

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра антенн и устройств СВЧ

ТЕХНИКА СВЧ И КВЧ В МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРАХ

Рабочая программа, методические указания
и контрольные задания
для студентов специальности 1-39 02 03 «Медицинская электроника»
заочной формы обучения

Минск БГУИР 2009

УДК 621.385.6:615.47(076)

ББК 32.851+53.61я73

Т38

Составители:

А. А. Тамело, Д. Ф. Молодкин, Д. В. Лихачевский, Д. Б. Владимиров

Т38

Техника СВЧ и КВЧ в медицинских приборах : рабочая программа, метод. указ. и контр. задания для студ. спец. 1-39 02 03 «Медицинская электроника» заоч. формы обуч. / сост. А. А. Тамело [и др.]. – Минск : БГУИР, 2009. – 23 с.

Содержатся рабочая программа, методические указания и контрольные задания по курсу «Техника СВЧ и КВЧ в медицинских приборах». Приведены контрольные вопросы, которые помогают студентам самостоятельно овладеть материалом курса. Дана методика выбора и выполнения индивидуальных контрольных работ.

Издание может быть рекомендовано для студентов вечернего отделения при изучении курса «Техника СВЧ и КВЧ в медицинских приборах».

УДК 621.385.6:615.47(076)

ББК 32.851+53.61я73

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2009

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Введение

Место и назначение раздела курса «Техника СВЧ и КВЧ в медицинских приборах». Основное содержание дисциплины. История развития перспективных направлений в физиотерапии – СВЧ- и КВЧ-терапия. Особенность действия электромагнитных волн на живые организмы.

1. Основные уравнения электродинамики

Векторы поля. Характеристики и параметры сред. Поляризация и намагниченность. Диэлектрическая и магнитная проницаемость сред. Классификация сред. Уравнения электродинамики в интегральной и дифференциальной формах. Законы Фарадея, Ампера, Ома, сохранения заряда. Токи проводимости и смещения. Уравнение непрерывности электрического тока. Уравнения Максвелла (УМ) и их физический смысл. Сторонние напряжённости поля. Уравнения Максвелла с учётом сторонних токов и зарядов. Классификация электромагнитных явлений.

2. Граничные условия

Невозможность применения дифференциальных уравнений электродинамики на границе раздела двух сред. Граничные условия для нормальных и тангенциальных составляющих векторов поля. Граничные условия на границе раздела с идеальным проводником. Полная система граничных условий.

3. Энергия электромагнитного поля

Баланс энергии поля в дифференциальной и интегральной формах. Плотность энергии электрического и магнитного полей. Вектор Пойнтинга. Теорема Умова – Пойнтинга.

4. Единственность решения задач электродинамики

Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродинамики. Условия излучения.

5. Статические и стационарные электромагнитные поля

Электростатические поля. Методы решения задач электростатики. Уравнения Пуассона и Лапласа. Магнитное поле постоянного тока. Скалярный и век-

торный потенциал магнитного поля. Численные методы решения стационарных задач электромагнитного поля. Основные закономерности при воздействии электромагнитных полей на клетки и биомембраны. Эквивалентные схемы импеданса эритроцитов, нейронов и мембран.

6. Монохроматические электромагнитные поля

Уравнения Максвелла для монохроматических полей. Комплексные параметры среды. Граничные условия для векторов поля. Баланс энергии монохроматических полей. Активная и реактивная составляющие мощности. Условие резонанса для изолированной области. Особенности нейробиологических подходов к воздействию электромагнитными полями на живые организмы.

7. Волновые уравнения для векторов поля

Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения для векторов электромагнитного поля. Электродинамический потенциал. Волновые уравнения для электродинамических потенциалов. Определение электродинамических потенциалов по заданному распределению токов и заряд. Вектор Герца.

8. Излучение электромагнитных волн

Элементарный электрический излучатель. Поле излучателя в ближней и дальней зонах. Мощность и сопротивление излучения, диаграмма направленности. Поле в промежуточной зоне. Элементарный магнитный излучатель. Поле магнитного излучателя в ближней и дальней зонах. Элемент Гюйгенса. Основные типы антенн и их применение в медицинских приборах.

9. Плоские волны в однородной среде

Плоская волна как предельный случай сферической волны. Параметры плоской волны и структура поля. Плоские волны в однородной среде с потерями. Различные виды поляризации плоской волны: линейная, круговая, эллиптическая. Плоские волны в однородной анизотропной среде. Тензор магнитной проницаемости. Распространение плоских волн в продольно- и поперечно-намагниченных ферритах.

10. Волноведущие системы

Понятие о волноведущих системах. Типы волноведущих систем, классификация волноведущих систем. Связь между продольными и поперечными составляющими полей в волноведущей системе. Передача по волноведущим системам волн типа T , H и E . Коэффициент распространения, критическая частота, длина волны, фазовая скорость, характеристическое сопротивление. Скорость

передачи энергии по волноводу. Дисперсионные свойства направляющих систем. Связь вектора Герца с составляющими электромагнитного поля.

11. Полые металлические волноводы

Прямоугольные волноводы. Структура поля различных типов волн. Доминантная волна. Токи в стенках волновода. Выбор размеров поперечного сечения. Круглые волноводы.

12. Коаксиальные и полосковые линии

Волны типа T , E и H , условие одноволновой передачи. Решение волнового уравнения для основного типа волн. Высшие типы волн в коаксиальном кабеле. Выбор рабочего диапазона волн коаксиального кабеля. Конструкция и основные параметры.

Структура поля и основные характеристики полосковых линий. Конструктивные особенности симметричных и несимметричных полосковых линий. Волоконно-оптические линии связи. Основные параметры.

13. Объемные резонаторы

Основные типы объемных резонаторов. Расчёт полей в прямоугольных и цилиндрических резонаторах. Собственные колебания и резонансные частоты. Собственная добротность резонатора. Нагруженная и внешняя добротность резонатора. Возбуждение резонатора.

14. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков

Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков при нормальной и параллельной поляризации. Условие полного прохождения волны во вторую среду. Угол Брюстера. Полное отражение от границы раздела двух сред. Условие полного отражения. Падение плоской волны на границу поглощающей среды.

15. Взаимодействие электромагнитных волн с живыми существами и неживыми объектами

Основные понятия о взаимодействии излучения электромагнитных волн с живыми существами и неживыми объектами. Применение источников миллиметровых волн и их особенности. Биотропные параметры волн миллиметрового диапазона. Прототип источника миллиметровых волн, миниатюризация приборов. Применение источников электромагнитных волн в терапии,

биомедицинские эффекты в методах китайской акупунктуры. Перспективы использования электромагнитных воздействий в онкологии. Терагерцовая медицина как развитие КВЧ-терапии.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Электродинамика и распространение радиоволн / А. А. Кураев, Т. Л. Попкова, А. К. Сеницын. – Минск : Бестпринт, 2004.
2. Общая физиотерапия : учебник / В. С. Улащик, И. В. Лукомский. – Минск : Книжный дом, 2003.
3. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника : учеб. пособ / Е. П. Попечителей, Н. А. Корневский. – М. : Высш. шк., 2003.
4. Техника СВЧ и УВЧ в медицинских приборах : метод. пособ / А. А. Тамело, Д. Ф. Молодкин. – Минск : БГУИР, 2005.
5. Электродинамика и распространение радиоволн / В. В. Никольский, Т. И. Никольская. – М. : Наука, 1973.
6. Техника СВЧ и УВЧ в медицинских приборах : метод. указ. по провед. практ. занятий на ПЭВМ для студ. спец. «Медицинская электроника» днев. формы обуч. – Минск : БГУИР, 2003.
7. Электромедицинская аппаратура / А. Р. Ливенсон. – М : Медицина, 1981.
8. Учебное пособие по курсам электродинамика и РРВ. Техническая ЭД и антенны / О. А. Юрцев, А. А. Тамело. – Минск : МРТИ, 1991.

Дополнительная

9. Техническая электродинамика / О. И. Фальковский. – М : Связь, 1978.
10. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры / под ред. Б. Ф. Высоцкого. – М : Сов. радио, 1977.
11. Техническая электродинамика / В. И. Вольман, Ю. В. Пименов. – М : Связь, 1971.
12. Электродинамика и распространение радиоволн / Г. Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская. – М : Сов. радио, 1979.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Введение

В этом разделе следует усвоить положение о реальности существования электромагнитного поля как одной из форм материи. Кратко рассматривается история развития перспективных направлений в физиотерапии – СВЧ- и КВЧ-терапия. Изучение курса проводится в рамках классической (макроскопической) электродинамики; вопросы квантовой теории поля не затрагиваются.

Контрольные вопросы

1. Краткий исторический очерк развития перспективных направлений в физиотерапии.
2. Электромагнитное поле как одна из форм существования материи. Условность разделения поля на электрическое и магнитное.
3. Особенность действия электромагнитных волн на живые организмы.

1. Основные уравнения электродинамики

Необходимо знать: определения векторов электромагнитного поля \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} , \vec{H} и связь между ними; классификацию сред по макроскопическим параметрам (линейные и нелинейные, однородные и неоднородные, изотропные и анизотропные); физический смысл уравнений Максвелла и их запись в интегральной и дифференциальной форме.

Изучая уравнения Максвелла при наличии сторонних токов и зарядов, необходимо разобраться в сущности понятия сторонних сил и формах их задания (сторонние заряды, ток, напряженность поля). Надо уметь классифицировать электромагнитные явления по характеру их изменения во времени (переменные, статические, стационарные и квазистационарные поля).

Контрольные вопросы

1. Определение векторов электромагнитного поля \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} , \vec{H} .
2. Первое и второе уравнения Максвелла и их физический смысл.
3. Ток проводимости и ток смещения.
4. Третье и четвертое уравнения Максвелла и их физический смысл.
5. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда.
6. Классификация электромагнитных явлений по характеру их изменения во времени.
7. Понятие о сторонней напряженности поля, сторонних токах и зарядах; запись уравнений Максвелла с учетом этих величин.

2. Граничные условия

Во многих задачах электродинамики вводятся границы раздела двух сред, обладающих различными электрическими и магнитными свойствами, т. е. $\epsilon_a, \mu_a, \sigma$ для двух сред различны (достаточно, конечно, различия и одного из параметров). В связи с тем, что свойства среды меняются скачкообразно в макроскопическом приближении, векторы электромагнитного (ЭМП) терпят разрыв на границе раздела двух сред. Это означает, что дифференциальные соотношения на границе теряют смысл. Поэтому здесь в дополнение к УМ вводятся граничные условия (ГУ), связывающие тангенциальные (касательные) и нормальные составляющие векторов поля на обеих сторонах границы.

Контрольные вопросы

1. Невозможность применения дифференциальных уравнений электродинамики на границе раздела двух сред.
2. Объясните необходимость введения граничных условий для векторов поля.
3. Граничные условия для нормальных и тангенциальных составляющих векторов поля.
4. Граничные условия на границе раздела с идеальным проводником.
5. Полная система граничных условий.
6. Запишите выражения граничных условий для нормальных и тангенциальных составляющих векторов электрического и магнитного полей. Поясните физический смысл граничных условий.

3. Энергия электромагнитного поля

Необходимо понимать, что ЭМП как один из видов материи является носителем энергии. Электромагнитная энергия может преобразовываться в любой другой вид энергии: механическую (ускорение зарядов), тепловую, химическую, внутреннюю энергию кристалла, молекулы, атома и т. д. И, наоборот, все перечисленные виды энергии могут преобразовываться в электромагнитную энергию.

Контрольные вопросы

1. Баланс энергии поля в дифференциальной и интегральной формах.
2. Плотность энергии электрического и магнитного полей.
3. Вектор Пойнтинга.
4. Теорема Умова – Пойнтинга.

4. Единственность решения задач электродинамики

Необходимо обратить внимание на то, что поскольку уравнения Максвелла являются дифференциальными уравнениями в частных производных, то они допускают множество решений. Содержанием теоремы единственности является формулировка минимального числа дополнительных условий, при которых задачи электродинамики решаются единственным образом, и доказательство единственности решения при этих условиях. Нужно понимать, что существуют две задачи электродинамики – внешняя и внутренняя.

Контрольные вопросы

1. Внутренние и внешние задачи электродинамики.
2. Теорема единственности для внутренней и внешней задач электродинамики.
3. Условия излучения.

5. Статические и стационарные электромагнитные поля

Необходимо рассмотреть основы статического и стационарного электрического поля. Электростатическое поле в вакууме, влияние вещества на электростатическое поле, распределение энергии в электростатическом поле, электрическое поле постоянных токов. Уравнение Пуассона, решение уравнения Пуассона методом сетки. Следует остановиться на основных закономерностях при воздействии электромагнитных полей на клетки и биомембраны. Знать, каким образом реализуются эквивалентные схемы импеданса эритроцитов, нейронов и мембран.

Контрольные вопросы

1. Электростатические поля.
2. Методы решения задач электростатики.
3. Уравнения Пуассона и Лапласа.
4. Магнитное поле постоянного тока. Скалярный и векторный потенциалы магнитного поля.
5. Численные методы решения стационарных задач электромагнитного поля.
6. Воздействие электромагнитных полей на клетки и биомембраны.
7. Эквивалентные схемы импеданса эритроцитов, нейронов и мембран.

6. Монохроматические электромагнитные поля

Важным для практики является изучение переменного электромагнитного поля, изменяющегося по синусоидальному периодическому (гармоническому) закону. Зная законы, описывающие поведение гармонического (или, как часто

называют, монохроматического) поля, можно с помощью спектрального анализа найти электромагнитное поле, изменяющееся во времени по более сложному закону. Поэтому необходимо усвоить запись уравнений Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме, выяснить смысл введения комплексной диэлектрической и магнитной проницаемости, тангенса угла потерь; знать критерий деления сред на проводники и диэлектрики.

Контрольные вопросы

1. Комплексная диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, тангенс угла потерь. Критерий деления сред на проводники и диэлектрики.

2. Система уравнений Максвелла для монохроматического поля в комплексной форме.

7. Волновые уравнения для векторов поля

Необходимо понимать, как получаются волновые уравнения для векторов поля. Простейшие решения волновых уравнений – это гармонические волны. Электродинамический потенциал. Волновые уравнения для электродинамических потенциалов. Определение электродинамических потенциалов по заданному распределению токов и заряд. Вектор Герца.

Контрольные вопросы

1. Назовите три вида волновых уравнений электромагнитного поля.

2. Какими соотношениями вводятся электродинамические потенциалы и вектор Герца?

3. Запишите общий вид решения однородного волнового уравнения в прямоугольной, цилиндрической и сферической системах координат.

4. Волновые уравнения для электродинамических потенциалов.

8. Излучение электромагнитных волн

Элементарный электрический вибратор – это диполь Герца в виде короткого проводника, по которому течет ток. Элементарный щелевой излучатель является физической моделью элементарного магнитного вибратора. Необходимо иметь четкое представление о диаграмме направленности, коэффициенте направленного действия, коэффициенте усиления, действующей длине, ширине диаграммы направленности по половинной мощности. Нужно знать основные принципы проектирования различных типов антенн, которые применяют в медицинских приборах, и уметь объяснить их конструкции.

Контрольные вопросы

1. Выражения действующей длины симметричного вибратора и системы вибраторов.
2. Приведите определение понятия элементарного электрического вибратора.
3. Расскажите о методике расчёта излучения реальных проволочных антенн.
4. Дайте определение КНД и запишите его выражение для различных типов антенн.
5. Связь коэффициента усиления с коэффициентом направленного действия.
6. Основные типы антенн и их применение в медицинских приборах.

9. Плоские волны в однородной среде

При изучении плоских волн необходимо помнить, что векторы E и H электромагнитной волны перпендикулярны друг другу и изменяются во времени и пространстве по гармоническим законам. В идеальной диэлектрике волны не затухают. В реальной же среде распространение волны всегда связано с затуханием. Обратите внимание на то, что параметры волны в среде без потерь не зависят от частоты, а в среде с проводимостью – зависят. Зависимость свойств волны от частоты называется дисперсией. Запомните определения фазовой скорости, коэффициента фазы и затухания, скорости переноса энергии, волнового сопротивления.

Среды, свойства которых различны по разным направлениям, называют анизотропными; в таких средах векторы E и D , а также B и H – непараллельными.

В ферромагнитных средах тензором является магнитная проницаемость. В постоянном магнитном поле один из видов магнетиков – феррит – становится анизотропной средой по отношению к переменному полю. Следует обратить внимание на физическую природу анизотропии. Знать уравнения Максвелла для анизотропных сред.

Контрольные вопросы

1. Определение однородной плоской волны. Выражение для векторов E и H этой волны.
2. Напишите выражение для фазовой скорости, длины волны, волнового числа, комплексного вектора Пойнтинга и волнового сопротивления в среде с потерями и без потерь.
3. Коэффициент фазы и коэффициент затухания; фазовая скорость и длина волны в среде с малыми и большими потерями.
4. Физическая природа анизотропии. Примеры анизотропных сред.

5. Анизотропные магнетики. Тензор магнитной проницаемости и смысл его составляющих.

6. Зависимость составляющих тензора магнитной проницаемости феррита от напряженности поля подмагничивания. Ферромагнитный резонанс.

7. Фазовые скорости и поляризация волн в продольно-намагниченном феррите.

8. Эффект Фарадея. Вращение плоскости поляризации. Необратимость эффекта Фарадея.

9. Фазовые скорости и поляризация волн в поперечно-намагниченном феррите.

10. Волноведущие системы

Для минимизации потерь в устройствах СВЧ используются волноведущие системы или волноводы (ВВ). Волны в ВВ занимают конечное поперечное сечение, они неоднородны в этом сечении и не рассеиваются в окружающее пространство. Назначение ВВ: линии связи; связь элементов СВЧ-устройств; электродинамические системы в электронных приборах СВЧ; ускорители; системы СВЧ-обработки в машиностроении, деревообработке, пищевой промышленности, сельском хозяйстве. Необходимо понимать, как происходит передача по волноведущим системам волн типа T , H и E . Нужно иметь четкое представление о коэффициенте распространения, критической частоте, длине волны, фазовой скорости, характеристическом сопротивлении.

Контрольные вопросы

1. Приведите понятие волноведущей системы и дайте характеристику основных видов направляющих систем.

2. Назовите основные типы электромагнитных волн и охарактеризуйте их.

3. Почему в полых металлических волноводах не могут распространяться волны типа TEM ?

4. Пользуясь законами отражения электромагнитной волны, постройте структуру фазовых фронтов волны в двухплоскостном волноводе.

5. Напишите выражение для длины волны, фазовой и групповой скорости, объясните физический смысл зависимости этих величин от рабочей длины волны λ .

6. Дайте определение волноводов быстрых и медленных волн.

7. Сформулируйте постановку задачи по определению поля в волноведущей системе.

11. Полые металлические волноводы

Необходимо рассмотреть системы для передачи энергии электромагнитного поля, такие, как прямоугольный и круглый волновод. Следует усвоить мето-

ды решения волновых уравнений для продольной составляющей основных волн и уметь определить поперечные составляющие, а также изобразить структуры полей в прямоугольном и круглом волноводах.

Иметь четкое представление о параметрах направляющих систем и параметрах направляемых волн (фазовая и групповая скорости, длина волны, коэффициент фазы, критическая частота, характеристическое сопротивление).

Контрольные вопросы

1. Изложите порядок нахождения составляющих напряжённости электрического и магнитных полей в прямоугольном волноводе.
2. Напишите выражение для длины, фазовой и групповой скоростей электромагнитной волны в волноводе при любых индексах m и n .
3. Запишите выражение для составляющих напряжённости поля в прямоугольном волноводе, возбуждённом на основной волне.
4. Нарисуйте структуру поля в волноводе для волн типа H_{10} , H_{11} и E_{11} .
5. Приведите понятия характеристического и волнового сопротивления волновода. Укажите их отличия от волнового сопротивления среды, заполняющий волновод.
6. Сформулируйте постановку задачи по определению поля в круглом волноводе.
7. Расскажите о порядке нахождения составляющих поля в круглом волноводе, возбуждённом на волне TM .
8. Нарисуйте структуру полей в волноводе, возбуждённом на волнах типа E_{01} и H_{11} .
9. Напишите формулы, по которым определяются критические длины волн в круглом волноводе.
10. По каким формулам определяется длина волны, фазовая и групповая скорости в круглом волноводе?

12. Коаксиальные и полосковые линии

Необходимо рассмотреть линии передачи односвязного и многосвязного поперечного сечения. Следует представлять вывод системы телеграфных уравнений для тока и напряжения в линии без потерь. Иметь четкое представление о параметрах, описываемых с помощью телеграфных уравнений, погонной емкости, погонной индуктивности и волнового сопротивления линии.

Необходимо иметь представление о режимах работы линий передач, коэффициенте стоячей волны (КСВ).

Нужно понимать структуру поля в коаксиальном кабеле и полосковых линиях. Иметь четкое представление о конструкциях и основных параметрах коаксиального кабеля и полосковых линий.

Контрольные вопросы

1. Волны типа T , E и H , условие одноволновой передачи.
2. Решение волнового уравнения для основного типа волн.
3. Высшие типы волн в коаксиальном кабеле.
4. Выбор рабочего диапазона волн коаксиального кабеля.
5. Конструкция и основные параметры коаксиального кабеля.
6. Структура поля и основные характеристики полосковых линий.
7. Конструктивные особенности симметричных и несимметричных полосковых линий.
8. Волоконно-оптические линии связи. Основные параметры.

13. Объемные резонаторы

Следует усвоить принципы построения объемных резонаторов из отрезков регулярных линий передач и методику расчета их основных характеристик, изображения структуры полей основных типов, знать способы возбуждения объемных резонаторов.

Контрольные вопросы

1. Типы объемных резонаторов. Основные параметры: резонансная частота, добротность.
2. Четвертьволновый и полуволновый коаксиальный резонаторы.
3. Основное поле прямоугольного резонатора. Собственная частота. Эскиз распределения поля. Добротность.
4. Цилиндрический резонатор. Собственные частоты. Эскизы распределения полей типа E_{010} , E_{011} , H_{011} , H_{111} .
5. Потери энергии в объемном резонаторе. Собственная, внешняя и нагруженная добротности.
6. Способы возбуждения объемных резонаторов.
7. Квазистационарные резонаторы. Метод расчета резонансных частот.

15. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух диэлектриков

При падении плоской волны на границу раздела двух сред с различными параметрами ϵ , μ , σ происходит отражение и преломление волны. Необходимо освоить понятие о коэффициентах отражения и преломления для различных поляризации и методику расчета модулей коэффициентов отражения и преломления и их фаз. Необходимо усвоить, что при наличии более плотной в оптическом отношении среды угол преломления будет больше угла падения и при некотором угле падения начинается явление полного внутреннего отражения, то есть волны полностью отражаются от границы раздела.

Контрольные вопросы

1. Физическая сущность явлений отражений и преломлений ЭМВ.
2. Физическая сущность явления Брюстера.
3. Поверхностный эффект и его использование в технике.
4. Связь между углами падения, отражения и преломления.
5. Зависимость модулей и фаз коэффициентов отражения от угла падения и параметров сред.

15. Взаимодействие электромагнитных волн с живыми существами и неживыми объектами

Следует знать основные понятия о взаимодействии излучения электромагнитных волн с живыми существами и неживыми объектами. Необходимо иметь представление о применении источников миллиметровых волн и их особенностях.

Особое внимание следует обратить на перспективы использования электромагнитных воздействий в медицине.

Контрольные вопросы

1. Основные понятия о взаимодействии излучения электромагнитных волн с живыми существами и неживыми объектами.
2. Применение источников миллиметровых волн и их особенности.
3. Биотропные параметры волн миллиметрового диапазона.
4. Прототип источника миллиметровых волн, миниатюризация приборов.
5. Применение источников электромагнитных волн в терапии, биомедицинские эффекты в методах китайской акупунктуры.
6. Перспективы использования электромагнитных воздействий в онкологии.
7. Терагерцовая медицина как развитие КВЧ-терапии.

3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Контрольные задания составлены в 100 вариантах. Вариант задания определяется по двум последним цифрам номера студенческого билета: m – предпоследняя, n – последняя.

При выполнении контрольных работ студент должен придерживаться следующих правил.

1. Прежде чем выполнять какой-либо расчет, укажите его цель, дайте ссылку на источник, откуда берете расчетные соотношения (номер литературы по списку), и номер формулы.

2. Поясните все вновь вводимые значения.

3. Напишите общую формулу, подставьте в нее числовые значения известных величин, приведите результаты промежуточных вычислений и конечный результат. В промежуточных вычислениях размерности величин не указываются; в конечном результате приведение размерности обязательно.

4. Все величины должны выражаться в стандартных единицах Международной системы единиц СИ.

5. Все расчеты должны выполняться с точностью до третьей значащей цифры.

6. Определение векторных величин следует сопровождать рисунком с указанием направления векторов.

7. Графики строятся на миллиметровой бумаге. Они должны содержать стандартный масштаб, размерности величин и расчетные точки. Надписи на рисунках должны быть разборчивыми.

8. При выполнении контрольной работы необходимо указывать номер студенческого билета и номер варианта.

9. В конце работы следует привести список использованной литературы и расписаться.

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задача 1

В прямоугольном волноводе, выполненном из идеально проводящего материала, с поперечными размерами $a \times b$ (табл. 1) в соответствии со своим вариантом требуется:

- 1) определить критическую и выбрать рабочую длину волны в волноводе;
- 2) выписать компоненты поля волны заданного типа;
- 3) изобразить графически эпюры распределения векторов \vec{E} , \vec{H} вдоль соответствующих сторон волновода. Нарисовать эскиз, иллюстрирующий распределение токов проводимости и токов смещения;
- 4) рассчитать передаваемую мощность, если амплитуда электрической составляющей поля в пучности равна 1 В/м, а также предельно допустимую мощность ($E_{\text{проб}} = 3 \cdot 10^6 \text{ В/м}$);
- 5) рассчитать значение фазовой и групповой скорости волны в волноводе;
- 6) определить типы волн, которые могут при выбранной длине волны распространиться в данном волноводе, а также при длине волны в четыре раза меньшей, чем выбранная.

Таблица 1

Таблица вариантов

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a, \text{м}$	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,05	0,02
$b, \text{м}$	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,05	0,02

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип волны	H_{10}	H_{20}	H_{11}	H_{12}	H_{20}	H_{11}	H_{10}	H_{20}	H_{11}	H_{10}

Решение задачи целесообразно начинать с графического изображения структуры поля волны заданного типа. После этого необходимо выписать составляющие векторы напряженности электрического и магнитного поля изображаемой волны, учитывая закон, по которому они изменяются.

Задача 2

По видам биотканей и частотам определить комплексные диэлектрические проницаемости, коэффициенты отражения и размеры слоев тканей. В данном задании, если m – предпоследняя цифра номера студенческого билета нечетная, то расчет выполняем по табл. 2, если m – четная, то – по табл. 3. Недостающие параметры для расчета рекомендуется взять из табл. 4.

Параметры ЭМВ в биологических средах
с низким содержанием воды

Таблица 2

n	Частота, МГц	Длина волны в воздухе, 10^{-2} , м	Диэлектрическая проницаемость ϵ ,	Проводимость σ , См/м	Длина волны в ткани, 10^{-2} , м	Глубина проникновения 10^{-2} , м	Коэффициент отражения			
							Граница «воздух – мышца»		Граница «мышца – жир»	
							r	φ^0	r	φ^0
0	1	30 000	-	-	-	-	-	-	-	-
1	10	3000,0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	27,12	1106,0	20,0	0,612	241	159	0,660	174	0,651	169
3	40,68	738,00	14,6	0,693	187	118	0,617	173	0,652	170
4	100	300,00	7,45	0,889	106	60,4	0,511	168	0,650	172
5	200	150,00	5,95	1,280	59,7	39,2	0,458	168	0,612	172
6	300	100,00	5,70	1,370	41	32,1	0,427	169	0,592	172
7	433	69,300	5,60	1,430	28,8	26,2	0,415	170	0,562	173
8	750	40,000	5,60	1,540	16,8	23	0,417	173	0,532	174
9	915	32,800	5,60	1,600	13,7	17,7	0,412	173	0,519	176

Таблица 3

Параметры ЭМВ в биологических средах
с высоким содержанием воды

n	Частота, МГц	Длина волны в воздухе, 10^{-2} , м	Диэлектрическая проницаемость ϵ ,	Проводимость σ , См/м	Длина волны в ткани, 10^{-2} , м	Глубина проникновения 10^{-2} , м	Коэффициент отражения			
							Граница «воздух-мышца»		Граница «мышца-жир»	
							r	φ^0	r	φ^0
0	1	30 000	2000	0,400	436	91,3	0,982	+179	-	-
1	10	3000,0	160,0	0,625	118	21,6	0,956	+177	-	-
2	27,12	1106,0	113,0	0,612	68,1	14,3	0,925	+176	0,651	-11,13
3	40,68	738,00	97,30	0,693	51,3	11,2	0,913	+175	0,652	-10,21
4	100	300,00	71,70	0,889	27,0	6,66	0,881	+175	0,650	-7,96
5	200	150,00	56,50	1,280	16,6	4,79	0,844	+175	0,612	-8,06
6	300	100,00	54,00	1,370	11,9	3,89	0,825	+175	0,592	-8,14
7	433	69,300	53,00	1,430	8,76	3,57	0,803	+176	0,562	-,06
8	750	40,000	52,00	1,540	5,34	3,18	0,779	+177	0,532	-4,32
9	915	32,800	51,00	1,600	4,46	3,04	0,772	+177	0,519	-3,66

Таблица 4

Радиусы субкомпарментов, см

Наименование	R_1 (ядра)	R_2 (мышцы)	R_3 (жира)	R_4 (кожи)
Грудная клетка	8,912	11,295	12,644	12,867
Живот	8,336	10,512	12,439	12,604
Таз	8,336	10,512	12,439	12,604
Рука	1,473	3,730	4,011	4,181
Запястье	1,473	3,730	4,011	4,181
Кисть	1,473	3,730	4,011	4,181
Бедро	2,400	4,661	5,525	5,725
Голень	2,400	4,661	5,525	5,725
Ступня	1,782	2,425	3,357	3,598

Задача 3

Коаксиальная линия состоит из сплошного внутреннего проводника радиусом a и внешнего экрана с внутренним радиусом b . Построить графики зависимостей C , L и Z_b от переменного b при постоянном a , исходя из своего варианта. В данном задании, если m – предпоследняя цифра номера студенческого билета нечетная, то расчет выполняем по табл. 5, если m – четная, то – по табл. 6.

Таблица 5

Варианты заданий

n	Параметры диэлектриков	a , мм (внутренний проводник)	b , мм (экран)
0	$\mu = 1; \varepsilon = 1$	1,5	Изменять от 2,2 до 15
1	$\mu = 1; \varepsilon = 2,4$	1,6	Изменять от 2,4 до 16
2	$\mu = 1; \varepsilon = 1,8$	1,7	Изменять от 2,5 до 17
3	$\mu = 1; \varepsilon = 2,2$	1,8	Изменять от 2,7 до 18
4	$\mu = 1; \varepsilon = 3,3$	1,9	Изменять от 2,8 до 19
5	$\mu = 1; \varepsilon = 2,4$	2,0	Изменять от 3,0 до 20
6	$\mu = 1; \varepsilon = 1$	2,1	Изменять от 3,1 до 21
7	$\mu = 1; \varepsilon = 3,5$	2,2	Изменять от 3,3 до 22
8	$\mu = 1; \varepsilon = 2,3$	2,3	Изменять от 3,4 до 23
9	$\mu = 1; \varepsilon = 1$	2,4	Изменять от 3,6 до 24

Таблица 6

Варианты заданий

n	Параметры диэлектриков	a , мм (внутренний проводник)	b , мм (экран)
0	$\mu = 1; \varepsilon = 1$	2,5	Изменять от 3,7 до 25
1	$\mu = 1; \varepsilon = 2,5$	2,6	Изменять от 3,9 до 26
2	$\mu = 1; \varepsilon = 3,7$	2,7	Изменять от 4,0 до 27
3	$\mu = 1; \varepsilon = 2,9$	2,8	Изменять от 4,2 до 28
4	$\mu = 1; \varepsilon = 3,1$	2,9	Изменять от 4,3 до 29
5	$\mu = 1; \varepsilon = 3,7$	3,0	Изменять от 4,5 до 30
6	$\mu = 1; \varepsilon = 3,9$	3,1	Изменять от 4,6 до 31
7	$\mu = 1; \varepsilon = 1$	2,0	Изменять от 3,0 до 20
8	$\mu = 1; \varepsilon = 2,3$	2,3	Изменять от 3,4 до 23
9	$\mu = 1; \varepsilon = 1$	1,5	Изменять от 2,2 до 15

Полученные графики следует размещать по три на одних координатных осях.

Задача 4

Необходимо определить размеры резонатора при заданном типе колебаний на заданной рабочей частоте (табл. 7). Зарисовать конструкцию резонатора и метод его возбуждения.

Таблица 7

Таблица вариантов

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конструкция резонатора	Прямоугольный					Цилиндрический				
Тип колебаний	H_{101}	H_{112}	H_{102}	E_{111}	E_{121}	H_{111}	H_{121}	H_{011}	H_{112}	E_{012}

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота f , ГГц	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7
Метод возбуждения	Штырь			Петля			Штырь			

СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа	3
Литература	6
2. Методические указания и контрольные вопросы	7
3. Общие указания по выполнению контрольных работ	16
4. Контрольная работа	17

Библиотека БГУИР

Учебное издание

ТЕХНИКА СВЧ И КВЧ В МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРАХ

Рабочая программа, методические указания
и контрольные задания
для студентов специальности 1-39 02 03 «Медицинская электроника»
заочной формы обучения

Составители:

Тамело Александр Арсеньевич
Молодкин Дмитрий Фёдорович
Лихачевский Дмитрий Викторович
Владимиров Дмитрий Богданович

Редактор Н. В. Гриневич

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,4.

Формат 60×84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 273.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6