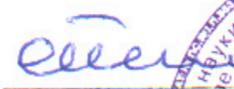


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный
институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН)

Принято на Ученом совете
ОИВТ РАН
Протокол №5 от 21.06.2022

«Утверждаю»
Директор ОИВТ РАН


« _____ » академик Петров О.Ф.
« _____ » 2022 год



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Спецглавы радиотехники»

направление подготовки **03.06.01 «Физика и астрономия»**
(направленность – 1.3.13 Электрофизика, электрофизические установки)

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Москва
2022 год

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью освоения дисциплины «**Спецглавы радиотехники**» является изучение основных подходов к обработке сигналов (аналоговой и цифровой), изучение основ функционирования различных датчиков, используемых в электрофизических экспериментах, а также решение некоторых задач в области электромагнитной совместимости.

Задачами данного курса являются:

- изучение физических принципов функционирования различных датчиков, используемых в электрофизических экспериментах;
- изучение основ аналоговой и цифровой обработки сигналов;
- изучение подходов к построению измерительных схем в экспериментальных исследованиях;
- изучение основ регистрации и передачи электрических сигналов;
- получение представлений о методах борьбы с шумами в измерениях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «**Спецглавы радиотехники**» базируется на таких дисциплинах как общая физика, в частности, электричество и магнетизм, и радиотехника. Освоение курса необходимо для разносторонней подготовки к профессиональной деятельности, включающей как проведение фундаментальных исследований, так и постановку и решение инженерных задач с использованием современного оборудования.

3. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

4. ГОД И СЕМЕСТР ОБУЧЕНИЯ

Второй год, третий и четвертый семестр обучения.

5. ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.

Вариативная часть, в т.ч.:	<u>6</u> зач. ед.
лекции	<u>43</u> часов
Семинары и практические занятия	<u>65</u> часов
лабораторные работы	<u>нет</u> часов
индивидуальные занятия с преподавателем	<u>нет</u> часов
Самостоятельные занятия	<u>108</u> часов
ВСЕГО	6 зач. ед., 216 часов

6. КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Знать:

- Принципы функционирования различных датчиков, используемых в электрофизических экспериментах;

- Способы ослабления, интегрирования и дифференцирования электрических сигналов и их применения в конкретных схемах;
- Амплитудные и частотные характеристики основных применяемых в электрофизических экспериментах измерительных схем;
- Причины возникновения электрических шумов в измерительных системах.

2. Уметь:

- Читать и строить электрические измерительные схемы, строить эквивалентные электрические схемы;
- Конструировать аналоговые и цифровые фильтры.

3. Владеть:

- Методами ослабления шумов в измерительных системах;
- Методами аналоговой и цифровой обработки сигналов.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Основные характеристики датчиков.	12
2. Измерения в СВЧ.	12
3. Усилители и преобразователи.	12
4. Фильтры.	12
5. Малошумящие усилители.	12
6. Модуляция.	12
7. Аналоговые и цифровые сигналы.	12
8. Цифровые фильтры.	12
9. Адаптивная фильтрация.	12
10. Анализ спектра.	12
11. Средства цифровой обработки сигналов.	12
12. Общие вопросы электромагнитной совместимости.	12
13. Классификация источников помех.	12
14. Механизмы связи.	14
15. Помехозащитные устройства.	14
16. Экраны.	14
17. Техника измерений в электромагнитной совместимости.	14
18. Определение помехоустойчивости. Имитация помех.	14
19. Измерение электрических характеристик изоляции.	14
ВСЕГО(зач. ед.(часов))	216 часов

Лекции:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Основные характеристики датчиков. Статические и динамические характеристики. Точность измерений.	2
2	Измерения в СВЧ. Диаграмма Смита, КСВ.	2
3	Усилители и преобразователи сигналов. Обратная связь и операционные усилители. Генераторы.	2
4	Пассивные и активные фильтры. Частотная характеристика и добротность.	2
5	Прецизионные схемы и малошумящая аппаратура. Дифференциальные усилители.	2
6	Модуляция. Радиосвязь и передача данных.	2
7	Аналоговые и цифровые сигналы. АЦП и ЦАП, их основные характеристики. Теорема Котельникова.	2
8	Цифровые фильтры. БИХ и КИХ фильтры. Применение z-преобразования.	2
9	Адаптивная фильтрация и линейное предсказание.	2
10	10. Анализ спектра и автокорреляционной функции. Теорема Винера-Хинчена.	2
11	Аппаратные средства цифровой обработки сигналов.	2
12	Общие вопросы электромагнитной совместимости, определения. Шум, помехи и сигналы.	2
13	Классификация источников помех. Узкополосные, мезополосные и широкополосные помехи и сигналы.	2
14	Механизмы связи и способы ее ослабления. Гальваническая, емкостная и индуктивная связь. Связь электромагнитным излучением.	2
15	Пассивные помехозащитные устройства. Фильтры, разрядники, защитные диоды и варисторы. Оптическая и гальваническая развязка.	2
16	Экраны. Экранирование статических и квазистатических полей. Экранирование электромагнитных волн.	2
17	Техника измерений при решении проблем электромагнитной совместимости. Измерение напряжения, тока, напряженности и мощности. Приборы для измерений.	2
18	Экспериментальное определение помехоустойчивости. Имитация помех. Имитация статических и квазистатических полей. Имитация электромагнитных волн.	2
19	Измерение электрических характеристик изоляции. Схема замещения для конденсатора с потерями. Измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь.	2
ВСЕГО (зач. ед.(часов))		38 часа

Лабораторные занятия: нет**Практические занятия (семинары)**

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Основные характеристики датчиков. Статические и динамические характеристики. Точность измерений.	4
2	Измерения в СВЧ. Диаграмма Смита, КСВ.	4
3	Усилители и преобразователи сигналов. Обратная связь и операционные усилители. Генераторы.	4
4	Пассивные и активные фильтры. Частотная характеристика и добротность.	4
5	Прецизионные схемы и малошумящая аппаратура. Дифференциальные усилители.	4
6	Модуляция. Радиосвязь и передача данных.	4
7	Аналоговые и цифровые сигналы. АЦП и ЦАП, их основные характеристики. Теорема Котельникова.	4
8	Цифровые фильтры. БИХ и КИХ фильтры. Применение z-преобразования.	4
9	Адаптивная фильтрация и линейное предсказание.	4
10	10. Анализ спектра и автокорреляционной функции. Теорема Винера-Хинчена.	4
11	Аппаратные средства цифровой обработки сигналов.	4
12	Общие вопросы электромагнитной совместимости, определения. Шум, помехи и сигналы.	4
13	Классификация источников помех. Узкополосные, мезополосные и широкополосные помехи и сигналы.	4
14	Механизмы связи и способы ее ослабления. Гальваническая, емкостная и индуктивная связь. Связь электромагнитным излучением.	3
15	Пассивные помехозащитные устройства. Фильтры, разрядники, защитные диоды и варисторы. Оптическая и гальваническая развязка.	3
16	Экраны. Экранирование статических и квазистатических полей. Экранирование электромагнитных волн.	3
17	Техника измерений при решении проблем электромагнитной совместимости. Измерение напряжения, тока, напряженности и мощности. Приборы для измерений.	3
18	Экспериментальное определение помехоустойчивости. Имитация помех. Имитация статических и квазистатических полей. Имитация электромагнитных волн.	3

19	Измерение электрических характеристик изоляции. Схема замещения для конденсатора с потерями. Измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь.	3
ВСЕГО (зач. ед.(часов))		70 часов

Содержание дисциплины

№ п/п	Название модулей	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа (часы)	Самостоятельная работа (часы)
1	I. Измерения и обработка сигналов	Основные характеристики датчиков.	Основные характеристики датчиков. Статические и динамические характеристики. Точность измерений.	6	6
2		Измерения в СВЧ.	Измерения в СВЧ. Диаграмма Смита, КСВ.	6	6
3		Усилители и преобразователи	Усилители и преобразователи сигналов. Обратная связь и операционные усилители. Генераторы.	6	6
4		Фильтры.	Пассивные и активные фильтры. Частотная характеристика и добротность.	6	6
5		Малозумящие усилители.	Прецизионные схемы и малозумящая аппаратура. Дифференциальные усилители.	6	6
6		Модуляция.	Модуляция. Радиосвязь и передача данных.	6	6
7		Аналоговые и цифровые сигналы.	Аналоговые и цифровые сигналы. АЦП и ЦАП, их основные характеристики. Теорема Котельникова.	6	4
8		Цифровые фильтры.	Цифровые фильтры. БИХ и КИХ фильтры. Применение z-преобразования.	6	6
9		Адаптивная фильтрация.	Адаптивная фильтрация и линейное предсказание.	6	6
10		Анализ спектра.	Анализ спектра и автокорреляционной функции. Теорема Винера-Хинчена.	6	6
11		Средства ЦОС	Аппаратные средства цифровой обработки сигналов.	6	6

12	II. Электро- магнитная совместимость	Общие вопросы ЭМС	Общие вопросы электромагнитной совместимости, определения. Шум, помехи и сигналы.	6	6
13		Классификация источников помех.	Классификация источников помех. Узкополосные, мезополосные и широкополосные помехи и сигналы.	6	6
14		Механизмы связи.	Механизмы связи и способы ее ослабления. Гальваническая, емкостная и индуктивная связь. Связь электромагнитным излучением.	5	5
15		Помехозащитные устройства.	Пассивные помехозащитные устройства. Фильтры, разрядники, защитные диоды и варисторы. Оптическая и гальваническая развязка.	5	5
16		Экраны.	Экраны. Экранирование статических и квазистатических полей. Экранирование электромагнитных волн.	5	5
17		Техника измерений в ЭМС	Техника измерений при решении проблем электромагнитной совместимости. Измерение напряжения, тока, напряженности и мощности. Приборы для измерений.	5	5
18		Определение помехоустойчивости.	Экспериментальное определение помехоустойчивости. Имитация помех. Имитация статических и квазистатических полей. Имитация электромагнитных волн.	5	5
19		Измерение электрических характеристик изоляции.	Измерение электрических характеристик изоляции. Схема замещения для конденсатора с потерями. Измерение ёмкости и тангенса угла диэлектрических потерь.	5	5
Всего (часов)			108	108	

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета.

1. Датчики и сигналы. Основные определения. Характеристики датчиков.
2. Усиление аналоговых сигналов. Отношение сигнал/шум.
3. Принципы измерения параметров СВЧ радиосигналов.
4. Аналоговые фильтры. Примеры ФНЧ, ФВЧ и ПФ.
5. АЦП и ЦАП. Квантование по времени и по уровню. Теорема Котельникова.
6. Цифровые фильтры. КИХ и БИХ фильтры, их свойства.
7. Z-преобразование, его связь со структурой фильтра.
8. Согласованный фильтр.
9. Цифровой спектральный анализ, алгоритмы БПФ. Оконные функции.
10. Статистические модели сигналов. Модель авторегрессии (АР). Отбеливающий фильтр для АР-процесса. Теорема о стационарности АР-процесса.
11. Оценка параметров АР-процесса по отсчетам сигнала. Уравнения Юла – Уолкера.
12. Фильтр линейного предсказания. Оценка коэффициентов линейного предсказания по минимуму сигнала ошибки. Связь линейного предсказания с моделью авторегрессии
13. Классификация источников помех. Механизмы связи и способы ее ослабления.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- а. Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет
- б. Необходимое программное обеспечение:** Интернет-браузер
- с. Обеспечение самостоятельной работы:** доступ в Интернет

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Адольф Шваб, Электромагнитная совместимость, пер. с нем., – М.: Энергоатомиздат, 1995, 480с.
2. Адольф Шваб, Измерения на высоком напряжении, измерительные приборы и способы измерения, 2-е изд., пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1983, 264с.
3. Хоровиц П., Хилл У., Искусство схемотехники: В 2-х томах., Пер. с англ. М.: Мир, 1983.
4. Айфичер Эммануил С., Джервис Барри У., Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.
5. Vladimir Gurevich, Protecting Electrical Equipment, De Gruyter, Berlin, 2021, 386p.
6. Giri, D. V., Frank Sabath, and Richard Hoad. High-power electromagnetic effects on electronic systems. Artech House, 2020, 307p.

Дополнительная литература:

1. Vladimir M. Chepelev, Yury V. Parfenov, William A. Radasky, Boris A. Titov, Leonid N. Zdoukhov, Ke-jie LI, Yu-hao Chen, Xu Kong, Yan-zhao Xie, Methodical Approach for Immunity

Assessment of Electronic Devices Excited by High Power EMP, Journal of Electronic Testing, 5 (34), 2018, p. 547-557.

2. Yury Parfenov, Vladimir Chepelev, William Radasky, About the Possibility of Mistakes When Using Unipolar Electric Field Pulses When Assessing Electronic Device Immunity to UWB Pulses, Joint IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility & Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (2018 Joint IEEE EMC & APEMC), Singapore, May 14-17, 2018, p.928-931.
3. Yu. Parfenov, V. Chepelev, Yan-zhao Xie, Ke-jie LI, About Optimal Value of UWB Pulse Repetition Rate for Assessment of the Electronic Devices Immunity, AMEREM 2018, Santa Barbara, California, August 27-31, 2018, p.164.
4. Здухов Л.Н., Парфёнов Ю.В., Тарасов О.А., Чепелев В.М., Три возможных механизма возникновения отказов электронных устройств в результате электромагнитного воздействия, Технологии электромагнитной совместимости (ЭМС), 2(65), 2018, с.22-34.
5. Richard G. Lyons, Understanding Digital Signal Processing, 3rd Edition, 2010, 954p.

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.

1. <http://lib.mipt.ru/catalogue/1604/?t=492> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.exponenta.ru> – образовательный физический сайт.
3. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
5. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
6. <http://www.i-exam.ru> – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.

11. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

русский

Программу составил  к.ф.-м.н., Чепелев В.М..

«14» июня 2022г.