

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.О.02.02 «РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ»

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки
Радиофотоника

Уровень подготовки
бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на практических занятиях и лабораторных работах. При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ по каждому модулю определено графиком, утвержденным заведующим кафедрой.

На практических занятиях допускается использование либо системы «зачтено – не зачтено», либо рейтинговой системы оценки, при которой, например, правильно решенная задача оценивается определенным количеством баллов. При поэтапном выполнении учебного плана баллы суммируются. Положительным итогом выполнения программы является определенное количество набранных баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается три теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1) Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2) Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3) Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4) Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5) Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме оценки:

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы билета, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок ответил на дополнительные вопросы.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на практических и лабораторных занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Оценка «**не зачтено**» выставляется также в случае, если студент не выполнил и/или не защитил лабораторные работы, предусмотренные графиком в данном семестре.

Типовые контрольные задания или иные материалы

Вопросы к зачету

1. Электропроводность диэлектриков. Общие сведения. Удельное объемное и поверхностное сопротивления.
2. Физическая природа электропроводности. Подвижность носителей заряда.
3. Токи смещения и сквозная проводимость.
4. Электропроводность газообразных диэлектриков.
5. Электропроводность жидких диэлектриков.
6. Электропроводность твердых диэлектриков.
7. Поляризация диэлектриков. Определение, основные понятия.
8. Механизмы поляризации.
9. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости от температуры для:
 - органического неполярного диэлектрика;
 - органического полярного диэлектрика;
 - диэлектрика с ионной структурой.
10. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости от частоты для:
 - органического неполярного диэлектрика;
 - органического полярного диэлектрика;
 - диэлектрика с неоднородной структурой.
11. Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости.
12. Диэлектрические потери. Основные понятия. Виды потерь, угол потерь δ .
13. Эквивалентные схемы замещения диэлектрика.
14. Зависимость тангенса угла потерь от температуры для:
 - органического неполярного диэлектрика;
 - органического полярного диэлектрика.
15. Зависимость тангенса угла потерь от частоты для:
 - органического неполярного диэлектрика;
 - органического полярного диэлектрика.
16. Пробой диэлектриков. Общие сведения.
17. Пробой газов. Элементы стримерной теории.
18. Зависимость электрической прочности газа от:
 - расстояния между электродами;
 - давления;
 - частоты электрического поля.
19. Пробой твердых диэлектриков. Виды пробоя.
20. Пробой жидких диэлектриков.
21. Органические соединения. Общие сведения.

22. Неполлярные органические соединения. Основные параметры, метод получения, области использования (полистирол, полиэтилен, фторопласт –4)
23. Органические полярные диэлектрики. Технология получения, основные характеристики, области применения (поливинилхлорид, лавсан, оргстекло, полиамидные смолы).
24. Эластомеры (каучуки).
25. Феноло-формальдегидная смола и материалы на ее основе.
26. Природные смолы (канифоль, янтарь).
27. Лакоткани и слоистые пластики.
28. Слюда и материалы на ее основе.
29. Ситаллы. Метод получения, свойства, области применения.
30. Керамика. Основные сведения, технология изготовления, разновидности.
31. Установочная керамика. Основные требования, разновидности, свойства (радиофарфор, электрофарфор, ультрафарфор, стеатитовая керамика).
32. Конденсаторная керамика. Требования. Разновидности (тиглиновая, такондовая). Области применения.
33. Природа магнетизма. Основные свойства.
34. Кривая начального намагничивания.
35. Виды магнитной проницаемости.
36. Потери в магнитных материалах.
37. Технически чистое железо. Разновидности, свойства, область применения.
38. Пермалой.
39. Альсиферы.
40. Ферриты.
41. Сегнетодиэлектрики. Природа спонтанной поляризации.
42. Виды диэлектрической проницаемости в сегнетодиэлектриках.
43. Свойства сегнетодиэлектриков. Зависимость диэлектрической проницаемости от напряженности электрического поля, частоты, температуры.
44. Полупроводниковые материалы. Основные свойства.
45. Германий. Основные свойства, технология изготовления, области применения.
46. Кремний. Основные свойства, технология изготовления, области применения.
47. Полупроводниковые соединения. Свойства, области применения.
48. Резисторы. Виды, основные параметры, области применения, маркировка.
49. Конденсаторы. Деление по свойствам диэлектрика, основные параметры, применение, маркировка.
50. Дроссели. Назначение, типы, области использования.
51. Трансформаторы, разновидности, применение.
52. Высокочастотные катушки индуктивности. Назначение, основные характеристики, области использования.
53. Линии задержки. Назначение, принцип действия. Основные параметры, применение.

Перечень лабораторных работ и вопросов для контроля знаний при допуске и сдаче лабораторной работы

№ работы	Название лабораторной работы и вопросы для ее защиты
1	Измерение удельных сопротивлений диэлектрических материалов
	1. Что называется сопротивлением изоляции диэлектрика? 2. Объясните основные особенности электропроводности твердых, жидких и газообразных диэлектриков. 3. Объясните зависимость тока от времени включения напряжения в твердом диэлектрике.

	4. Объясните зависимость тока от напряжения в газообразном диэлектрике. 5. Что называется током абсорбции?
2	Измерение относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь электроизолирующих материалов
	1. Выведите формулу для тангенса угла диэлектрических потерь. 2. В каких пределах изменяется тангенс угла диэлектрических потерь? 3. Приведите примеры полярных (неполярных) органических диэлектриков? 4. Дайте определение относительной диэлектрической проницаемости. 5. Поясните область использования в радиотехнике электроизолирующих материалов, изученных в данной работе.
3	Исследование параметров и характеристик ферромагнитных материалов в переменном электромагнитном поле
	1. Какие виды потерь существуют в ферромагнитных материалах? 2. Приведите примеры магнитомягких и магнитотвердых материалов. 3. Нарисуйте график зависимости магнитной проницаемости от температуры. 4. Сформулируйте основные принципы классификации магнитных материалов. 5. Что такое основная кривая индукции? 6. Какие процессы происходят в доменах при перемагничивании ферромагнетиков? 7. Что такое угол магнитных потерь?
4	Исследование свойств сегнетоэлектрических материалов
	1. Какие виды поляризации существуют в сегнетоэлектриках? 2. Назовите основные области применения сегнетоэлектриков в радиотехнике. 3. Что такое доменная поляризация? 4. Какие недостатки имеют сегнетоэлектрические материалы? 5. Нарисуйте график зависимости относительной диэлектрической проницаемости от температуры для титаната бария.
5	Исследование электрической прочности диэлектриков
	1. Что такое электрическая прочность диэлектрика? 2. Дайте определение явления пробоя диэлектрика? 3. Какие виды пробоя существуют в твердых диэлектриках? 4. Получите соотношение для напряжения пробоя в случае электротеплового пробоя. 5. Постройте график зависимости электрической прочности газообразного диэлектрика от давления. 6. Поясните механизм пробоя на примере газообразного диэлектрика. 7. Какие особенности имеет пробой жидкого диэлектрика?
6	Определение основных параметров конденсаторов
	1. Какие материалы используют в качестве диэлектриков конденсаторов? 2. Перечислите основные параметры конденсатора. 3. Нарисуйте эквивалентную схему конденсатора. 4. Поясните каким образом осуществляется маркировка конденсаторов? 5. Что называется температурным коэффициентом емкости?
7	Исследование основных параметров высокочастотных катушек индуктивно-

	сти
	1. Из каких основных элементов состоит высокочастотная катушка индуктивности? 2. Что называется собственной частотой катушки индуктивности? 3. Нарисуйте эквивалентную схему высокочастотной катушки индуктивности. 4. Нарисуйте основные виды намоток высокочастотных катушек индуктивности. 5. Перечислите основные параметры высокочастотных катушек индуктивности.
8	Исследование свойств полупроводниковых материалов
	1. Нарисуйте кристаллическую структуру и зонную диаграмму донорного полупроводника. 2. Нарисуйте кристаллическую структуру и зонную диаграмму акцепторного полупроводника. 3. Постройте график зависимости концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике от температуры. 4. Постройте график зависимости подвижности от температуры. 5. Постройте график зависимости электропроводности полупроводника от температуры.

График выполнения лабораторных работ размещен в лаборатории №341.

Типовые задачи для практических занятий

Тема «Физические процессы в диэлектриках. Диэлектрические материалы»

1. Удельное объемное сопротивление диэлектрика экспоненциально зависит от температуры: $\rho_v = A e^{W/kT}$, где W – энергия активации диэлектрика; A и k – постоянные. Определить температурный коэффициент удельного сопротивления диэлектрика.
2. Две противоположные грани куба с ребром $a = 10$ мм из диэлектрического материала с удельным объемным сопротивлением $\rho_v = 10^{10}$ Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением $\rho_s = 10^{11}$ Ом покрыты металлическими электродами. Определить ток, протекающий через эти грани куба при постоянном напряжении $U_0 = 2$ кВ.
3. Сопротивление изоляции двухжильного кабеля длиной 2 м равно 300 Мом. Чему равно сопротивление изоляции такого же кабеля длиной 6 м?
4. Цилиндрический стержень диаметром 10 мм и длиной 20 мм из диэлектрика с удельным объемным сопротивлением 10^{13} Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением 10^{14} Ом покрыт с торцов металлическими электродами. Чему равно сопротивление между электродами?
5. Пленочный конденсатор из поликарбоната с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$ теряет за время 30 мин половину сообщенного ему заряда. Полагая, что утечка заряда происходит только через пленку диэлектрика, определить его удельное сопротивление.
6. Диэлектрик в форме прямоугольного параллелепипеда длиной $l = 5$ см и площадью поперечного сечения $b \cdot h = 2 \cdot 0,5$ см² с торцов покрыт металлическими электродами. При напряжении $U_0 = 1500$ В через диэлектрик проходит ток $I_0 = 10^{-9}$ А. Найти удельное сопротивление диэлектрика, если его удельное объемное сопротивление $\rho_v = 10^{10}$ Ом·м

7. На поверхности диэлектрика параллельно друг другу расположены два ножевых электрода. Расстояние между электродами $b=2\text{ мм}$, их ширина $h=10\text{ мм}$. Чему равно удельное поверхностное сопротивление диэлектрика, если сопротивление между электродами 5 Мом ?
8. Между плоскими электродами площадью $S=2\cdot 10^{-4}\text{ м}^2$ размещены соединенные последовательно две пластины из различных диэлектрических материалов. Один из них имеет: диэлектрическую проницаемость $\varepsilon_1=2$; удельную проводимость $\gamma_1=10^{-6}\text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$; толщину $h_1=1\text{ см}$; другой имеет: $\varepsilon_2=3$; $\gamma_2=10^{-10}\text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$; $h_2=2\text{ см}$. В момент времени $t=0$ к электродам подключено постоянное напряжение $U=5\text{ кВ}$. Определить напряженность электрического поля в обоих диэлектриках в моменты времени $t=0$ и $t\rightarrow\infty$. Найти напряженность электрического поля в этих диэлектриках при $t\rightarrow\infty$, если к электродам приложено переменное напряжение $U=20\text{ В}$ частотой $f=50\text{ МГц}$.
9. Площадь каждого электрода ионизационной камеры $S=100\text{ см}^2$, расстояние между электродами $l=6,2\text{ см}$. Какой ток установить между электродами при напряжении $U=20\text{ В}$, если известно, что ионизатор каждую секунду образует в 1 см^3 газа $N=10^9$ одновалентных ионов каждого знака? Подвижность положительных и отрицательных ионов $\mu_+ = \mu_- = 10^{-4}\text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, коэффициент рекомбинации $\nu = 10^{-12}\text{ м}^3/\text{с}$. Какую долю тока насыщения составляет найденный ток?
10. Какой состав неорганического стекла характеризуется минимальным значением удельного объемного сопротивления: а) $100\%\text{ SiO}_2$; б) $90\%\text{ SiO}_2 + 10\%\text{ K}_2\text{O}$; в) $90\%\text{ SiO}_2 + 5\%\text{ Na}_2\text{O} + 5\%\text{ K}_2\text{O}$; г) $90\%\text{ SiO}_2 + 10\%\text{ Na}_2\text{O}$?
11. Кубик из диэлектрика с ребром $0,06\text{ м}$ имеет удельное объемное сопротивление $10^{12}\text{ Ом}\cdot\text{м}$ и удельное поверхностное сопротивление $5\cdot 10^{12}\text{ Ом}$. На противоположной грани кубика нанесены электроды, к которым приложено напряжение частотой 1 МГц . Определить модуль комплексной проводимости кубика на этой частоте, если его диэлектрическая проницаемость $\varepsilon=60$.
12. При изменении температуры от 60 до $127\text{ }^\circ\text{C}$ удельное сопротивление радиофарфора уменьшается от $\rho_1=10^{13}\text{ Ом}\cdot\text{м}$ до $\rho_2=10^{11}\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определить температурный коэффициент удельного сопротивления α_ρ радиофарфора, считая его постоянным в рассматриваемом диапазоне температур. При этом же допущении найти удельное сопротивление материала при комнатной температуре.
13. Нормально вектору напряженности однородного электрического поля $E_0=100\text{ В/м}$ расположена пластина изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon=2$. Определить: а) напряженность поля E и электрическое смещение (электрическую индукцию) D внутри пластины; б) поляризованность диэлектрика P и поверхностную плотность связанных зарядов σ .
14. Вычислить поляризованность монокристалла каменной соли, считая, что смещение ионов под действием электрического поля от положения равновесия составляет 1% расстояния между ближайшими соседними ионами. Элементарная ячейка кристалла имеет форму куба, расстояние между соседними ионами $a=0,28\text{ нм}$.
15. При тех же условиях, что и в предыдущей задаче, определить напряженность электрического поля, действующего на монокристалл каменной соли, если ее диэлектрическая проницаемость $\varepsilon=5,65$. Вычислить коэффициент упругой связи ионов $k_{упр}$ в кристалле, полагая, что напряженность внутреннего электрического поля равна напряженности внешнего поля.
16. Между пластинами плоского конденсатора без воздушных промежутков зажат лист гетинакса толщиной $h=1\text{ мм}$. На конденсатор подано напряжение $U=200\text{ В}$. Определите

поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора σ_1 и на диэлектрике σ_d . Диэлектрическую проницаемость принять равной шести.

17. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε_1 , в котором во взвешенном состоянии находится шар из твердого диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ε_2 . Изобразить картину силовых линий электрического поля в конденсаторе для двух случаев: а) $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$, б) $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$.

18. При напряжении 2 кВ плоский конденсатор, изготовленный из высокочастотного диэлектрика, имеет заряд $3,5 \cdot 10^{-8}$ Кл. При этом же напряжении и при повышении температуры на 100 К заряд возрастает 1%. Определить диэлектрическую проницаемость материала и температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, если толщина диэлектрика между пластинами $S = 5 \text{ см}^2$. Какой вывод можно сделать о наиболее вероятном механизме поляризации данного диэлектрика?

19. Диэлектрическая проницаемость воздуха при 300 К и нормальном атмосферном давлении $\varepsilon = 1,00058$. На сколько изменится ее значение, если давление воздуха увеличить в 20 раз?

20. Диэлектрическая проницаемость газа при давлении 10^5 Па и температурах 273 и 450 К равна соответственно 1,0067 и 1,0060. Определить: а) температурный коэффициент диэлектрической проницаемости газа; б) диэлектрическую проницаемость этого газа при температуре 273 К и давлении $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Оцените концентрацию молекул газа при этих условиях.

21. Диэлектрическая проницаемость ε кристаллического кварца на частоте 1 МГц равна 4,5, а показатель преломления света в видимой области спектра $n = 1,55$. Можно ли в данный диэлектрик отнести к группе неполярных веществ?

22. Определить диэлектрическую проницаемость кварца на частоте рентгеновского излучения.

Тема «Магнитные материалы»

1. Диамагнитная восприимчивость меди $k_M = -9,5 \cdot 10^{-6}$. Определить намагниченность и магнитную индукцию в медном проводе при воздействии на него однородного магнитного поля напряженностью 1000 А/м. Укажите, как ориентированы векторы намагниченности и магнитной индукции относительно друг друга.

2. При насыщении магнитная индукция чистого железа $B = 2,2 \text{ Тл}$. Учитывая, что элементарная ячейка кристаллической решетки железа представляет собой объемно-центрированный куб с ребром $a = 0,286 \text{ нм}$, рассчитать магнитный момент, приходящийся на один атом железа.

3. Магнитная индукция насыщения металлического никеля, имеющего плотность 8960 кг/см^3 , равна 0,65 Тл. Определить магнитный момент, приходящийся на один атом никеля (в магнетонах Бора).

4. Для α -железа, кристаллизующегося в структуре кубической симметрии, константы магнитной кристаллографической анизотропии имеют следующие значения: $K_1 = 4,2 \cdot 10^4 \text{ Дж/м}^3$, $K_2 = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/м}^3$. Показать, что кристаллографические направления $[100]$ являются осями легкого намагничивания, а направление семейства $\{111\}$ – осями трудного намагничивания. Определить энергию магнитной кристаллографической анизотропии.

5. Измерения дают следующие значения констант магнитной кристаллографической анизотропии для никеля, имеющего структуру гранецентрированного куба: $K_1 = -5,1 \cdot 10^3$ Дж/м³, $K_2 = 0$. Пользуясь этими данными, определить направления осей а) легкого, б) трудного намагничивания в монокристаллах никеля.
6. При напряженности магнитного поля $H = 10^4$ А/м магнитная индукция в висмуте $B = 12,6$ Тл. Определить магнитную восприимчивость k_m вещества. Какой вывод можно сделать о природе намагниченности?
7. Магнитная восприимчивость никеля при температурах 400 и 800 °С, равна соответственно $1,25 \cdot 10^{-3}$ и $1,14 \cdot 10^{-4}$. Определить температуру Кюри и магнитную восприимчивость при $T = 600$ °С.
8. Молекула кислорода обладает магнитным моментом, равным 2,8 магнетона Бора. Вычислить: а) магнитную восприимчивость 1 м³ кислорода при комнатной температуре и давлении 10^7 Па (обычное давление в баллоне с газообразным кислородом); б) намагниченность 1 м³ кислорода при указанных выше условиях в магнитном поле Земли.
9. Найти магнитный момент $\bar{M}$ и магнитную индукцию $\bar{B}$ для образца металлического ниобия, помещенного в поле напряженностью 10^6 А/м. Как изменится величина магнитной индукции в присутствии ниобия по сравнению со значением магнитной индукции в вакууме при указанном значении напряженности магнитного поля, если магнитная восприимчивость ниобия составляет приблизительно $2,3 \cdot 10^{-6}$.
10. Решить предыдущую задачу для германия, у которого магнитная восприимчивость приблизительно равна -10^{-6} .
11. Вычислить значение магнитной индукции для германия, находящегося в магнитном поле напряженностью 10^5 А/м.
12. Оценить намагниченность ферромагнетика при $T \rightarrow 0$ и при $T \rightarrow \theta$, где θ – температура Кюри-Вейса.
13. Известно, что энергия обменного взаимодействия сильно убывает при увеличении расстояния между атомами. Оценить энергию обменного взаимодействия для железа, никеля, кобальта, гадолиния, если известно, что $\theta_{Fe} = 1043$; $\theta_{Ni} = 631$; $\theta_{Co} = 1400$; $\theta_{Gd} = 289$ К.
14. Энергия доменных стенок в железе составляет около 10^{-3} Дж/м². Вычислить: а) общую площадь доменных стенок образца железа массой 0,5 кг; б) полную энергию всех доменных стенок. Для простоты расчетов считать, что в типичном образце размагниченого поликристаллического железа домены имеют форму параллелепипедов с размерами 0,1 x 0,01 x 0,01 см.
15. Найти намагниченность длинного тонкого стержня, изготовленного из технически чистого железа, длинная ось которого расположена вдоль оси земного магнитного поля, если относительная магнитная проницаемость материала составляет $5 \cdot 10^3$.
16. Магнитный момент атома гадолиния составляет 7,95 магнетона Бора. Определить намагниченность насыщения кристалла гадолиния, если он обладает гранецентрированной кубической решеткой с периодом идентичности, равным 3,2 Å.
17. Допуская, что железо является парамагнетиком в широкой области температур, оценить напряженность магнитного поля, необходимую для создания при комнатной температуре спонтанной намагниченности, равной 0,12 Тл.
18. Свободный протон находится в постоянном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Определить частоту переменного магнитного поля, при которой происходит резонансное поглощение энергии внешнего поля протоном.

Тема «Пассивные радиокомпоненты»

1. В сердечнике трансформатора удельные магнитные потери на гистерезис и на вихревые токи при частоте 2 кГц равны и составляют 2 Вт/кг. Определить суммарные удельные магнитные потери в этом же сердечнике на частоте 400 Гц, если максимальная магнитная индукция в нем та же, что и на частоте 2 кГц.
2. В сердечнике трансформатора суммарные удельные потери на гистерезисе и на вихревые токи при частотах 1 и 2 кГц составляют соответственно 2 и 6 Вт/кг (при неизменной максимальной индукции в сердечнике). Рассчитать магнитные потери на вихревые токи в сердечнике на частотах 2 кГц.
3. В сердечнике трансформатора на частоте 50 Гц потери на гистерезисе при индукции магнитного поля 0,1 и 0,5 Тл составляют 0,15 и 1,97 Вт/кг соответственно. Определить потери на гистерезис на частоте 200 Гц при индукции поля 0,6 Тл.
4. На частоте 50 Гц удельные потери на вихревые токи в сердечнике из электротехнической стали при индукции магнитного поля $B=1,2$ Тл составляет 6,5 Вт/кг. Определить потери на вихревые токи в сердечнике на частоте 400 Гц при магнитной индукции 0,5 Тл, если масса сердечника $m=0,5$ кг.
5. Определить удельные магнитные потери на вихревые токи в сердечнике трансформатора, набранном из листов электротехнической стали толщиной 0,35 мм, если на сердечник воздействует изменяющийся по синусоидальному закону магнитный поток с частотой 50 Гц и максимальной индукцией 0,5 Тл, обусловленный прохождением переменного тока по обмотке. Удельное сопротивление стали ρ принять равным 0,5 мкОм·м.
6. Сердечник трансформатора, собранный из листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, на частоте 50 Гц при амплитуде индукции магнитного поля 0,8 Тл имеет потери на вихревые токи 2,4 Вт. Каким будут потери, если сердечник той же формы и тех же размеров собрать из листов толщиной 0,35 мм. А амплитуда магнитной индукции уменьшить до 0,5 Тл? Как при этом изменятся потери на гистерезис?
7. Определить магнитные потери в сердечнике из феррита марки 200 НМ на частоте 0,1 МГц при пропускании через намагничивающую обмотку тока 40 мА. Обмотка состоит из 100 витков, добротность сердечника в данных условиях равна 10. Магнитную проницаемость сердечника при рабочей напряженности поля принять равной μ_n .
8. Найти удельные магнитные потери в ферритовом сердечнике марки 200НН, перемагничивающегося на частоте 0,1 МГц магнитным полем напряженностью $H_m=4$ А/м, если в данных условиях угол магнитных потерь равен 0,2, магнитная проницаемость $\mu=2500$.
9. Кольцевой сердечник, изготовленный из феррита марки 200 НМ, на частоте 0,01 МГц имеет угол магнитных потерь равный 0,2. На сердечнике намотана обмотка из 20 витков. Найти эквивалентное сопротивление потерь в сердечнике в слабых магнитных полях.
10. Кольцевой ферритовый сердечник массой $m=0,1$ кг перемагничивается переменным магнитным полем напряженностью $H_m=1$ кА/м частотой $f=10^4$ Гц. Определить мощность, выделяемую в сердечнике. Если магнитная проницаемость материала $\mu=1000$; $\operatorname{tg}\delta_m=10^{-2}$; плотность феррита $d=4,5$ Мг/м³.
11. Кольцевой ферритовый сердечник с магнитной проницаемостью $\mu=1000$ имеет обмотку содержащую 100 витков. Измерениями установлено, что на частоте 0,1 МГц при токе 100 мА в катушке выделяется активная мощность 0,313 Вт, а в отсутствие магнитного

сердечника при том же токе в обмотке выделяется лишь 0,1 Вт. Определить добротность сердечника.

12. Катушка с ферритовым тороидальным сердечником диаметром 10 мм имеет индуктивность 0,12 Гн и содержит 100 витков. Определить ток в катушке, при котором магнитная индукция в сердечнике равна 0,1 Тл.

13. Найти индуктивность соленоида, имеющего 200 витков, намотанных на диэлектрическое основание, длиной $l=50$ мм. Площадь поперечного сечения основания $S=50$ мм². Как изменится индуктивность катушки, если в нее введен цилиндрический ферритовый сердечник, имеющий магнитную проницаемость $\mu=400$, определенную с учетом размагничивающего действия воздушного зазора?

14. Соленоид с числом витков $n=100$ имеет ферритовый сердечник длиной 30 мм с площадью поперечного сечения 25 мм². Кривая намагничивания сердечника показана на рисунке 71. Найти индуктивность соленоида, если по его обмотке проходит ток: а) 60 мА; б) 300 мА; в) определить значение тока, при котором индуктивность соленоида максимальна.

15. Определить, сколько витков необходимо намотать на магнитный сердечник длиной 100 мм и диаметром 8 мм, чтобы получить индуктивность катушки $L=10$ мГн. Магнитную проницаемость сердечника считать равной 500.

16. Тороидальный сердечник из пермаллоя с внутренним диаметром 30 мм и наружным диаметром 40 мм имеет обмотку из 200 витков. При пропускании через обмотку тока 0,5 А в сердечнике создается магнитное поле индукцией 1,5 Тл. Определить магнитную проницаемость сердечника.

17. Найти намагниченность J_m парамагнетика, находящегося внутри соленоида длиной $l=30$ см с сечением $S=2$ см² и числом витков $n=300$, когда по обмотке проходит ток $I=1,5$ А. Индуктивность соленоида $L=7,55 \cdot 10^{-5}$ Гн.

18. Определить магнитную индукцию ферромагнитного сердечника, помещенного внутрь соленоида длиной $l=20$ см с числом витков $n=800$, если по обмотке проходит ток 0,2 А, а если эффективная магнитная проницаемость сердечника $\mu=200$.

19. Кольцевой ферритовый сердечник со средним диаметром $d_{cp}=25$ мм имеет воздушный зазор длиной 1 мм. При пропускании тока 0,17 А через обмотку сердечника, состоящую из 500 витков, в зазоре создается магнитная индукция $B_0=0,1$ Тл. Определить магнитную проницаемость феррита.

20. Сколько витков провода должна содержать обмотка стального сердечника с поперечным сечением $5 \cdot 10^{-4}$ м², чтобы в ней при равномерном в течение 5 мс изменении магнитной индукции от 0,1 до 1,1 Тл возбуждалась ЭДС индукции 100 В?

21. На ферритовый сердечник, изготовленный в виде тора со средним диаметром 70 мм и радиусом поперечного сечения 8 мм, намотана обмотка, содержащая 300 витков. При пропускании по обмотке тока $I=0,5$ А в сердечнике создается магнитный поток $6,17 \cdot 10^{-2}$ Вб. Найти магнитную проницаемость феррита.

22. Магнитная восприимчивость сердечника из магнитодиэлектрика на альсиферовой основе $k_M=10$. Определить напряженность магнитного поля внутри этого сердечника, если индукция магнитного поля $B=0,1$ Тл.

23. Определить добротность катушки индуктивности, если магнитный сердечник имеет наружный диаметр $D_1=30$ мм, внутренний диаметр $D_2=16$ и высота $h=10$ мм. Обмотка выполнена медным изолированным проводом диаметром $d=0,3$ мм. Обусловленная межвитковой изоляцией собственная емкость катушки $C_L=1$ пФ. При расчете тангенс угла диэлектрических потерь изоляционного лака $\operatorname{tg} \delta_d$ принять равным 0,01. Какими будут

потери в обмотке и в изоляции? Как будут изменяться индуктивность и добротность катушки при увеличении частоты? Определить резонансную частоту катушки индуктивности.

24. В ячейке памяти используется ферритовый сердечник с ППГ. Коэффициент прямоугольности петли гистерезиса равен 0,9. Амплитуда импульса полезного сигнала в выходной обмотке ячейки при считывании сигнала логической единицы («1») равна 1,9 мВ. Чему будет равна амплитуда импульса помехи при считывании сигнала логического нуля («0»)? Как изменится отношение сигнал-помеха, если в этой ячейке использовать ферритовый сердечник с коэффициентом прямоугольности 0,95 (коэффициент переключения этих двух сердечников одинаковы)? Импульсы считывания создают в сердечнике поле напряженностью $H_m = 5H_c$, где H_c – коэрцитивная сила.

25. Катушка индуктивности содержит $n=200$ витков медного изолированного провода, который намотан виток к витку на поверхности диэлектрического цилиндра диаметром $D=1$ см. Через катушку проходят постоянный ток $I=0,9$ А и переменный ток $i=0,1$ А частотой $f=2$ МГц. Определить: минимальный диаметр провода, из которого может быть изготовлена катушка, если допустимая плотность тока в обмотке $j=2$ А/мм²; мощность, выделяющуюся при этом в обмотке; минимальную толщину слоя диэлектрической лаковой изоляции провода, если электрическая прочность пленки лака $E_{пр}=3000$ В/мм. При расчете поверхностным эффектом и собственной емкостью пренебречь, принять запас по электрической прочности лаковой изоляции $K=10$. Как изменится напряженность электрического поля в изоляции провода, если катушка такой же индуктивности изготовить с магнитным сердечником, расположенным внутри диэлектрического цилиндра того же диаметра?

26. При напряженности магнитного поля $H=400$ кА/м магнитотвердый сплав ЮНДК35Т5 имеет магнитную индукцию $B=1$ Тл. Определить намагниченность сплава.

27. Определить силу, с которой притягиваются друг у другу полюса электромагнита, если площадь сечения полюса $S=25$ см², а магнитная индукция в зазоре между ними $B=0,6$ Тл.

Составил:

к.т.н., доцент каф. МНЭЛ

(М.В. Зубков)

Заведующий кафедрой МНЭЛ

к.ф-м.н., доцент

(В.Г. Литвинов)