые системы синхронизации и фазирования	12	6		6	6
Тема 3: Динамика системы фазовой автоподстройки частоты с различными фильтрами	11	5		5	6
Тема 4: Схемы нелинейного фазирования в ансамблях автогенераторов. Устойчивость режима синхронизации	10	5		5	5
Тема 5: Недостатки систем нелинейного фазирования	9	4		4	5
Тема 6: Эффекты кластерной и «модовой» синхронизации в цепочке автогенераторов	9	4		4	5
Тема 7: Динамический хаос. Характеристики хаотических колебаний	7	2		2	5
Тема 8: Хаотическая синхронизация. Использование хаоса для передачи информации	4	2		2	2
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

-

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к заданиям и контрольным вопросам для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, приведённым в пункте 5.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

1. Цифровая система частотно-фазовой автоподстройки. Расчет устойчивости системы. Остаточная разность фаз и частот при линейном и квадратичном дрейфе частоты.
2. Электрооптическая система фазовой стабилизации в волоконном усилителе. Остаточная разность фаз. Расчет устойчивости для фильтра второго порядка, фильтра с интегратором.
3. Влияние задержки в электрооптической цепи автоподстройки на устойчивость системы (возникновение автомодуляционного режима). Пример системы стабилизации фазовых флюктуаций в оптоволоконной линии связи для передачи эталонных единиц времени и частоты.
4. Система фазовой автоподстройки частоты, вывод уравнения модели. Остаточная разность фаз и пример точной подстройки фазы. Расчет устойчивости.

5. Динамика системы фазовой автоподстройки частоты с фильтром первого порядка в цепи управления (модель сверхпроводящего джозефсоновского контакта). Понятие полосы удержания и захвата, существование режима бистабильности.

6. Электронное управление лучом в фазированных антенных решетках (ФАР).

Активные ФАР. Схема синхронизации автогенераторов общим опорным сигналом и схема каскадного соединения автогенераторов. Расчет пределов поворота диаграммы направленности.

7. Фазирование в цепочке взаимосвязанных автогенераторов. Существование и устойчивость режима синхронизации с линейным градиентным распределением фаз вдоль цепочки. Расчет устойчивости для связей с инерционностью первого порядка.

8. Характерное время установления синхронного режима и влияние ошибки управляющих параметров на точность синхронизации в схемах нелинейного фазирования.

9. Кластерная синхронизация в цепочке взаимосвязанных генераторов с линейным градиентным распределением собственных частот.

10. «Модовая» синхронизация в цепочке взаимосвязанных генераторов с линейным градиентным распределением собственных частот.

11. Понятие динамического хаоса. Характеристики хаотических колебаний, ляпуновские показатели.

12. Схемы генерации хаотических колебаний радиодиапазона.

13. Хаотическая синхронизация. Различные виды хаотической синхронизации и их характеристики.

14. Схемы передачи информации, использующие хаотическую несущую.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продемонстрированы базовые	Продемонстрированы базовые	Продемонстрированы навыки	Продемонстрирован творческий

Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--	--	---	---	--	--------------------------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Цифровая система частотно-фазовой автоподстройки. Пример системы

формирования группового сигнала эталонной частоты.

2. Электрооптическая система фазовой стабилизации в волоконном усилителе.

Остаточная разность фаз. Задача когерентного сложения мощностей в решетке оптоволоконных усилителей.

3. Влияние задержки в электрооптической цепи автоподстройки на устойчивость

системы (возникновение автомодуляционного режима). Пример системы стабилизации фазовых флуктуаций в оптоволоконной линии связи.

4. Система фазовой автоподстройки частоты, вывод уравнения модели. Остаточная разность фаз и пример точной подстройки фазы.

5. Динамика системы фазовой автоподстройки частоты с фильтром первого порядка в цепи управления (модель сверхпроводящего джозефсоновского контакта). Понятие полосы удержания и захвата, существование режима бистабильности.

6. Электронное управление лучом в фазированных антенных решетках (ФАР). Активные ФАР. Схема синхронизации автогенераторов общим опорным сигналом и схема каскадного соединения автогенераторов.

7. Фазирование в цепочке взаимосвязанных автогенераторов. Существование и устойчивость режима синхронизации с линейным градиентным распределением фаз вдоль цепочки.

8. Характерное время установления синхронного режима и влияние ошибки управляющих параметров на точность синхронизации в схемах нелинейного фазирования.

7

9. Кластерная синхронизация в цепочке взаимосвязанных генераторов с линейным градиентным распределением собственных частот.

10. «Модовая» синхронизация в цепочке взаимосвязанных генераторов с линейным градиентным распределением собственных частот.

11. Понятие динамического хаоса. Характеристики хаотических колебаний, ляпуновские показатели.

12. Схемы генерации хаотических колебаний радиодиапазона.

13. Хаотическая синхронизация. Различные виды хаотической синхронизации и их

характеристики.

14. Схемы передачи информации, использующие хаотическую несущую.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Системы фазовой синхронизации с элементами дискретизации / под ред. В. В. Шахгильдяна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1989. - 318, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00223-6 (в пер.) : 3.50., 1 экз.
2. Мишагин Константин Геннадьевич. Нелинейная динамика систем фазирования в антенных решетках : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2007. - 188 с. - В надзаг.: Приоритетный национальный проект "Образование". Инновац. образоват. программа Нижегород. ун-та: Образоват.-науч. центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое обеспечение" . - ISBN 978-5-91326-024-6 : 46.07., 2 экз.
3. Кузнецов Сергей Петрович. Динамический хаос : курс лекций : учеб. пособие для студентов вузов. - М. : Физматлит, 2001. - 296 с. : ил. - (Современная теория колебаний и волн). - Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - ISBN 5-94052-044-8 : 30.00., 46 экз.

Дополнительная литература:

1. Пиковский А. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / пер. с англ. А. С. Пиковского, М. Г. Розенблюма. - М. : Техносфера, 2003. - 496 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 5-94836-020-2 : 270.00., 23 экз.
2. Устойчивость, структуры и хаос в нелинейных сетях синхронизации / под общ. ред. А. В. Гапонова-Грехова, М. И. Рабиновича ; АН СССР, Ин-т приклад. физики. - Горький, 1989. - 253 с. - 1.70., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Мишагин Константин Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Матросов Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.