

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Рязань
Дата подписания: 11.09.2025 15:42:55
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г.Балашов

2024 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Беспроводная передача энергии и информации в биологических средах»

Направление подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

Направленность (профиль) «Биомедицинские электронные и компьютерные системы»

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-2 «Способен определять требования к разрабатываемым биотехническим системам и медицинским изделиям» сформулирована на основе профессионального стандарта 26.014 «Специалист по проектированию, сопровождению производства и эксплуатации биотехнических систем».

Обобщенная трудовая функция В. Разработка, постановка на производство биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения.

Трудовая функция В/02.6 Проектирование биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.БПЭИБС Способен определять требования к разрабатываемым конструктивным блокам беспроводной передачи энергии и информации в составе биотехнических систем и медицинских изделий	Определение условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей особенностей биотехнических систем и медицинских изделий	Знания: основных принципов функционирования систем беспроводной передачи энергии и информации и конструктивные решения, лежащие в основе таких систем; Умения: анализировать конструкции систем беспроводной передачи энергии и информации для различных биотехнических систем и медицинских изделий, а также способность выбирать оптимальные конструктивные решения при проектировании таких систем; Опыт: анализа структуры систем беспроводной передачи энергии и информации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы (является элективной).

Входные требования к дисциплине - изучению дисциплины предшествует формирование общепрофессиональных компетенций в дисциплинах «Физика. Электричество и магнетизм», «Математический анализ», «Электротехника».

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	4	144	32	-	16	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)			
1. Основные принципы функционирования систем беспроводной передачи энергии и информации.	12	-	6	20	Опрос	Защита индивидуального задания
2. Анализ систем беспроводной передачи энергии и информации. Основные конструктивные решения в основе систем.	10	-	5	20	Опрос	
3. Оптимизация конструктивных решений и безопасность применения систем беспроводной передачи энергии и информации.	10	-	5	20	Опрос	

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Исторический обзор развития методов беспроводного энергообеспечения. Определение критических областей применения технологий беспроводной передачи энергии и

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			информации. Беспроводная передачи электромагнитной энергии в ближнем и дальнем поле. Коммерческие имплантируемые медицинские устройства, в которых используется беспроводная передача энергии. Промышленные стандарты в области беспроводной передачи энергии.
	2	2	Традиционный подход к энергообеспечению активных имплантируемых медицинских приборов. Характеристика внешних источников питания систем беспроводной передачи энергии к имплантируемым медицинским приборам. Классификация имплантируемых медицинских приборов по уровню потребляемой мощности. Определение перспективных областей применения технологий беспроводной передачи энергии и информации.
	3	2	Теоретические основы индуктивной связи. Уравнения Максвелла. Явление электромагнитной индукции. Ключевые определения: магнитный поток, ЭДС индукции, закон Фарадея, собственная индуктивность, взаимная индуктивность, коэффициент связи. Методы расчёта собственной и взаимной индуктивности.
	4	2	Базовая схема системы индуктивной передачи энергии. Теоретические основы анализа индуктивно связанных контуров. Понятие коэффициента связи. Эквивалентное описание системы индуктивной передачи энергии. Импедансные характеристики. Коэффициент мощности. Метрики производительности системы.
	5	2	Резонансная система индуктивной передачи энергии. Индуктивно связанные колебательные контуры. Понятие резонанса. Импедансные характеристики. Коэффициент мощности. Метрики производительности системы. Эффект расхождения частот. Добротность колебательного контура.
	6	2	Физико-технические основы и методы проектирования систем беспроводного питания имплантатов. Беспроводное питание имплантатов: история и современное состояние. Особенности и проблемы проектирования систем беспроводного питания имплантатов. Проектирование устойчивых к смещениям индуктивных систем беспроводного питания имплантатов. Обеспечение тепловой безопасности и теплового комфорта.
2	7	2	Резонансная система индуктивной передачи энергии. Устойчивость системы к изменению положения катушек. Нормированная выходная мощность и эффективность системы индуктивной передачи энергии. Метрики устойчивости системы индуктивной передачи энергии к смещениям катушек. Сравнение устойчивости к

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			смещениям и эффективности систем с максимальной мощностью и максимальной эффективностью.
	8	2	Резонансная система индуктивной передачи энергии. Характерные точки и зависимости. Аналитические выражения для: критической связи, расхождения частот, нулевого реактивного импеданса. Сравнение «симметричной» и «асимметричной» системы.
	9	2	Схемы емкостной компенсации в системах резонансной индуктивной передачи энергии. Анализ характеристик систем индуктивной передачи энергии с различными схемами емкостной компенсации.
	10	2	Генерация сигнала переменного тока. Усилитель мощности класса D. Принципиальная схема усилителя мощности. Типовые проблемы проектирования. Анализ работы идеального усилителя мощности класса D.
	11	2	Усилитель мощности класса E в передающей части системы беспроводной передачи энергии. Принципиальная схема усилителя мощности. Режимы работы усилителя мощности класса E. Анализ работы идеального усилителя мощности класса E. Метрики производительности.
3	12	2	Проектирование катушечных пар в составе систем беспроводной передачи энергии. Целевые функции оптимизации геометрических характеристик катушечных пар.
	13	2	Проблемы безопасности и безвредности применения систем беспроводной передачи энергии с помощью индуктивной связи. Международные стандарты, ограничивающие нагрев тканей имплантатами. Уравнение переноса тепла в тканях. Нагрев тканей системой беспроводной передачи энергии к нейростимулятору/ Удельная поглощённая мощность.
	14	2	Оценка электромагнитной безопасности систем индуктивной передачи энергии. Электрические свойства биологических тканей. Микродозиметрия и макродозиметрия. Исследование УПМ электромагнитного излучения при различном положении источника в пространстве.
	15	2	Анализ модуля индуктивной передачи энергии в аппарате вспомогательного кровообращения LionHeart.
	16	2	Основные проблемы проектирования высокочастотных систем беспроводной передачи энергии. Волновые эффекты в электрических цепях. Схемы согласования импеданса.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Входной контроль в форме теста.
1	2-4	6	Обсуждение теоретического материала, изложенного на лекциях. Проведение опроса №1 по теме: «Проектирование базовой и резонансной систем индуктивной передачи энергии». Защита индивидуального задания.
2	5-6	4	Обсуждение теоретического материала, изложенного на лекциях. Проведение опроса №2 по теме: «Смещения катушек индуктивности и методы их компенсации». Защита индивидуального задания.
3	7-8	4	Обсуждение теоретического материала, изложенного на лекциях. Проведение опроса №3 по теме: «Оптимизация выходных характеристик систем индуктивной передачи энергии». Защита индивидуального задания.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	12	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой. Подготовка к опросу №1.
	8	Выполнение индивидуального практико-ориентированного задания и подготовка доклада и презентации к его защите
2	12	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой. Подготовка к опросу №2.
	8	Выполнение индивидуального практико-ориентированного задания и подготовка доклада и презентации к его защите
3	12	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой. Подготовка к опросу №3.

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
	8	Выполнение индивидуального практико-ориентированного задания и подготовка доклада и презентации к его защите

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Методические рекомендации для студентов по выполнению заданий для самостоятельной работы, освоению учебной литературы, подготовки презентаций и научно-технических докладов, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/> в разделе «Методические рекомендации студентам по всей дисциплине» УМК дисциплины.

Модуль 1 «Основные принципы функционирования систем беспроводной передачи энергии и информации».

Конспекты лекций, литература Л1 (с. 5-29), Л2 (с. 1-50), Л3 (с. 224-304).

Модуль 2 «Анализ систем беспроводной передачи энергии и информации. Основные конструктивные решения в основе систем».

Конспекты лекций, литература Л1 (с. 81-115), Л2 (с. 67-101, 103-141), Л4 (с. 54-64, 131-159, 228-242).

Модуль 3 «Оптимизация конструктивных решений и безопасность применения систем беспроводной передачи энергии и информации».

Конспекты лекций, литература Л1 (с. 121-168), Л2 (с. 145-167, 181-193), Л5 (с. 149-283).

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Данилов А.А. Проектирование и оптимизация энергетических трактов в составе систем беспроводного питания имплантируемых медицинских приборов / А.А. Данилов. – Москва : Знание-М, 2023. – 188 с. – ISBN 978-5-00187-427-0.

2. Schuylenbergh K. Inductive powering: basic theory and application to biomedical systems / K. Schuylenbergh, R. Puers. – 1-е изд. – Springer Science & Business Media, 2009. – ISBN 978-90-481-2412-1. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-2412-1> (дата обращения: 13.05.2024).

3. Иродов, И. Е. Электromагнетизм. Основные законы : Учеб. пособие / И.Е. Иродов. - 12-е изд. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2021. - 322 с. - (Технический университет). - URL: <https://e.lanbook.com/book/172251> (дата обращения: 13.05.2024).

4. Попов В. И., Основы силовой электроники : учебно-методическое пособие / В. И. Попов, Е. Д. Баранов, А. В. Удовиченко [и др.]. – Новосибирск : НГТУ, 2019. – 92 с. – ISBN 978-5-7782-3943-2. - URL: <https://e.lanbook.com/book/152214> (дата обращения: 13.05.2024).

5. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи / И.В. Шахнович. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Техносфера, 2006. — 288 с. — ISBN 5-94836070-9.

Периодические издания

1. МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА: Научно-технический журнал / Союз общественных объединений "Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов" (СОО МНТО ПМ); Гл. ред. С.В. Селищев. - М. : Медицина, 1967 - . - ISSN 0025-8075. – Текст: непосредственный.

2. БИОМЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА: Международный научно-прикладной журнал / Издательство "Радиотехника". - М. : Радиотехника, 1998. - . - ISSN 1560-4136. – Текст: непосредственный.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <http://www.elibrary.ru/> (дата обращения: 13.05.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. IEEE Xplore: научная электронная библиотека: сайт. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 13.05.2024). – Режим доступа: доступно из локальной сети университета.

3. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. – СПб., 2011. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 13.05.2024). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для взаимодействия преподавателей и студентов используются модули «Новости» и «Обратная связь» электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС, а также электронная почта.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах электронных презентаций и сопровождающих их текстовых файлов, содержащих описание лекционного материала в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

Также обучающиеся могут использовать для самостоятельной работы научные онлайн-журналы, в которых публикуются статьи (в том числе обзорные) релевантные к

теме дисциплины: например, журналы сообщества IEEE, в первую очередь: IEEE transactions on power electronics, IEEE transactions on biomedical circuits and systems.

При необходимости дисциплина может быть реализована частично или полностью с применением дистанционных образовательных технологий. Лекционные и практические занятия, промежуточная аттестация, а также назначенные при необходимости консультации могут проходить с использованием интернет-сервисов видеоконференций, таких как «Яндекс.Телемост», «SberJazz».

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-2.БПЭИБС** «Способен определять требования к разрабатываемым конструктивным блокам беспроводной передачи энергии и информации в составе биотехнических систем и медицинских изделий».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Основной формой работы студентов в рамках изучаемого курса является подготовка научно-технических докладов, сопровождаемых презентациями. Такая форма самостоятельной работы способствует приобретению студентами важных навыков исследовательской деятельности: самостоятельный поиск и усвоение материала, выделение главного, формулировка выводов. При подготовке научно-технического доклада студент приобретает навыки правильного представления результатов своей работы, научится кратко и чётко излагать свои мысли.

Конкретные темы докладов не являются обязательными. Преподаватель формулирует тематику занятия, на котором собирается выступить студент, после чего студент может самостоятельно сформулировать тему своего доклада. Соответствие темы доклада тематике занятия является дополнительным критерием оценки успешности выполнения студентом задания. Дополнительной формой контактной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором по мере необходимости, их посещать необязательно.

При подборе материала для презентации следует руководствоваться следующими положениями:

- оптимальное количество источников научно-технической информации – 5-10;
- время, прошедшее с момента опубликования материала, не должно превышать 5 лет, поскольку в рамках курса изучаются быстроразвивающиеся области науки;
- публикации в газетах и научно-популярных изданиях не могут быть использованы в качестве источника информации, однако они могут стать отправными пунктами при поиске информации в сети Интернет. В публикации следует обратить внимание на название организации, проводящей исследования, и имена исследователей (если есть), после чего провести дополнительный поиск по ключевым словам с использованием названия организации и имён исследователей для того, чтобы найти работы по теме, опубликованные в академических изданиях.

При подготовке презентации следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- в рамках темы доклада студент должен суметь выделить несколько ключевых постулатов, положений, проблем, которые надо донести до аудитории;
- при оформлении презентации следует стараться создавать самостоятельный документ, который может быть понят без сопроводительного текста; в то же время слайды не должны дублировать текст доклада – основные идеи должны раскрываться с помощью рисунков, схем, графиков и формул;
- при определении количества слайдов следует ориентироваться на выделенное для доклада время, опираясь на приблизительную формулу «один слайд – тридцать секунд»;
- для того, чтобы уложиться в отведённое время, необходимо самостоятельно выполнить пробное выступление с хронометражем, и скорректировать доклад, если заданная продолжительность не выдерживается;

– оформление презентации должно продемонстрировать умение пользоваться компьютерными программами, используемыми в этих целях;

– в презентации обязательно должны присутствовать такие структурные элементы, как список авторов, тема, актуальность, цели и задачи, основные положения, выводы, список использованной литературы.

Студентам, которые не выступают с докладами, для успешного участия в обсуждении доклада рекомендуется провести самостоятельный поиск научно-технической информации по теме доклада, подготовить вопросы к докладчику.

В данном случае в качестве источников информации можно использовать публикации в прессе и научно-популярных изданиях. На основе этих публикаций можно сформулировать уточняющие вопросы. Вопросы следует формулировать так, чтобы помочь докладчику полнее раскрыть излагаемый материал, при этом не должна ставиться цель поставить докладчика в тупик. В то же время, кроме вопросов, студент, участвующий в обсуждении, может делать уточняющие и дополняющие замечания. Такая форма участия в обсуждении обеспечит **интерактивность** процесса обсуждения.

Для успешной работы на семинарах студент так же должен самостоятельно готовиться к практическим занятиям. Преподаватель в конце каждого семинара объявляет тему следующего занятия. Студент самостоятельно ищет дополнительную информацию по теме и готовит вопросы к преподавателю так же, как он готовит вопросы к другим студентам, выступающим с научно-техническими докладами. Таким образом, стимулируется **активность** студентов на занятиях, которые проводятся в форме диалога преподавателя и студентов.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система. По сумме баллов выставляется итоговая оценка по дисциплине. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

Мониторинг успеваемости студентов проводится в течение семестра трижды: по итогам 8, 12 и 16 учебной недели.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИКИ:

доцент Института БМС,
к.ф.-м.н., доцент



/А.А. Данилов /

доцент Института БМС,
к.т.н.



/Э.А. Миндубаев/

Рабочая программа дисциплины «Беспроводная передача энергии и информации в биологических средах» по направлению подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», направленности (профилю) «Биомедицинские электронные и компьютерные системы» разработана в Институте БМС и утверждена на заседании УС Института БМС 21 мая 2024 года, протокол № 10

Зам. директора по образовательной
деятельности Института БМС



/ Д.А. Потапов /

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК



/ И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/ Директор библиотеки



/ Т.П. Филиппова /

Рабочая программа согласована с представителем профессионального сообщества

Генеральный директор

ООО «Медицинские компьютерные системы»



/ Д.А. Прилуцкий /