

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе
для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи, приема
и обработки сигналов») заочной формы обучения



Воронеж 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиотехники

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе
для студентов направления 11.03.01
«Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства
передачи, приема и обработки сигналов») заочной формы
обучения

Воронеж 2021

УДК 621.396
ББК 32.85

Составитель канд. техн. наук, доц. Р. П. Краснов

Радиоматериалы и радиокомпоненты: методические указания к самостоятельной работе для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов») заочной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Р. П. Краснов. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 18 с.

В методических указаниях приведено содержание дисциплины «Радиоматериалы и радиокомпоненты» для студентов заочной форм обучения направления 11.03.01 «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»). Кроме того, изложены домашние задания для подготовки к итоговому контролю. Представлены контрольные вопросы и приведены ссылки на рекомендуемую литературу.

УДК 621.396
ББК 32.85

Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

Рецензент – канд. техн. наук, доц. каф. РЭУС, ВГТУ А. В. Володько

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины – обеспечить базовую подготовку специалистов, необходимую для успешного усвоения специальных дисциплин и последующего решения производственных и научных задач

Для достижения цели ставятся следующие задачи.

1. Изучение свойств элементов современной радиоэлектроники и основных направлений ее развития.

2. Ознакомление с характеристиками радиоматериалов и радиокомпонентов РЭА.

3. Получение навыка использования полученных знаний для правильного выбора радиоэлементов при разработке радиоэлектронной аппаратуры.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен
Знать функциональные свойства материалов и их основные параметры; типы современных радиокомпонентов, их основные конструктивные и эксплуатационные характеристики.

Уметь определять оптимальный состав радиокомпонентов в зависимости от конструкции и назначения аппаратуры.

Владеть методами выбора элементной базы.

Темы и содержание лекций.

Классификация материалов, применяемых для изготовления радиоэлементов. Общие теплофизические, электрические, механические свойства материалов.

Назначение и функции резисторов в РЭС. Классификация резисторов и их основные параметры. Конструкции резисторов. Условные графические обозначения (УГО) резисторов на принципиальных схемах и их наименование.

Параметры диэлектрических материалов, их зависимости от внешних воздействий. Механизмы поляризации диэлектриков, электропроводность, потери.

Классификация конденсаторов по виду диэлектрика.

Область применения и конструкция основных типов конденсаторов. Особенности переменных и подстроечных конденсаторов. Потери в конденсаторах. Маркировка конденсаторов. Ионисторы.

Основные типы и область применения сильно магнитных материалов. Магнитотвердые материалы. Постоянные магниты и их применение. Магнитомягкие материалы: сплавы, магнитодиэлектрики, ферриты.

Особенности применения, маркировка и основные параметры катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов. Основы расчета основных параметров. Конструктивное исполнение магнитопроводов.

Собственная и примесная проводимость полупроводников, типы примеси. Основные типы переходов, рп-переход. Анализ идеального равновесного рп-перехода. Эффекты, влияющие на ВАХ реального рп-перехода. Виды пробоя рп-перехода и их характеристика.

Выпрямительный и импульсный диод. Стабилитрон. Емкости рп-перехода. Варикап. Переход металл-полупроводник. Диод Шоттки.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

2.1. Подготовить краткий отчет по одному вопросу из нижеприведенного списка. Номер вопроса должен соответствовать сумме последних двух цифр номера зачетной книжки.

1. Свойства проводниковых материалов. Типы и конструкция постоянных резисторов.

2. Переменные и подстроечные резисторы. Угломержная характеристика.

3. Параметры резисторов. Система обозначений, маркировка резисторов.

4. Конденсаторы. Принцип действия. Свойства. Типы конденсаторов. Маркировка конденсаторов.

5. Виды конденсаторов постоянной емкости: бумажные, электролитические, пленочные, керамические.

6. Конденсаторы переменной емкости. Параметры конденсаторов.

7. Свойства магнитного поля. Классификация магнитных материалов. Основные типы и область применения сильно магнитных материалов. Магнитотвердые, магнитомягкие материалы и их применение.

8. Катушки индуктивности. Принцип работы, физические свойства. Основные типы конструкции катушек индуктивности

9. Виды потерь в катушках индуктивности Экранирование катушек индуктивности

10. Принцип работы трансформатора. Разновидности и назначение трансформаторов

11. Виды магнитопроводов трансформаторов. Виды потерь в трансформаторах и способы борьбы с ними.

12. Полупроводники. Физические свойства полупроводниковых материалов. Способы создания проводимости. Виды проводимости полупроводников.

13. рп-переход. Анализ идеального равновесного рп-перехода. Способы включения рп-перехода

14. ВАХ идеального диода, ВАХ реального диода.

15. Выпрямительный диод. Обозначение, принцип действия.

16. Виды пробоя рп-перехода и их характеристика. Стабилитрон

17. Емкости рп-перехода. Варикап.

18. Переход металл-полупроводник. Диод Шоттки.

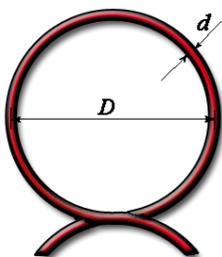
2.2. Произвести расчет параметров одного из типов катушек индуктивности. Выбор типа расчета определяется по варианту из таблицы. Номер варианта задания соответствует сумме последних двух цифр номера зачетной книжки.

Таблица

Вар.	Тип катушки	Данные
1	2	3
1	Одиночный круглый виток	Дано: $L = 20$ мкГн, $d = 0,5$ мм Определить: D
2	Однослойная катушка с намоткой виток к витку	Дано: $D = 8$ мм, $d = 0,5$ мм, $L = 14$ мкГн Определить: ω, l
3	Однослойная катушка с шаговой намоткой	Дано: $\omega = 100$, $h = 1$ мм, $d = 1$ мм, $D = 1$ см Определить: L
4	Однослойная многогранная катушка с шаговой намоткой	Дано: $\omega = 100$, $h = 1$ мм, $d = 1$ мм, $D_0 = 0,5$ см, $n = 5$ Определить: L
5	Многослойная катушка	Дано: $D = 30$ мм, $L = 50$ мкГн, $l = 20$ мм, $c = 6$ мм Определить: ω, d
6	Катушка на ферритовом кольце	Дано: $L = 51$ мкГн, $D_1 = 30$ мм, $D_2 = 20$ мм, $h = 5$ мм, $\mu = 5100$ Определить: ω
7	Катушка в броневом сердечнике	Дано: материал сердечника: феррит, $h_1 = 50$ мм, $h_2 = 40$ мм, $D_1 = 60$ мм, $D_2 = 10$ мм, $d_3 = 50$ мм, $d_4 = 20$ мм, $L = 30$ мкГн Определить: ω

1	2	3
8	Тонкопленочная катушка	Дано: $D_1 = 40$ мм, $D_2 = 3$ мм, $L = 15$ мкГн, круглые витки Определить: ω
9	Одиночный круглый виток	Дано: $D = 32$ мм, $d = 1$ мм Определить: L
10	Однослойная катушка с намоткой виток к витку	Дано: $D = 10$ мм, $l = 8$ мм, $L = 41$ мкГн Определить: ω , d
11	Однослойная катушка с шаговой намоткой	Дано: $\omega = 30$, $h = 0.5$ мм, $d = 1.5$ мм, $D = 0.8$ см Определить: L
12	Однослойная катушка с шаговой намоткой и многогранным сечением	Дано: $\omega = 30$, $h = 0.5$ мм, $d = 1.5$ мм, $D_0 = 0.6$ см, $n = 6$ Определить: L
13	Многослойная катушка	Дано: $D = 50$ мм, $L = 68$ мкГн, $l = 10$ мм, $c = 10$ мм Определить: ω , d
14	Катушка на ферритовом кольце	Дано: $L = 22$ мкГн, $D_1 = 50$ мм, $D_2 = 20$ мм, $h = 10$ мм, $\mu = 3500$ Определить: ω
15	Катушка в бронеом сердечнике	Дано: тип сердечника: карбонильное железо, $h_1 = 60$ мм, $h_2 = 50$ мм, $D_1 = 60$ мм, $D_2 = 10$ мм, $d_3 = 50$ мм, $d_4 = 20$ мм, $\omega = 120$ Определить: L
16	Тонкопленочная катушка	Дано: $D_1 = 30$ мм, $D_2 = 5$ мм, $\omega = 11$, квадратные витки Определить: L
17	Однослойная катушка с шаговой намоткой и многогранным сечением	Дано: $\omega = 1500$, $h = 0.2$ мм, $d = 0.3$ мм, $D_0 = 10$ мм, $n = 3$ Определить: L
18	Многослойная катушка	Дано: $D = 40$ мм, $L = 27$ мкГн, $l = 10$ мм, $c = 5$ мм Определить: ω , d

Одиночный круглый виток



Расчет индуктивности такой разновидности катушки необходимо произвести по формуле (1)

$$L = 2\pi D \left[\ln \left(\frac{8D}{d} \right) - 1.75 \right], \quad (1)$$

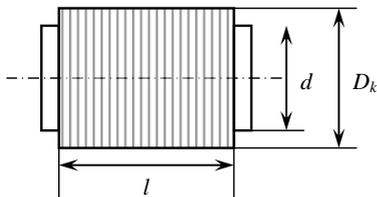
где L – индуктивность, мкГн,

D – диаметр витка, мм,

d – диаметр провода мм.

Расчет индуктивности катушки по заданным размерам ведется непосредственно по вышеприведенной формуле.

Однослойная катушка с намоткой виток к витку



При расчете параметров такой катушки имеется два варианта задания исходных данных:

1) Задаются диаметр каркаса, диаметр провода, индуктивность, требуется определить длину намотки. В этом случае расчет числа витков катушки ведется по формуле (2):

$$L = \frac{\omega^2 D_k}{1000 \cdot \left(\frac{l}{D_k} + 0.45 \right)}. \quad (2)$$

Здесь $D_k = D + d$, $l = \omega \cdot d$,

L – индуктивность катушки, мкГн,

ω – число витков,

D_k – диаметр катушки (диаметр каркаса + диаметр провода ($D+d$)), мм,

l – длина намотки, мм.

2) Задаются диаметр каркаса и длина намотки, требуется определить диаметр намоточного провода. При этом параметры катушки рассчитываются по формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{1000L}{D_k} \left[\frac{l}{D_k} + 0.45 \right]},$$

$$D_k = D + d,$$

(3)

где L – индуктивность катушки, мкГн,

ω – число витков,

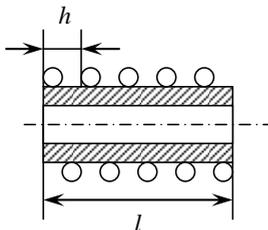
D_k – диаметр катушки (диаметр каркаса + диаметр провода ($D+d$)), мм,

l – длина намотки, мм.

Расчет ведется методом последовательных приближений, т.е. осуществляется подбор диаметра провода до заполнения длины намотки.

Расчет индуктивности такой катушки при заданных размерах проводится по формуле (2).

Однослойная катушка с шаговой намоткой



Индуктивность катушки такого типа представляет собой сумму индуктивности катушки с намоткой виток к витку, рассчитываемой по формуле (2) и поправочной индуктивности ΔL :

$$L' = L + \Delta L. \quad (4)$$

Поправочный коэффициент ΔL определяется по формуле (5):

$$\Delta L = \omega D_k \left(\frac{h}{d} - 1 \right) \left(\frac{12 - h/d}{4} \right) \cdot 10^{-4}. \quad (5)$$

Здесь L – индуктивность катушки, мкГн,

ω – число витков,

h – шаг между витками, мм,

d – диаметр провода, мм,

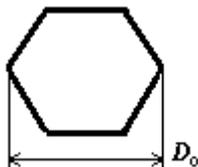
l – длина намотки, мм,

D_k – диаметр катушки (диаметр каркаса + диаметр провода $(D+d)$), мм.

Длина намотки вычисляется по формуле (6):

$$l = \omega \cdot h + d. \quad (6)$$

Однослойная катушка с шаговой намоткой и многогранным сечением

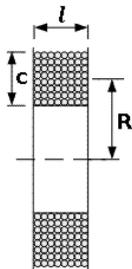


При заданных габаритных размерах индуктивность катушки определяется как и для круглой катушки по формуле (4) с учетом поправки на форму. При этом для катушки с числом граней n для определения диаметра витка следует использовать формулу (7):

$$D = D_0 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2n} \right), \quad (7)$$

где D_0 – размер поперечника катушки.

Многослойная катушка



При расчете параметров такой катушки задаются диаметр каркаса, индуктивность, длина и толщина намотки. Требуется определить число витков и диаметр провода, необходимый для заполнения каркаса. При этом расчет числа витков катушки ведется по формуле (8):

$$\omega = \frac{20}{D_c} \sqrt{\frac{L}{25\pi} (3D_c + 9l + 10c)},$$
$$D_c = D + 0.5c,$$
(8)

где L – индуктивность, мкГн,

D – диаметр каркаса, мм,

D_c – средний диаметр катушки, мм,

l – длина намотки, мм,

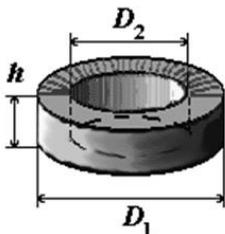
c – толщина катушки, мм,

d – диаметр провода, мм,

Диаметр провода, необходимого для заполнения заданного каркаса, вычисляется из соотношения (9):

$$\omega d^2 = cl.$$
(9)

Катушка на ферритовом кольце



Формула для расчета требуемого числа витков при заданной индуктивности определяется отношением наружного диаметра кольца ко внутреннему.

Если D_1/D_2 больше 1.75, используется формула (10,а):

$$\omega = 100 \sqrt{\frac{L}{2\mu h \ln\left(\frac{D_1}{D_2}\right)}} \quad (10,а)$$

Если же D_1/D_2 меньше 1.75, следует применять формулу (10,б):

$$\omega = 100 \sqrt{\frac{L(D_1 + D_2)}{4\mu h(D_1 - D_2)}} \quad (10,б)$$

где L – индуктивность, мкГн,

μ – магнитная проницаемость.

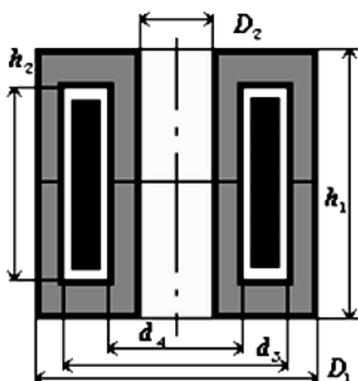
Если в задании даны габаритные размеры катушки и требуется определить индуктивность, при расчете в зависимости от отношения наружного диаметра кольца ко внутреннему следует использовать формулу (11,а), если D_1/D_2 больше 1.75:

$$L = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \mu h \omega^2 \ln \frac{D_1}{D_2} \quad (11,а)$$

либо формулу (11,б), если D_1/D_2 меньше 1.75:

$$L = 4 \cdot 10^{-4} \cdot \mu h \omega^2 \frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2} \quad (11,б)$$

Катушка в броневом сердечнике



Для такого типа катушки задаются диаметр каркаса, длина и толщина намотки. Требуется определить число витков и диаметр провода, необходимый для заполнения каркаса. При этом расчет числа витков катушки ведется по формулам (12):

$$\omega = 100 \sqrt{\frac{L(A+B)}{k\mu}},$$
$$A = (h_1 + h_2) \left(\frac{1}{D_1^2 - d_3^2} + \frac{1}{D_2^2 - d_4^2} \right),$$
$$B = \frac{1}{h_1 - h_2} \ln \left[\frac{D_1^2 + d_3^2}{D_2^2 + d_4^2} \right].$$
(12)

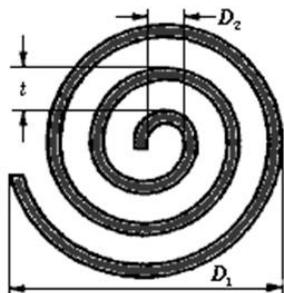
В зависимости от варианта задания коэффициент k принимает следующие значения:

$k = 19.74$ для сердечников из карбонильного железа,

$k = 2.5$ для ферритовых сердечников.

Для расчета при полностью введенном сердечнике можно принять $D_2 = 0$.

Тонкопленочная катушка



При расчете параметров такой катушки имеется два варианта задания исходных данных:

1. Заданы габаритные размеры намотки. Требуется определить число витков и диаметр провода, необходимый для заполнения каркаса.

Тонкопленочная катушка может образовываться прямоугольными или круглыми витками. Для катушки с квадратной формой витков следует использовать формулу (13,а):

$$\omega = \left(\frac{1000L}{6.4 \cdot (D_1 + D_2) \ln \left[8 \frac{D_1 + D_2}{D_1 - D_2} \right]} \right)^{3/5} \quad (13,а)$$

Число витков в катушке с круглой формой витков определяется по формуле (13,б):

$$\omega = \sqrt{\frac{20L(4A + 11)}{A(D_1 + D_2)}}, \quad (13,б)$$

$$A = \frac{D_1 + D_2}{D_1 - D_2},$$

где

Шаг между витками:

$$t = \frac{D_1 - D_2}{\omega + (\omega - 1)}$$

2. Заданы размеры катушки и требуется определить индуктивность.

Расчет индуктивности катушки с квадратной формой витков следует проводить по формуле (14,а):

$$L = 6.4 \cdot 10^{-3} \cdot \omega^{\frac{3}{5}} \cdot (D_1 + D_2) \ln \left[8 \frac{D_1 + D_2}{D_1 - D_2} \right]. \quad (14,а)$$

Расчет индуктивности катушки с круглой формой витков ведется по формуле (14,б):

$$L = \omega^2 \frac{A \cdot (D_1 + D_2)}{20 \cdot (4A + 11)}, \quad (14,б)$$

где $A = \frac{D_1 + D_2}{D_1 - D_2}$.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация материалов, применяемых для изготовления радиоэлементов.

2. Свойства проводниковых материалов.

3. Типы и конструкция постоянных резисторов.

4. Переменные и подстроечные резисторы. Угломерная характеристика

5. Параметры резисторов

6. Система обозначений, маркировка резисторов.

7. Конденсаторы. Принцип действия. Свойства.

8. Типы конденсаторов. Маркировка конденсаторов.

9. Виды конденсаторов постоянной емкости: бумажные, электролитические.

10. Виды конденсаторов постоянной емкости: пленочные.

11. Виды конденсаторов постоянной емкости: керамические

12. Конденсаторы переменной емкости

13. Параметры конденсаторов.

14. Свойства магнитного поля. Классификация магнитных материалов.

15. Основные типы и область применения сильно магнитных материалов.

16. Магнитотвердые, магнитомягкие материалы и их применение.

17. Катушки индуктивности. Принцип работы, физические свойства.

18. Основные типы конструкции катушек индуктивности

19. Виды потерь в катушках индуктивности

20. Экранирование катушек индуктивности

21. Параллельное и последовательное соединение пассивных радиоэлементов

22. Принцип работы трансформатора

23. Разновидности и назначение трансформаторов

24. Виды магнитопроводов трансформаторов

25. Виды потерь в трансформаторах и способы борьбы с ними.

26. Полупроводники. Физические свойства полупроводниковых материалов
27. Способы создания проводимости. Виды проводимости полупроводников.
28. Основные типы переходов, рп-переход.
29. Анализ идеального равновесного рп-перехода.
30. Способы включения рп-перехода
31. ВАХ идеального диода, ВАХ реального диода.
32. Выпрямительный диод. Обозначение, принцип действия.
33. Виды пробоя рп-перехода и их характеристика.
- Стабилитрон
34. Емкости рп-перехода. Варикап.
35. Туннельный диод. Диод Гана.
36. Переход металл-полупроводник. Диод Шоттки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 1 Петров, К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника [Текст] / К. С. Петров. – СПб.: Питер, 2003. – 506 с.

2. Краснов, Р. П. Основы электроники [Текст] / Р. П. Краснов, Б. В. Матвеев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 165 с.

3. Пасынков, В. Н. Материалы электронной техники [Текст] / В. Н. Пасынков, В. С. Сорокин. – М.: Издательство Лань, 2001. – 368 с.

4. Гусев, В.Г. Электроника [Текст] / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. М.: Высшая школа, 1991. – 622 с.

5. Программа для расчета индуктивности катушек [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://coil32.narod.ru>.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Содержание дисциплины	3
2. Контрольные задания	5
3. Контрольные вопросы	15
Библиографический список.....	17

РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к самостоятельной работе
для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника»
(профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и
обработки сигналов») заочной формы обучения

Составитель
Краснов Роман Петрович

Компьютерный набор Р.П. Краснова

Подписано в печать 15.04.2021
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Усл. печ. л 1,1, Тираж экз. Заказ № 265

ФГОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»
394026, Воронеж, Московский просп., 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394026, Воронеж, Московский просп., 14