

# Радиочастотные системы МР-томографов

**Lecturers:**

Павел Серегин  
Георгий Соломаха

**Language:**

Русский

**Credit points:**

3 з.е.

**Educational Program:**

Беспроводные технологии (магистратура)  
3 семестр

**Prerequisites:**

Введение в теорию электрических цепей  
Радиотехнические цепи и сигналы  
Антенны

| Lectures<br>(a.h)*            | Practice<br>(a.h) | Labs<br>(a.h) |
|-------------------------------|-------------------|---------------|
| 23                            |                   | 10            |
| *1 academic hour = 45 minutes |                   |               |

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 объёмных и поверхностных катушек, принципы синтеза сигналов для МРТ, а также принципы и основные параметры передающих и приёмных систем МРТ различного типа.

## Course content

### 3 семестр

#### Редактирование Радиочастотные системы МР-томографов

#### Структура курса

| Разделы   | Лекции<br>(ак.ч.) | Лаб.<br>(ак.ч.) |
|---|-------------------|-----------------|
| <b>Раздел 1. Принципы построения радиочастотного тракта МРТ</b>   |                   |                 |
| 1.1. Вводная лекция. Основные параметры   | 2                 |                 |
| 1.2. Питание радиочастотного тракта   | 2                 |                 |
| 1.3. Экранирование радиочастотного тракта и комнаты сканирования  | 2                 |                 |
| <b>Раздел 2. Радиопередающий тракт МРТ Синтезаторы сигналов</b>   |                   |                 |
| 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                 |                 |
| <b>Раздел 3. Радиоприемный тракт МРТ</b>  |                   |                 |
| 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                 |                 |
| <b>Раздел 4. Цифровая обработка сигналов в радиочастотном тракте МРТ</b>  |                   |                 |
| 4.1. Основы цифровой обработки сигналов в системе сбора данных МРТ  | 2                 |                 |
| <b>Раздел 5. Беспроводные катушки и резонаторы МРТ</b>  |                   |                 |
| 5.1. Принцип построения беспроводных катушек МРТ  | 2                 |                 |
| 5.2. Беспроводное питание МРТ катушек   | 2                 |                 |
| <b>Раздел 6. Поверхностные катушки. Элементы РЧ- катушек.</b>   |                   |                 |
| 6.1. Теорема взаимности. Эффективность РЧ-катушки. Отношение сигнал/шум. Добротность. Оптимизация РЧ-катушки  | 2                 |                 |
| 6.2. Поперечные РЧ-катушки. Приёмные/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                 |                 |
| <b>Раздел 7. Приёмные и передающие РЧ-катушки. Подключение к сканеру. Объёмные радиочастотные катушки</b>   |                   |                 |
| 7.1. Общий метод создания объёмной РЧ-катушки с однородным магнитным полем. Одномодовые объёмные катушки. Многомодовые объёмные 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 объёмных катушек                           | 2                 |                 |

|   |   |   |
|---|---|---|
| 7.3. 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.  | 2 |   |
| 7.4. Численное Лабораторная моделирование катушки типа «птичья клетка»  |   | 2 |
| <b>Раздел 8. Массивы РЧ-катушек. Методы развязки массивов катушек.</b>  |   |   |
| 8.1. Развязка массивов, работающих только на приём. Развязка приёмопередающих массивов. Резонансная индуктивная развязка. Развязка передающих массивов с помощью. (лекция) усилителей. Отстройка элементов массивов, работающих только на приём и только на передачу. Развязка двухчастотных массивов. Геометрическая развязка. | 2 |   |
| 8.2. 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.            | 2 |   |
| 8.3. Моделирование рамочных катушек. Развязка. Соотношение сигнал-шум.  |   | 2 |
| <b>Раздел 9. Многочастотные катушки</b>   |   |   |
| 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 объёмные катушки. Двухчастотные массивы катушек.  | 2 |   |
| <b>Раздел 10. Оптимизация катушек для МРТ сверхвысокого поля</b>  |   |   |
| 10.1. Локальный максимум SAR. Развязка приёмопередающего массива. Различные методы оптимизации. Эффективность передачи. Работа в режиме приёма. Продольное покрытие катушки   | 2 |   |
| 10.2. Моделирование массива рамочных катушек для высоких полей. Воксельные модели, SAR, однородность РЧ-поля.   |   | 2 |

## Recommended resources

### Обязательная:

1. Vaughan J. T., Griffiths J. R. (ed.). RF coils for MRI. – John Wiley & Sons, 2012.
2. Жодзишский М. И. Цифровые радиоприёмные 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. Радиоприёмные 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 радиоприёмных устройствах //ДСРА: 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.. Т-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 радиоприёмных устройств //Теория и техника радиосвязи. – 2013. – №. 3. – С. 52-58.
7. Болтунов Е. В. Нейросетевой метод расширения динамического диапазона цифрового радиоприёмного устройства //Омский научный вестник. – 2011. – №. 3 (103).
8. Плаксиенко В., Плаксиенко Н. Радиоприёмные 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. РАДИОПРИЁМНОЕ 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.

## Grading Policy

### Оценочные средства дисциплины: лабораторная работа, экзамен.

| Форма контроля                      | Тип задания         | Вес % | Минимальный порог выполнения для получения аттестации (оценка 3 или зачёт) % | 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/зачёт)          | Экзамен             | 40    | Оценка 3   | Конец семестра        |
| ИТОГО                               |                     | 100   | 0  |                       |