Радиочастотные системы МР-томографов

Лекторы:
Павел Серегин
Георгий Соломаха

Язык:
Русский

Трудоемкость:
3 з.е.

Образовательная программа:
Беспроводные технологии (магистратура)
3 семестр

Пререквизиты:
Введение в теорию электрических цепей
Радиотехнические цепи и сигналы
Антенны

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
23		10
*1 академический час = 45 минутам		

Целью данного курса является знакомство студентов с различными типами радиочастотных катушек, методами их проектирования, а также основами построения радиочастотных систем МР-томографов. Будут рассмотрены принципы построения радиочастотных объѐмных и поверхностных катушек, принципы синтеза сигналов для МРТ, а также принципы и основные параметры передающих и приѐмных систем МРТ различного типа.

Содержание курса

3 семестр

Редактирование Радиочастотные системы МР-томографов

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Лаб. (ак.ч.)
Раздел 1. Принципы построения радиочастотного тракта МРТ		
1.1. Вводная лекция. Основные параметры	2	
1.2. Питание радиочастотного тракта	2	
1.3. Экранирование радиочастотного тракта и комнаты сканирования	2	
Раздел 2. Радиопередающий тракт МРТ Синтезаторы сигналов		
2.1.Исследование цифровых синтезаторов частот		2
2.2. Принципы построения усилителей мощности	2	
2.3. Передающая катушка МРТ и согласование оконечного тракта	2	
2.4. Самодиагностика и тестирование передающего тракта	2	
Раздел 3. Радиоприемный тракт МРТ		
3.1. Принципы построения радиоприемного тракта МРТ	2	
3.2. Малошумящие усилители	2	
3.3. Исследование характеристик малошумящих усилителей		2
3.4. Супергетеродинные приемники МРТ	2	
3.5. Цифровые приемники МРТ	2	
3.6. Система самодиагностики радиоприемного тракта	2	
Раздел 4. Цифровая обработка сигналов в радиочастотном тракте МРТ		
4.1. Основы цифровой обработки сигналов в системе сбора данных МРТ	2	
Раздел 5. Беспроводные катушки и резонаторы МРТ		
5.1. Принцип построения беспроводных катушек МРТ	2	
5.2. Беспроводное питание МРТ катушек	2	
Раздел 6. Поверхностные катушки. Элементы РЧ- катушек.		
6.1. Теорема взаимности. Эффективность РЧ-катушки. Отношение сигнал/шум. Добротность. Оптимизация РЧ-катушки	2	
6.2. Поперечные РЧ-катушки. Приѐмные/передающие линейные и квадратурные катушки	2	
6.3. Согласование и настройка поверхностных РЧ-катушек. Компоненты и цепи, используемые в РЧ-катушках	2	
6.4. Переключатели на PIN-диодах, симметрирующие устройства. Гибридные соединения и делители	2	
Раздел 7. Приѐмные и передающие РЧ-катушки. Подключение к сканеру. Объѐмные радиочастотные катушки		
7.1. Общий метод создания объѐмной РЧ-катушкис однородным магнитным полем. Одномодовые объѐмные катушки. Многомодовые объѐмные катушки. Катушка типа «птичья клетка». ТЕМ-резонатор.	2	
7.2. Методы отстройки (активные, пассивные). Особенности катушек, работающих только на передачу. Особенности работающих только на передачу объѐмных катушек	2	

7.3. Приѐмные массивы РЧ-катушек. Развязка катушек с помощью предусилителей. Прокладка кабелей. Параллельный приѐм. Компоненты и цепи, используемые для катушек, работающих только в режиме приѐма или передачи.	2	
7.4. Численное Лабораторная моделирование катушки типа «птичья клетка»		2
Раздел 8. Массивы РЧ-катушек. Методы развязки массивов катушек.		
8.1. Развязка массивов, работающих только на приѐм. Развязка приѐмопередающих массивов. Резонансная индуктивная развязка. Развязка передающих массивов с помощью. (лекция) усилителей. Отстройка элементов массивов, работающих только на приѐм и только на передачу. Развязка двухчастотных массивов. Геометрическая развязка.	2	
8.2. Одиночный элемент массива. Развязка массивов, работающих только на передачу или только на приѐм. Электрическая и магнитная связь. Развязка приѐмных массивов. Примеры массивов. Массивы, работающие только на передачу и приѐмопередающие катушки. МРТ на сверхвысоких полях: преимущества и основные проблемы.	2	
8.3. Моделирование рамочных катушек. Развязка. Соотношение сигнал-шум.		2
Раздел 9. Многочастотные катушки		
9.1. Обзор и полезные решения (двухчастотные симметрирующие устройства). Настройка на две частоты одиночной поверхностной катушки. Согласование и эффективность двухчастотных катушек	2	
9.2. Настройка на две частоты двух отдельных катушек. Различные реализации таких катушек. Двухчастотные объѐмные катушки. Двухчастотные массивы катушек.	2	
Раздел 10. Оптимизация катушек для МРТ сверхвысокого поля		
10.1. Локальный максимум SAR. Развязка приѐмопередающего массива. Различные методы оптимизации. Эффективность передачи. Работа в режиме приѐма. Продольное покрытие катушки	2	
10.2. Моделирование массива рамочных катушек для высоких полей. Воксельные модели, SAR, однородность РЧ-поля.		2

Рекомендуемые ресурсы

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 аналогоцифровых трактах программируемых радиоприѐмных 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.
16. 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.
17. Анисимов Н. В. и др. МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫЙ ТОМОГРАФ (МРТ). – 2017. Патент
18. Мадиева М. Р. и др. История и перспективы развития магнитно-резонансной томографии //Наука и здравоохранение. – 2018. – №. 6.
19. Слобожанюк А. П. и др. РАДИОЧАСТОТНАЯ КАТУШКА МАГНИТНОРЕЗОНАНСНОГО ТОМОГРАФА. – 2018. Патент
20. 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.
21. 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.

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: лабораторная работа, экзамен.

Форма контроля	Тип задания	Вес %	Минимальный порог выполнения для получения аттестации (оценка 3 или зачѐт) %	Сроки выполнения
Текущий контроль	Лабораторная работа	20	Зачет	Первая треть семестра
Промежуточная аттестация (Mid-term	Лабораторная работа	20	Зачет	Вторая треть семестра
Допуск к аттестации (если есть)	Лабораторная работа	20	Зачет	Третья треть семестра
Аттестация (экзамен/зачѐт)	Экзамен	40	Оценка 3	Конец семестра
ИТОГО		100	0	