

1. **Название:** Радиочастотные системы и устройства

2. **Лектор (ы):** к.т.н. Серегин Павел Сергеевич,
к.ф.-м.н. Авдиевич Николай Иванович

3. **Ассистент (ы)**
Соломаха Георгий Алексеевич

4. **Язык обучения**
Русский

5. **Зачётные единицы (кредиты) и форма оценивания**
4 з.е./ECTS, зачёт с оценкой

6. **Образовательная программа (ы) и семестр изучения**
Магистратура: Радиочастотные системы и устройства, 3 семестр

7. **Пререквизиты**
Изучение данного курса предполагает прохождение следующих курсов:

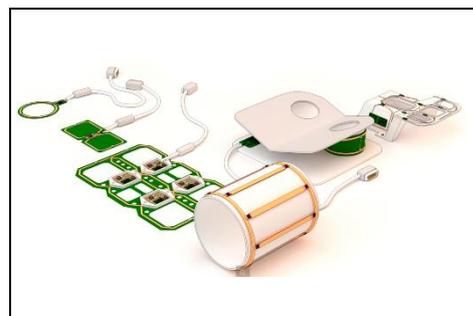
1. Теория цепей
2. Радиотехнические цепи и сигналы
3. Антенны и устройства СВЧ

8. **Краткая аннотация:**

Целью данного курса является знакомство студентов с различными типами радиочастотных катушек, методами их проектирования, а также основами построения радиочастотных систем МРТ-томографов. Будут рассмотрены принципы построения радиочастотных объёмных и поверхностных катушек, принципы синтеза сигналов для МРТ, а также принципы и основные параметры передающих и приёмных усилителей, используемых в МРТ.

Данный курс является специализированным и предназначен для магистров со специализацией в области магнитно-резонансной томографии.

9. **Содержание курса**



№ раздела	Название раздела	Основные темы раздела, разделенные на лекции, практики, лабораторные	Формат занятия	Предполагаемая дата (если известно)
1	Принципы построения радиочастотного тракта МРТ.	Вводная лекция. Основные параметры	Лекция	
		Питание радиочастотного тракта	Лекция	
		Экранирование радиочастотного тракта и комнаты сканирования	Лекция	

2	Радиопередающий тракт МРТ	Синтезаторы сигналов	Лекция	
		Исследование цифровых синтезаторов частот	Лабораторная	
		Принципы построения усилителей мощности	Лекция	
		Передающая катушка МРТ и согласование оконечного тракта	Лекция	
		Самодиагностика и тестирование передающего тракта	Лекция	
3	Радиоприемный тракт МРТ	Принципы построения радиоприемного тракта МРТ	Лекция	
		Малощумящие усилители	Лекция	
		Исследование характеристик малошумящих усилителей	Лабораторная	
		Супергетеродинные приемники МРТ	Лекция	
		Цифровые приемники МРТ	Лекция	
		Система самодиагностики радиоприемного тракта	Лекция	
4	Цифровая обработка сигналов в радиочастотном тракте МРТ	Основы цифровой обработки сигналов в системе сбора данных МРТ	Лекция	
5	Беспроводные катушки и резонаторы МРТ	Принцип построения беспроводных катушек МРТ	Лекция	
		Беспроводное питание МРТ катушек	Лекция	
6	Поверхностные катушки. Элементы	Теорема взаимности. Эффективность РЧ-	Лекция	

	РЧ-катушек	катушки. ССШ. Добротность. Оптимизация РЧ-катушки		
		Поперечные РЧ-катушки. Приёмные/передающие линейные и квадратурные катушки.	Лекция	
		Согласование и настройка поверхностных РЧ-катушек. Компоненты и цепи, используемые в РЧ-катушках.	Лекция	
		Переключатели на PIN-диодах, симметрирующие устройства. Гибридные соединения и делители.	Лекция	
7	Приёмные и передающие РЧ-катушки. Подключение к сканеру. Объёмные радиочастотные катушки	Общий метод создания объёмной РЧ-катушки с однородным магнитным полем. Одномодовые объёмные катушки. Многомодовые объёмные катушки. Катушка типа «птичья клетка». ТЕМ-резонатор.	Лекция	
		Методы отстройки (активные, пассивные). Особенности катушек, работающих только на передачу. Особенности работающих только на передачу объёмных катушек.	Лекция	
		Приёмные массивы РЧ-катушек. Развязка катушек с помощью предусилителей. Прокладка кабелей. Параллельный приём. Компоненты и цепи, используемые для катушек, работающих только в режиме приёма или передачи.	Лекция	
		Лабораторная работа: Численное	Лабораторная	

		моделирование катушки типа «птичья клетка»		
8	Массивы РЧ-катушек .Методы развязки массивов катушек.	Развязка массивов, работающих только на приём. Развязка приёмопередающих массивов. Резонансная индуктивная развязка. Развязка передающих массивов с помощью усилителей. Отстройка элементов массивов, работающих только на приём и только на передачу. Развязка двухчастотных массивов. Геометрическая развязка.	Лекция	
		Одиночный элемент массива. Развязка массивов, работающих только на передачу или только на приём. Электрическая и магнитная связь. Развязка приёмных массивов. Примеры массивов. Массивы, работающие только на передачу и приёмопередающие катушки. МРТ на сверхвысоких полях: преимущества и основные проблемы.	Лекция	
		Моделирование рамочных катушек. Развязка. Соотношение сигнал-шум.	Лабораторная	
9	Многочастотные катушки	Обзор и полезные решения (двухчастотные симметрирующие устройства). Настройка на две частоты одиночной поверхностной катушки. Согласование и эффективность двухчастотных	Лекция	

		катушек.		
		Настройка на две частоты двух отдельных катушек. Различные реализации таких катушек. Двухчастотные объёмные катушки. Двухчастотные массивы катушек.	Лекция	
10	Оптимизация катушек для МРТ сверхвысокого поля	Локальный максимум SAR. Развязка приёмопередающего массива. Различные методы оптимизации. Эффективность передачи. Работа в режиме приёма. Продольное покрытие катушки.	Лекция	
		Моделирование массива рамочных катушек для высоких полей. Воксельные модели, SAR, однородность РЧ-поля.	Лабораторная	

10. Литература

Обязательная:

1. Vaughan J. T., Griffiths J. R. (ed.). RF coils for MRI. – John Wiley & Sons, 2012.
2. Жодзишский М. И. Цифровые радиоприемные системы: Справочник. – Радио и связь, 1990.
3. Гасанов О., Губа А., Кишов Р. Принципы построения радиоприемников с цифровой обработкой сигнала //Электронные компоненты. – 2010. – №. 12-С. – С. 63-65.
4. Фомин Н. Н. и др. Радиоприемные устройства. – 2007.
5. Mispelter R. F., Lupu J. and Briguet A., NMR probeheads for biophysical and biomedical experiments, 2015.
6. Брюханов Ю. А., Лукашевич Ю. А. Эффекты аналого-цифрового преобразования сигналов в цифровых радиоприемных устройствах //DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. – 2017. – Т. 7. – №. 1. – С. 119-123.
7. Ohliger M. A., Sodickson D. K. An introduction to coil array design for parallel MRI //NMR in Biomedicine: An International Journal Devoted to the Development and Application of Magnetic Resonance In vivo. – 2006. – Т. 19. – №. 3. – С. 300-315.
8. Gruber B. et al. RF coils: A practical guide for nonphysicists //Journal of magnetic resonance imaging. – 2018. – Т. 48. – №. 3. – С. 590-604.

Рекомендованная:

1. Исследование методов подавления шума в интегральных широкополосных МШУ. Белоусов, Е.О. T-Comm - Телекоммуникации и Транспорт Volume: 6 Issue 10 (2012) ISSN: 2072-8735 Online ISSN: 2072-8743
2. Chen C.N. and Hoult D.I., Biomedical magnetic resonance technology, 1989.
3. Vaughan J.T. and Griffiths J.R., RF coils for MRI, 2012.
4. Забеньков И. И. и др. Проектирование цифровых приемных устройств //Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2006. – №. 1 (13).
5. Рябов И. В., Юрьев П. М. Цифровой синтез сложных широкополосных сигналов //МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. – 2007. – С. 61.
6. Маковий В. А., Ермаков С. А. Выбор оптимальных частотных режимов в аналого-цифровых трактах программируемых радиоприёмных устройств //Теория и техника радиосвязи. – 2013. – №. 3. – С. 52-58.
7. Болтунов Е. В. Нейросетевой метод расширения динамического диапазона цифрового радиоприемного устройства //Омский научный вестник. – 2011. – №. 3 (103).
8. Плаксиенко В., Плаксиенко Н. Радиоприемные устройства и телевидение. – Litres, 2019.
9. Кузнецов П. В. Адаптивное увеличение динамического диапазона цифрового приемника //Вестник Нижегородского университета им. НИ Лобачевского. – 2012. – №. 1-1.
10. Одоевский С. М., Панфилов В. А. РАДИОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ. – 1997.
11. Калихман С. Г., Шехтман Б. И. Цифровая схемотехника в радиовещательных приемниках //М.: Радио и связь. – 1982.
12. Литюк В. И., Литюк Л. В. Методы цифровой многопроцессорной обработки радиосигналов. – 2004.
13. Buehrer M. et al. Array compression for MRI with large coil arrays //Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. – 2007. – Т. 57. – №. 6. – С. 1131-1139.
14. While P. T., Forbes L. K., Crozier S. A time-harmonic target-field method for designing unshielded RF coils in MRI //Measurement Science and Technology. – 2005. – Т. 16. – №. 4. – С. 997.
15. Мэнсфилд П. Быстрая магнитно-резонансная томография //Успехи физических наук. – 2005. – Т. 175. – №. 10. – С. 1044.
15. Матвеева А. В., Казначеева А. О., Муханин Л. Г. Анализ востребованности специализированных РЧ-катушек в МРТ //Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2015. – Т. 5. – №. S2. – С. 318-319.
16. Анисимов Н. В. и др. МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЙ ТОМОГРАФ (МРТ). – 2017. Патент
17. Мадиева М. Р. и др. История и перспективы развития магнитно-резонансной томографии //Наука и здравоохранение. – 2018. – №. 6.
18. Слобожанюк А. П. и др. РАДИОЧАСТОТНАЯ КАТУШКА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОГО ТОМОГРАФА. – 2018. Патент
19. Ha Y. H., Choi C. H., Shah N. J. Development and implementation of a PIN-diode controlled, quadrature-enhanced, double-tuned RF coil for sodium MRI //IEEE transactions on medical imaging. – 2017. – Т. 37. – №. 7. – С. 1626-1631.
20. Ganti A. et al. Effect of PIN diode nonlinearity on decoupler circuits in magnetic resonance imaging surface coils //Concepts in Magnetic Resonance Part B: Magnetic Resonance Engineering. – 2018. – Т. 48. – №. 3. – С. e21398.
22. Johansen D. H. et al. PIN diode driver for NMR and MRI //Journal of Magnetic Resonance. – 2019. – Т. 300. – С. 114-119.

11. Оценка успеваемости по курсу и примеры заданий

Форма контроля	Тип задания	Вес %	Минимальный порог выполнения для получения аттестации (оценка 3 или зачёт) %	Сроки выполнения	Комментарии
Текущий контроль	Лабораторная работа	20	Зачёт	Первая треть семестра	
Промежуточная аттестация (Mid-term)	Лабораторная работа	20	Зачёт	Вторая треть семестра	
Допуск к аттестации (если есть)	Лабораторная работа	20	Зачёт	Третья треть семестра	
Аттестация (экзамен/зачёт)	Экзамен	10	Оценка 3	Конец семестра	
Σ		100			