Министерство Российской Федерации

по связи и информатизации

Сибирский государственный университет

телекоммуникаций и информатики

**Н.Е. Фадеева**

**Материалы и компоненты электронной техники**

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Новосибирск, 2019 г.

Контрольные задания и методические указания по их выполнению по курсу «Материалы и компоненты электронной техники».

Составитель: к.т.н. Фадеева Н.Е.

Методические указания содержат исходные данные задач контрольного задания и справочный материал, необходимый для их решения.

Для студентов заочной и дистанционной форм обучения технических специальностей

Кафедра Технической Электроники

Таблиц – 16, формул – 50.

Рецензент: доц., А.П.Шерстяков

Утверждено редакционно-издательским советом СибГУТИ в качестве методического пособия.

© Сибирский государственный университет телекоммуникаций информатики,

2019 г.

**Содержание.**

Введение 5

1. Основные вопросы курса. 5

Литература. 7

2. Указания к выбору вариантов задач контрольного задания. 8

3. Задачи контрольного задания 9

4. Справочный материал по курсу. 46

# Введение.

Дисциплина «Материалы и компоненты электронной техники» должна обеспечить естественнонаучную подготовку студентов, необходимую для усвоения курсов «Элементная база электронной техники», «Электроника», «Оптические и квантовые приборы и устройства», «Оптические управляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС».

Целью курса «Материалы и компоненты электронной техники» является изучение физико-химических и электрических свойств основных групп материалов, применяемых при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), а также маркировка, параметры, устройство и области применения радиокомпонентов.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

* номенклатуру, способы получения и области применения полупроводниковых, диэлектрических, проводниковых и магнитных материалов;
* физико-химические и электрические свойства изучаемых материалов и способы управления ими;
* варианты подбора материалов для изготовления компонентов РЭА;
* номенклатуру, УГО, параметры и характеристики основных радиокомпонентов;
* области применения основных радиокомпонентов.

По данному курсу предусмотрено выполнение контрольной работы.

# 1. Основные вопросы курса.

***1.1 Общие вопросы.***

1. Основные требования, предъявляемые к электрорадиоматериалам.

2. Классификация радиоматериалов по физико-химическим свойствам.

3. Экологические аспекты технологии формирования материалов (диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов).

***1.2 Проводниковые материалы.***

1. Физико-химические свойства проводниковых материалов.

2. Электрофизические параметры и характеристики проводниковых материалов.

3. Материалы с высокой удельной проводимостью. Сверхпроводники. Криопроводники. Параметры. Области применения в электронике.

4. Металлы с большим удельным сопротивлением. Параметры. Области применения.

5. Неметаллические проводники. Параметры. Области применения. неметаллических проводников.

***1.3 Полупроводниковые материалы.***

1. Физико-химические свойства полупроводниковых материалов.

2. Области применения полупроводниковых материалов в электронике.

3. Собственные полупроводники.

4. Примесные полупроводники.

5. Электропроводность в полупроводниках.

6. Токи в полупроводниках.

7. Влияние температуры на электропроводность полупроводников.

8. Влияние света на электропроводность полупроводников.

9. Влияние деформации на электропроводность полупроводников.

10. Влияние сильных электрических полей на электропроводность полупроводников.

***1.4 Диэлектрические материалы.***

1. Назначение диэлектрических материалов. Основные характеристики.

2. Виды поляризации диэлектриков.

3. Электропроводность диэлектриков.

4. Диэлектрические потери электроизоляционных материалов. Виды диэлектрических потерь.

5. Пробой диэлектриков. Виды пробоя.

6. Пассивные диэлектрики. Классификация. Область применения в электронике.

7. Активные диэлектрики. Классификация. Область применения в электронике.

8. Органические материалы. Физико-химические свойства органических материалов.

9. Области применения органических материалов в электронике.

***1.5 Магнитные материалы.***

1. Классификация веществ по магнитным свойствам.
2. Магнитные характеристики материалов. Модели намагничивания материалов.
3. Металлические магнитномягкие материалы. Характеристики. Области применения в электронике.
4. Металлические магнитотвердые материалы. Характеристики. Области применения в электронике.
5. Ферриты. Характеристики. Области применения в электронике.
6. Магнитодиэлектрики. Характеристики. Области применения в электронике.
   1. ***Радиокомпоненты***
7. Резисторы. УГО, классификация, устройство, области применения.
8. Конденсаторы. УГО, классификация, устройство, области применения.
9. Индуктивности. УГО, классификация, устройство, области применения.

# 

# Литература

**Основная.**

1. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.М. Жарский [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 558 c. — 978-985-06-2517-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48008.html>
2. Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Ю.П. Солнцев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 336 c. — 978-5-93808-296-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67351.html>
3. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / А.С. Серебряков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, Маршрут, 2005. — 279 c. — 5-89035-210-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16281.html>
4. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.М. Буслаева. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012. — 148 c. — 978-5-904000-58-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735.html>
5. Легостаев Н.С. Материалы электронной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.С. Легостаев. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. — 239 c. — 978-5-86889-679-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72057.html>
6. Фадеева Н.Е. Материалы и компоненты электронной техники. Электронный конспект лекций
7. *.* Садченков Д. А. Маркировка радиодеталей отечественных и зарубежных. Том 1 [Электронный ресурс]: справочное пособие / Садченков Д. А. – Электронные текстовые данные. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 208 c. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8640>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
8. 7. Нестеренко И. И. Цвет, код, символика радиоэлектронных компонентов [Электронный ресурс] / Нестеренко И. И. – Электронные текстовые данные. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. – 216 c. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20926>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Интернет ресурсы

1. <http://www.predloji.ru/catalogfiles/126/86585>
2. <http://lib.sibsutis.ru/libs.php>
3. <https://e.lanbook.com/> (необходимо получить код для регистрации в библиотеке СибГУТИ)
4. . <http://www.iprbookshop.ru/> (вход по паролю)

# <http://www.twirpx.com/file/51518/>

**2. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы**

В контрольную работу входят вопросы и задачи различной сложности, однако для их решения не требуется знаний, выходящих за рамки типовой программы и учебников по курсу «Материалы и компоненты электронной техники»

Прежде, чем приступать к решению задач, следует изучить материал соответствующего раздела учебника или конспекта лекций.

При решении задачи необходимо, прежде всего, установить, какие физические закономерности лежат в основе. Затем с помощью формул, выражающих эти закономерности, следует найти решение задачи, или ее части в общем виде (т.е. в буквенных обозначениях), причем искомая величина должна быть выражена через заданные величины. После этого можно перейти к подстановке числовых данных, выраженных обязательно в одной и той же системе единиц. Как правило, следует пользоваться единицами системы СИ. Числовой ответ обязательно должен иметь наименование единицы измерения (размерность).

При получении числового ответа следует обращать внимание на точность окончательного результата, которая не должна превышать точности исходных величин. Большую часть задач достаточно решать с точностью до двух-трех знаков после запятой.

Необходимые для решения задач справочные данные чаще всего указаны в условиях. В отдельных случаях необходимые для решения данные можно взять из приложений, где приведены основные свойства материалов.

При решении задач и в ответах на вопросы рекомендуется чаще изображать графически температурные и частотные зависимости параметров, эквивалентные схемы, энергетические диаграммы, кристаллическую структуру материалов и т.п.

В контрольной работе каждому студенту предлагается выполнить 10 заданий, включающих задачи и вопросы, из 5 разделов курса. ***Работа будет зачтена, если положительно будут оценены минимум 7 заданий, причем из каждого раздела должно быть выполнено хотя бы одно задание.***

Варианты заданий КР приведены в Приложении 6. Номер варианта заданий рассчитывается исходя из пароля и фамилии студента по следующей формуле:

вариант= пароль+весовой коэффициент первой буквы фамилии+весовой коэффициент второй буквы фамилии.

Например, вариант студента с фамилией Яковлев и паролем 25:

25+33+12=**70**

Или вариант студента с фамилией Рыбаков и паролем 17:

17+18+29=**64**

Или вариант студента с фамилией Абрамов и паролем 01:

1+1+2=**3**

Таблица 2.1 –Соответствие весовых коэффициентов буквам алфавита

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Буква фамилии | **А** | **Б** | **В** | **Г** | **Д** | **Е** | **Ё** | **Ж** | **З** | **Й** | **И** |
| Весовой коэффициент | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Буква фамилии | **К** | **Л** | **М** | **Н** | **О** | **П** | **Р** | **С** | **Т** | **У** | **Ф** |
| Весовой коэффициент | 12 | 13 | 174 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Буква фамилии | **Х** | **Ц** | **Ч** | **Ш** | **Щ** | **Ъ** | **Ы** | **Ь** | **Э** | **Ю** | **Я** |
| Весовой коэффициент | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |

Все решения задач сопровождаются подробными пояснениями. В конце обязательно приводится ответ.

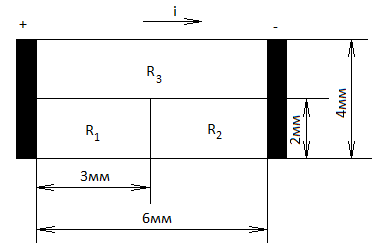
# 

# 3. Задачи контрольного задания

**3.1 Проводниковые материалы**

***Задача № 3.1.1***

Пленочный резистор состоит из трех участков, имеющих различные сопротивления квадрата пленки R1=10 Ом; R2=20 Ом; R3=30 Ом. Определить сопротивление резистора.



**Рисунок 1**

***Задача № 3.1.2***

Вычислить падение напряжения на полностью включенном реостате, изготовленном из константановой проволоки длиной 10 м, при плотности тока 5 А/мм2. Удельное сопротивление константана принять равным 0,5 мкОм·м.

***Задача № 3.1.3***

Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при 20°С составляет 35 Ом. Определить температуру нити лампочки, если известно, что при ее включении в сеть напряжением 220 в установившемся режиме по нити проходит ток 0.6 А. температурный коэффициент удельного сопротивления вольфрама при 20°С можно принять равным 0,005 К-1

***Задача № 3.1.4***

Определить дину нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм, используемой для изготовления нагревательного устройства с сопротивлением 20 Ом при температуре 1000 °С, полагая, что при 20°С параметры нихрома: удельное сопротивление 1 мкОм∙м, температурный коэффициент удельного сопротивления 0,00015 К-1, температурный коэффициент линейного расширения 0,000015 К-1.

***Задача № 3.1.5***

Медный и алюминиевый провода равной дины имеют одинаковые сопротивления. Определить отношение диаметров этих проводов. Вычислить, во сколько раз масса алюминиевого провода меньше массы медного провода.

***Задача № 3.1.6***

Определить температуру, до которой нагреется алюминиевый провод сечением 15 мм2, длиной 1000 м, если по нему течет ток 40А и падает напряжение 225 В.

***Задача № 3.1.7***

Определить падение напряжения в медной линии электропередач длиной 50 км при 50°С , сечением 10 мм2и по нему течет ток 60 А

.

***Задача № 3.1.8***

Определить длину проволоки из нихрома марки Х20Н80 для намотки проволочного резистора с номиналом 1 кОм , и допустимой мощностью рассеяния 10Вт. Принять параметры материала при 20°С : плотность тока 0,8 А/мм2, удельное сопротивление 1,05 мкОм∙м

**3.2 Полупроводниковые материалы**

***Задача № 3.2.1***

Вычиcлить собственную концентрацию носителей заряда в кремнии при

Т=300 К, если ширина его запрещенной зоны ΔW=1,12 эВ, а эффективные

массы плотности соcтояний mc=1,05m0, mv=0,56m0.

***Задача №3.2.2***

В собственном германии ширина запрещенной зоны при температуре 300 К равна 0,665 эВ. На сколько надо повысить температуру, чтобы число электронов в зоне проводимости увеличилось в два раза? Температурным изменением эффективной плотности состояний для электронов и дырок при расчете пренебречь.

***Задача 3.2.3***

Почему для изготовления большинства полупроводниковых приборов требуются монокристаллические материалы и не могут быть использованы поликристаллические образцы?

***Задача № 3.2.4***

Определить (качественно), как будет изменяться время жизни дырок в кремнии n-типа при повышении температуры от комнатной до температуры, при которой наступает собственная электропроводность.

***Задача № 3.2.5***

Чем можно объяснить, что многие полупроводниковые соединения группы АIIВVI проявляют электропроводность лишь одного типа, независимо от характера легирования?

***Задача № 3.2.6***

При легировании полупроводника донорными примесями время жизни неосновных носителей заряда уменьшилось в пять раз, а их подвижность снизилась на 30%. Определить, на сколько изменилась диффузионная длина дырок при легировании полупроводника по сравнению с нелегированным материалом.

***Задача № 3.2.7***

С какой целью производят выращивание эпитаксиальных слоев кремния на монокристаллических подложках при изготовлении интегральных схем?

***Задача № 3.2.8***

Определить, как изменится концентрация электронов в арсениде галлия, легированном цинком до концентрации NZn=1022м-3, при повышении температуры от 300 К до 500 К. Полагать, что при 300 К все атомы цинка полностью ионизированы.

***Задача № 3.2.9***

Каким типом электропроводности обладают полупроводники типа АIIIВV, легированные атомами элементов IV группы Периодической таблицы элементов?

***Задача № 3.2.10***

По истечении времени t1=10-4 c после прекращения генерации электронно-дырочных пар, равномерной по объему полупроводника, избыточная концентрация носителей заряда оказалась в 10 раз больше, чем в момент t2=10-3 с. Определить время жизни неравновесных носителей заряда, считая его постоянным, не зависимым от интенсивности возбуждения.

***Задача № 3.2.11***

Рассчитайте массу легирующей добавки мышьяка, которую необходимо ввести в пластину кремния объемом 100 мм3, чтобы при равномерном распределении примеси удельное сопротивление кристалла была равно 0,01 Ом·м. Подвижность электронов принять равной 0,12 м2/(В·с).

***Задача № 3.2.12***

Объясните, почему при одинаковом содержании легирующих примесей поликристаллический кремний обладает гораздо более высоким удельным сопротивлением, чем монокристаллический материал.

**3. 3 Диэлектрические материалы**

***Задача № 3.3.1***

В чем различие между ионной и ионно-релаксационной поляризацией? Что характеризует время релаксации и от каких факторов оно зависит?

***Задача № 3.3.2***

Капельки воды находятся во взвешенном состоянии в трансформаторном масле. Что с ними произойдет, если масло поместить в постоянное электрическое поле?

***Задача № 3.3.3***

При напряжении 2 кВ плоский конденсатор, изготовленный из высокочастотного диэлектрика, имеет заряд 3,5×10-8 Кл. При этом же напряжении и при повышении температуры на 100 К заряд возрастает на 1%. Определить диэлектрическую проницаемость материала и температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, если толщина диэлектрика между пластинами конденсатора h=2 мм, а площадь каждой пластины S= 5 см2. Какой вывод можно сделать о наиболее вероятном механизме поляризации данного диэлектрика?

***Задача № 3.3.4***

Что делают с обкладками высоковольтного конденсатора после выключения приложенного к нему напряжения во избежание опасности для человека? Объясните, какие процессы в диэлектрике создают эту опасность?

***Задача № 3.3.5***

В каких единицах выражают удельное объемное и удельное поверхностное сопротивления диэлектриков? Дайте определения этих физических величин. Почему их экспериментальное определение рекомендуют проводить при постоянном, и не при переменном напряжении, а также через 1мин после подачи напряжения на диэлектрик?

***Задача № 3.3.6***

При каких условиях для электроизоляционных материалов соблюдается закон Ома?

***Задача № 3.3.7***

Для определения природы носителей заряда в ионном диэлектрике был использован метод Тубандта. При этом были изготовлены три таблетки исследуемого диэлектрика, на две из которых с одной стороны были нанесены электроды. Каждая таблетка была тщательно взвешена, затем все таблетки были сложены, и через них в течение длительного времени пропускали постоянный ток. При полярности приложенного напряжения, указанной на рис.2, масса второй таблетки осталась неизменной, масса первой таблетки увеличилась, а масса третьей уменьшилась. Определить вид электропроводности данного диэлектрика и знак носителей заряда.

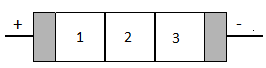


Рисунок 2

***Задача № 3.3.8***

В каком случае массы всех трех таблеток в опыте Тубандта (см.предыдущую задачу) останутся неизменными?

***Задача № 3.3.9***

Почему диэлектрические свойства газа не характеризуют значением удельного электрического сопротивления?

***Задача № 3.3.10***

Чему равна активная мощность рассеяния в кабеле с сопротивлением изоляции 20 Мом при постоянном напряжении 20 В?

***Задача № 3.3.11***

Как влияет температура на положение частотного максимума тангенса угла релаксационных потерь?

***Задача № 3.3.12***

Почему электрическая прочность твердых диэлектриков больше, чем жидких, а жидких - больше, чем газообразных?

***Задача № 3.3.13***

Электрическая проницаемость непропитанной конденсаторной бумаги и конденсаторного масла соответственно равна 35 и 20 кВ/мм. После пропитки бумаги конденсаторным маслом ее электрическая прочность возросла до 50 кВ/мм. Почему электрическая прочность пропитанной бумаги больше, чем электрические прочности непропитанной бумаги и пропитывающего диэлектрика?

***Задача № 3.3.14***

Одинаково ли будет изменяться пробивное напряжение воздуха, если производить его нагревание: а) при постоянном давлении; б) при постоянном объеме.

***Задача № 3.3.15***

Чем отличается пробой газа в однородном и неоднородном электрических полях? Каким образом в газе можно создать однородное поле? Почему при увеличении расстояния между электродами пробивное напряжение газа в однородном поле возрастает?

***Задача № 3.3.16***

Почему более толстые слои диэлектриков, как правило, имеют меньшую электрическую прочность?

***Задача № 3.3.17***

Для трех диэлектрических материалов при испытаниях в однородном электрическом поле получены приведенные на рисунке 3 зависимости пробивного напряжения от толщины. Построить (качественно) в одной системе координат зависимости электрической прочности этих материалов от толщины.

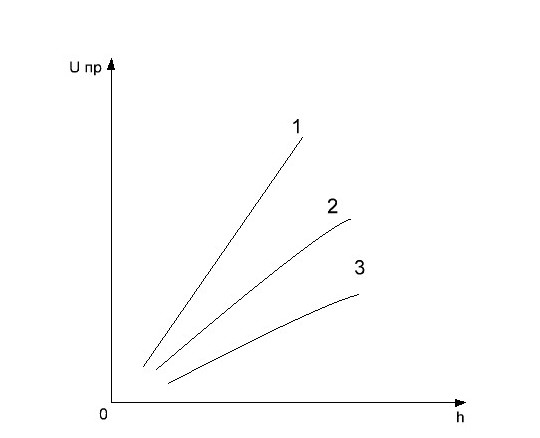


Рисунок 3

***Задача № 3.3.18***

Известно, что при тепловом пробое диэлектрик толщиной 4 мм пробивается при напряжении 15 кВ на частоте 100 Гц. При каком напряжении промышленной частоты пробьется такой же диэлектрик толщиной 2 мм?

***Задача № 3.3.19***

Для керамического опорного изолятора расчетным путем получены значения пробивного напряжения в функции от температуры окружающей среды отдельно для теплового пробоя (кривая 1 на рисунке 4) и для электрического пробоя (прямая 2). Чему равно пробивное напряжение этого изолятора и какой вид пробоя будет наблюдаться при температуре: а) T1; б) T2?

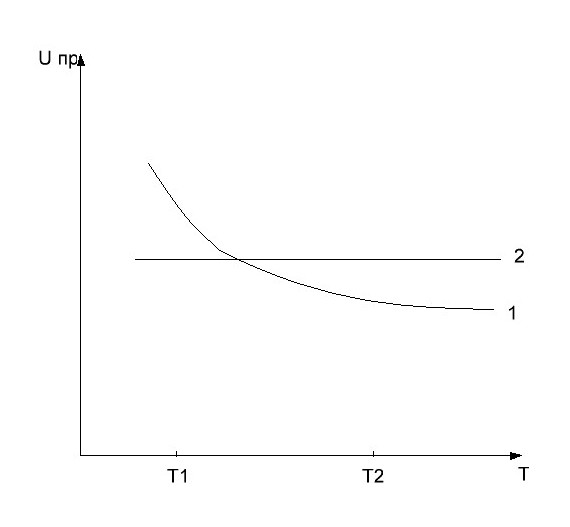


Рисунок 4

***Задача № 3.3.20***

Как и почему изменится пробивное напряжение воздуха при нормальном атмосферном давлении, если температуру повысить от 20 до 100°С?

***Задача № 3.3.21***

Что является количественной мерой диэлектрической анизотропии нематических жидких кристаллов? В каких веществах она положительна, а в каких отрицательна?

***Задача № 3.3.22***

Изобразите и поясните зависимость светопропускания жидкокристаллической электрооптической ячейки, обладающей «твист»- эффектом, от напряжения для случая, когда она заключена между двумя скрещенными поляроидами.

***Задача № 3.3.23***

В каких материалах и в каких условиях проявляются нелинейные оптические эффекты? Приведите примеры практического использования нелинейности оптических свойств кристаллических диэлектриков.

***Задача № 3.3.24***

Почему ситаллы и силикатные стекла одинакового химического состава обладают разными электрическими, механическими и теплофизическими свойствами?

***Задача № 3.3.25***

Почему для изоляции обмоточных проводов трансформаторов и электродвигателей используют термореактивные, а не термопластичные лаки?

***Задача № 3.3.26***

Что понимают под линейными и нелинейными, полярными и неполярными диэлектриками? Какие из перечисленных видов диэлектриков могут быть использованы на высоких частотах?

***Задача № 3.3.27***

На каких принципах основано создание термостабильной конденсаторной керамики?

***Задача № 3.3.28***

Керамический конденсатор емкостью 1,5 нФ при комнатной температуре имеет температурный коэффициент емкости ɑс= -750·10-6К-1. Изобразите (качественно) температурные зависимости емкости и ɑс этого конденсатора. Чему будет равна его емкость при температуре T= -40°С?

**3.4 Магнитные материалы**

***Задача № 3.4.1***

Почему диамагнетики намагничиваются противоположно направлению вектора напряженности внешнего магнитного поля? Как влияет температура на диамагнитную восприимчивость?

***3.4.2.***

К какому классу веществ по магнитным свойствам относятся полупроводники кремний и германий, химические соединения АIIIВV?

# 

# *Задача № 3.4.3*

Назовите основные механизмы намагничивания ферромагнетика, приводящие к нелинейной зависимости магнитной индукции от напряженности магнитного поля.

***Задача № 3.4.4***

Могут ли обладать ферримагнитными свойствами сплавы, состоящие из неферромагнитных элементов?

***Задача № 3.4.5***

Чем отличается спиновое обменное взаимодействие в ферро- и антиферромагнетиках?

***Задача № 3.4.6***

Укажите, следствием какого универсального закона являются диамагнитные свойства вещества. Почему парамагнетизм, в отличие от диамагнетизма, не универсален? Как зависит диамагнитная восприимчивость химического элемента от его места в Периодической системе элементов?

***Задача № 3.4.7***

Какими причинами обусловлен различный характер температурных зависимостей магнитной проницаемости магнитомягкого материала, измеряемой в слабом и сильном магнитных полях?

***Задача № 3.4.8***

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 μ=400, определенную с учетом размагничивающего действия воздушного зазора?

***Задача № 3.4.9***

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

***Задача № 3.4.10***

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.

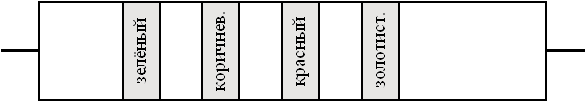
**3.5 Радиокомпоненты**

***Задача № 3.5.1***

## ЗПо приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резистор:

G412M;

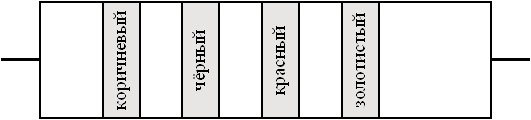


– конденсатор:

215Q;

– катушки индуктивности:

164K;

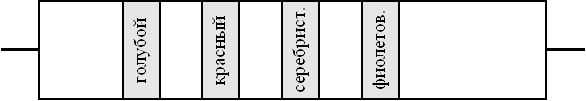


## ***Задача № 3.5.2***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

3T24M;

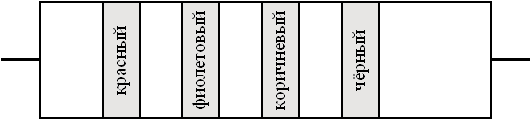


– конденсатор:

18Q;

– катушки индуктивности:

N12D;

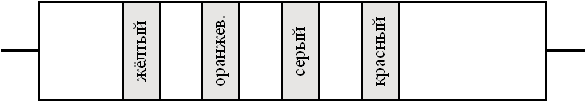


## ***Задача № 3.5.3***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

523RB;

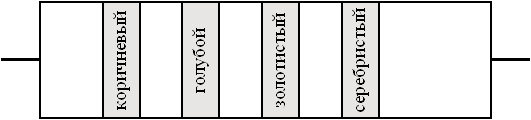


– конденсатор:

3m32G;

– катушки индуктивности:

R10I;

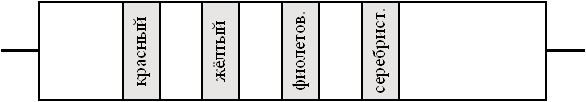


## ***Задача № 3.5.4***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

T909F;

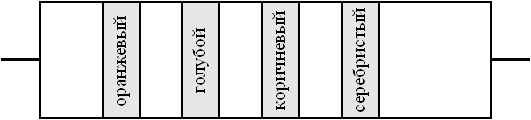


– конденсатор:

1p96C;

– катушки индуктивности:

332I;

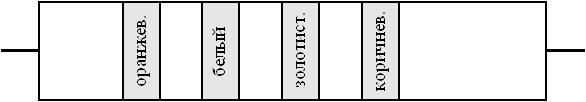


## ***Задача № 3.5.5***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

R227G;

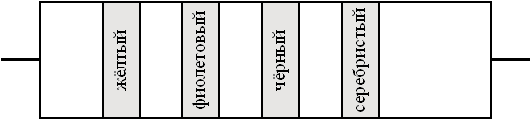


– конденсатор:

487nB;

– катушки индуктивности:

560M;

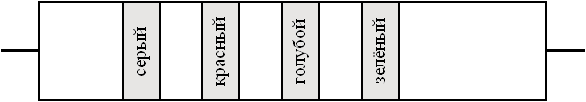


## ***Задача № 3.5.6***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

10K5D;

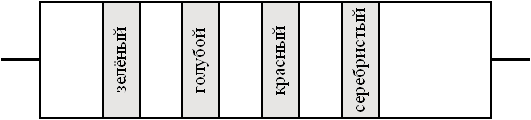


– конденсатор:

F47Y;

– катушки индуктивности:

391K;

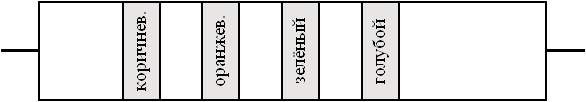


## ***Задача № 3.5.7***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

741KN;



– конденсатор:

p20F;

– катушки индуктивности:

243I;

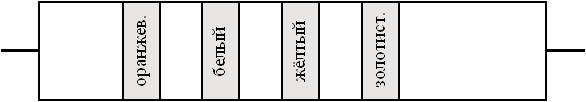


## ***Задача № 3.5.8***

о приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

681MK;

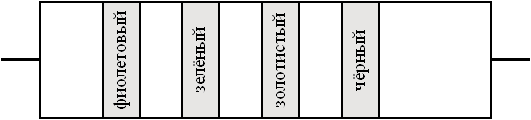


– конденсатор:

3m9K;

– катушки индуктивности:

150I;

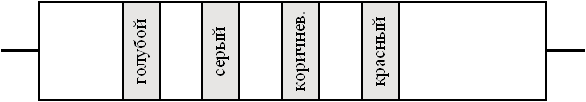


## ***Задача № 3.5.9***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

931MC;



– конденсатор:

F759N;

– катушки индуктивности:

302M;

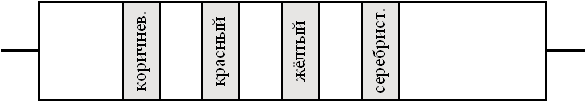


## ***Задача № 3.5.10***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

8M56I;

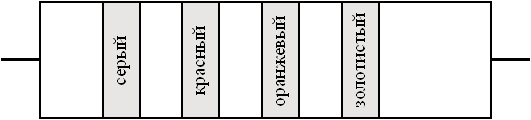


– конденсатор:

6n2K;

– катушки индуктивности:

910M;

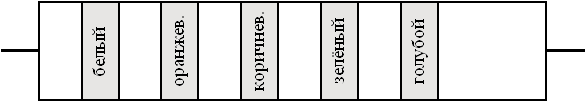


## ***Задача № 3.5.11***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

1T8G;



– конденсатор:

82mS;

– катушки индуктивности:

620I;

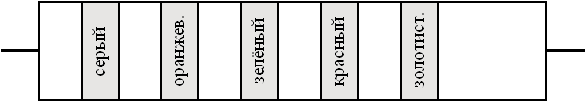


## ***Задача № 3.5.12***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

16GK;

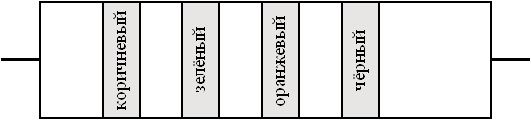


– конденсатор:

p75B;

– катушки индуктивности:

513M;

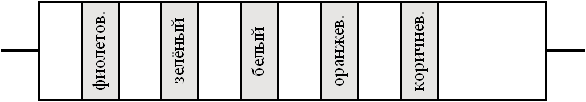


## ***Задача № 3.5.13***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

5G1D;



– конденсатор:

m816T;

– катушки индуктивности:

1N3D;

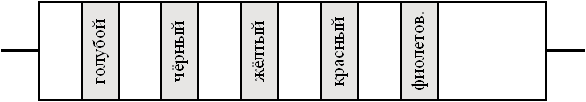


## ***Задача № 3.5.14***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

K36G;

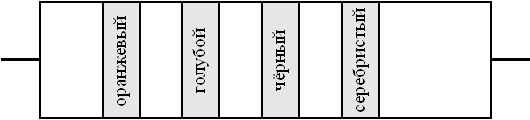


– конденсатор:

665nM;

– катушки индуктивности:

113I;

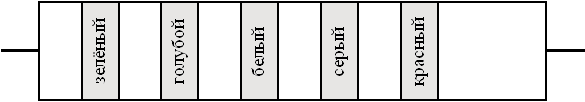


## ***Задача № 3.5.15***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

M91I;

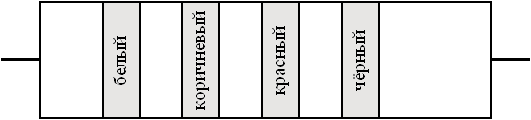


– конденсатор:

5n6N;

– катушки индуктивности:

4R3K;

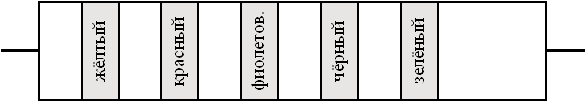


## ***Задача № 3.5.16***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

1M6N;

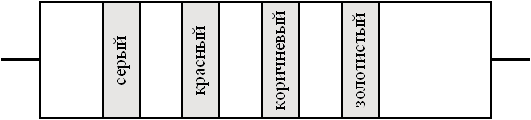


– конденсатор:

1F17Z;

– катушки индуктивности:

821K;

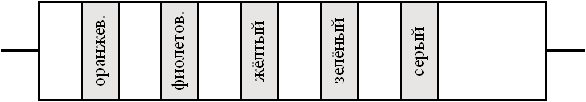


## ***Задача № 3.5.17***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

22RI;

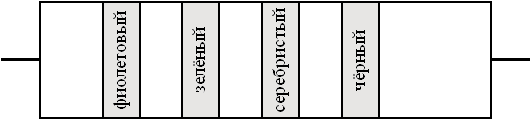


– конденсатор:

9p88G;

– катушки индуктивности:

243M;

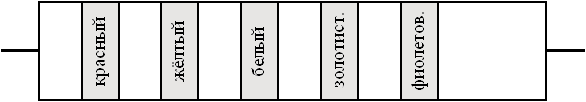


## ***Задача № 3.5.18***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

T47M;

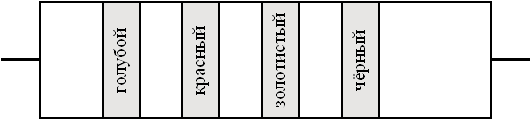


– конденсатор:

583A;

– катушки индуктивности:

392K;



## ***Задача № 3.5.19***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

8K2B;

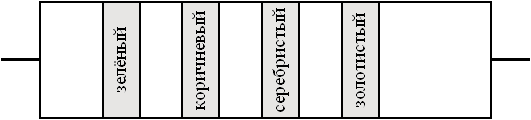


– конденсатор:

F91T;

– катушки индуктивности:

301M;

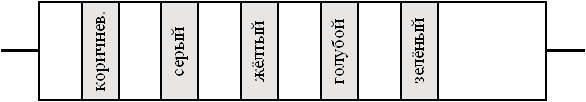


## ***Задача № 3.5.20***

По приведённым кодовым и цветовым маркировкам определить номиналы и допуски радиокомпонентов:

– резисторы:

R75F;



– конденсатор:

11M;

– катушки индуктивности:

272K;

***Задание для задач 3.5.21-3.5.70***

По указанным маркировкам постоянных резисторов определить:

– тип резистора (общего назначения, нагрузочный, прецизионный, высокочастотный, высокомегомный, высоковольтный);

– по справочнику определить основные параметры указанных резисторов. Результаты занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры постоянных резисторов\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Тип резистора | Группа по назначению | Номинальная величина сопротивления, Ом | Допуск, % | ТКС, 10-6 1/0С  в интервале температур | | Предельное рабочее напряжение, В | Уровень собственных шумов, мкВ/В | Мощность рассеивания, Вт | Диапазон сопротивления данного типа резистора |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\* – для любого типа резисторов часть граф может не заполняться

По указанным маркировкам переменных резисторов определить:

– тип резистора (подстроечный или регулирующий);

– по справочнику определить основные параметры указанных резисторов. Результаты занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Параметры переменных резисторов\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Тип резистора | Номинальная величина сопротивления, Ом | Мощность рассеивания, Вт | Функциональная характеристика | Угол поворота, град. | ТКС, 10-6 1/0С | Уровень собственных шумов, мкВ/В | Область применения |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\* – для любого типа резисторов часть граф может не заполняться

***Задача 3.5.21***

1. С2–29В – 0,125 – 464 кОм 0,1%



1. С5–47 – 40 – 390 Ом 5%



1. РП1–62а – 0,25 – 150 кОм 10%



1. ППБ–25 – 22 Ом 5% – ВС–3



***Задача 3.5.22***

1. С4–2 – 2 – 2,7 МОм 20%



1. ПТМН – 0,5 – 51 кОм 0,25%



1. СП3–16г – 0,125 – 33 кОм 10% – ВС–2
2. СП5–3В – 1 – 15 кОм 5%

***Задача 3.5.23***

1. С2–34 – 0, 062 – 723 Ом 0,1%



1. ПЭВ – 75 – 6,2 кОм 5%



1. СП3–30в – 0,125 – 1,5 МОм 30% – ВС–3



1. СП5–16ВА – 0,25 – 4,7 кОм 5%



***Задача 3.5.24***

1. БЛП – 0,5 – 56,9 кОм 1%



1. С5–37В – 8 – 820 Ом 10%



1. СП3–1а – 0,25 – 390 кОм 30%



1. СП5–2 – 1 – 68 Ом 5%



***Задача 3.5.25***

1. С6–3 – 1 – 50 Ом 1%



1. Р2–73 – 0,5 – 18 Ом 10%



1. СП3–28 – 0,125 – 33 кОм 20%



1. СП5–20 В – 2 – 2,2 кОм 5% – ВС–3



***Задача 3.5.26***

1. С2–33Н – 0,25 – 392 кОм 1%



1. МВСГ – 0,125 – 1,87 МОм 0,03%



1. СП–04А – 0,25 – 3,3 кОм 20% – ВС–3



1. СП5–44 – 2 – 68 кОм 10% – ВС–2



***Задача 3.5.27***

1. ВС – 5 – 6,49 кОм 10%



1. С5–16МВ – 2 – 3,6 Ом 2%



1. РП1–46д – 2 – 220 кОм 20%



1. СП5–2 – 1 – 3,3 кОм 5%



***Задача 3.5.28***

1. С4–3 – 1 – 4,7 Ом 10%



1. ПЭВ – 100 – 51 кОм 5%



1. СП2–6а – 0,5 – 680 Ом 20% – ВС–2



1. СП5–3 – 1 – 1,5 кОм 5%



***Задача 3.5.28***

1. МОУ–Ш – 0,5 – 62 Ом 10%



1. С5–37В – 8 – 1,6 кОм 5%



1. СП3–24 – 0,125 – 33 кОм 20%



1. СП5–54 – 1 – 470 Ом 20% – ВС–2



***Задача 3.5.29***

1. С2 – 36 – 0,125 – 876 Ом 0,5%
2. ПКВ–II – 1 – 2,4 кОм 0,25%
3. СП4–1а – 0,5 – 15 кОм 20% – ВС–3
4. СП5–24 – 1 – 10 кОм 10%

***Задача 3.5.30***

1. ОМЛТ – 0,25 – 63,4 кОм 2%



1. С5–5 – 8 – 510 Ом 5%



1. СП3–23г – 0,125 – 22 кОм 20%



1. СП5–16ВБ – 1 – 6,8 кОм 10% – ВС–2



***Задача 3.5.31***

1. Р1–7 – 2 – 45,3 кОм 1%



1. С5–24 – 0,5 – 39 МОм 5%



1. СП3–28 – 0,125 – 68 кОм 10%



1. СП5–2ВБ – 0,5 – 6,8 кОм 5%



***Задача 3.5.32***

1. С6–6 – 5 – 75 Ом 2%



1. С5–60 – 0,05 – 16,7 кОм 0,005%



1. СП3–4бМ – 0,125 – 470 кОм 30% – ВС–3



1. СП5–39Б – 1 – 15 кОм 10% – ВС–2



***Задача 3.5.33***

1. С6–6 – 5 – 75 Ом 2%



1. С5–60 – 0,05 – 16,7 кОм 0,005%



1. СП3–4бМ – 0,125 – 470 кОм 30% – ВС–3



1. СП5–39Б – 1 – 15 кОм 10% – ВС–2



***Задача 3.5.34***

1. ТВО – 10 – 910 Ом 20%



1. Р2–67 – 0,25 – 649 Ом 0,01%



1. СП3–38а – 0,125 – 2,2 МОм 30%



1. СП5–14 – 1 – 22 кОм 10%



***Задача 3.5.35***

1. С2–33И – 0,33 – 62 кОм 5%



1. МРХ – 0,5 – 2,18 МОм 0,03%



1. СП4–1в – 0,25 – 15 кОм 20% – ВС–2



1. СП5–18Б – 0,5 – 330 Ом 5%



***Задача 3.5.36***

1. С2–33И – 0,33 – 62 кОм 5%



1. МРХ – 0,5 – 2,18 МОм 0,03%



1. СП4–1в – 0,25 – 15 кОм 20% – ВС–2



1. СП5–18Б – 0,5 – 330 Ом 5%



***Задача 3.5.37***

1. С2–1 – 0,5 – 417 кОм 0,2%



1. ПЭВ – 7,5 – 1,6 кОм 5%



1. СП3–24 – 0,125 – 68 кОм 20%



1. СП5–54А – 1 – 220 Ом 10% – ВС–2



***Задача 3.5.38***

1. ОМЛТ – 2 – 3,24 кОм 1%



1. С5–16В – 10 – 5,1 Ом 0,2%



1. СП3–39Б – 0,5 – 4,7 МОм 10%



1. СП5–40А–А – 5 – 1,5 кОм 10% – ВС–3



***Задача 3.5.39***

1. С2–36 – 0,125 – 34,8 кОм 0,5%



1. ПКВТ–II–1А – 1 – 750 кОм 2%
2. РП1–51 – 0,01 – 68 кОм 20%



1. СП5–24 – 1 – 220 Ом 5%



***Задача 3.5.40***

1. УНУ – 0,15 – 39 Ом 10%



1. С5–58–3 – 0,25 – 2,43 МОм 0,05%



1. СП3–19б – 0,5 – 330 кОм 10%



1. СП5–20В – 2 – 4,7 кОм 10% – ВС–2



***Задача 3.5.41***

1. С2–23 – 0,125 – 24,9 кОм 1%



1. С5–14В – 1 – 510 Ом 5%



1. СП2–2а – 1 – 1,5 МОм 20% – ВС–2



1. СП5–3ВА – 0,5 – 3,3 кОм 5%



***Задача 3.5.42***

1. С2–29В – 0,062 – 348 кОм 0,25%



1. С5–36В – 25 – 39 Ом 10%



1. СП4–1в – 0,25 – 68 кОм 20% – ВС–2



1. СП5–35А – 1 – 470 Ом 10% – ВС–3



***Задача 3.5.43***

1. С4–3 – 1 – 4,7 Ом 10%



1. С5–47 – 50 – 0,39 Ом 5%



1. СП–0,4А – 0,25 – 1,5 МОм 30% –ВС–2



1. СП5–28 – А – 1 – 680 Ом 10%



***Задача 3.5.44***

1. С6–5 – 10 – 56,2 Ом 0,5%



1. С5–16МВ – 2 – 1,8 Ом 1%



1. РП1–69 – 0,125 – 33 кОм 20%



1. СП5–2ВБ – 0,5 – 4,7 кОм 5%



***Задача 3.5.45***

1. С2–13 – 0,25 – 32,8 кОм 0,2%



1. С5–14ВII – 1 – 510 Ом 2%
2. СП3–1а – 0,25 – 6,8 кОм 20%
3. СП5–15 – 1 – 330 Ом 10%

***Задача 3.5.46***

1. Р1–12 – 0,062 – 1,6 МОм 10%



1. С5–36В – 15 – 27 Ом 5%



1. СП4–1в – 0,25 – 1,5 МОм 30% – ВС–2



1. СП5–30Г – 25 – 10 Ом 5% – ВС–3



***Задача 3.5.47***

1. ВС–5 – 56,2 кОм 5%



1. С5–41 – 0,25 – 657 Ом 0,2%



1. РП1–48 – 0,25 – 4,7 кОм 20%



1. СП5–50М – Б – 3 – 470 Ом 10%



***Задача 3.5.48***

1. С4–2 – 0,5 – 1,2 МОм 10%



1. ПТМН – 1 – 360 кОм 0,25%



1. СП2–2 – 0,5 – 68 кОм 10% – ВС–2



1. СП5–16ВА – 1 – 3,3 кОм 5%



***Задача 3.5.49***

1. С2–10 – 0,125 – 54,9 Ом 0,5%



1. С5–47 – 16 – 820 Ом 10%



1. СП3–3вМ – 0,025 – 33 кОм 20%



1. СП5–2ВБ – 0,5 – 4,7 кОм 5%



***Задача 3.5.50***

1. С2–11 – 0,25 – 3,9 Ом 1%



1. С5–24 – 0,5 – 24 МОм 5%



1. СП3–19б – 0,5 – 6,8 кОм 10%



1. СП5–20В – А – 2 – 15 кОм 5% – ВС–2



***Задача 3.5.51***

1. Р1–4 – 0,25 – 270 Ом 2%



1. С5–22 – 0,125 – 1,3 кОм 0,2%



1. РП1–46б – 2 – 680 кОм 20% – ВС–2



1. С5–2ВБ – 0,5 – 1,5 кОм 10%



***Задача 3.5.52***

1. С6 –7 – 0,5 – 36 Ом 0,5%



1. Р2–67 – 0,125 – 5,76 кОм 0,02%



1. СП3–19б – 0,5 – 33 кОм 10%



1. ПП3–43 – 3 – 47 Ом 5% – ВС–2



***Задача 3.5.53***

1. ТВО – 10 – 39 кОм 20%



1. С5–37В – 8 – 240 Ом 5%



1. СП–0,4А – 0,25 – 4,7 кОм 20% – ВС–2



1. СП5 – 37В – 80 – 33 Ом 10% – ВС–3



***Задача 3.5.54***

С1–4 – 0,25 – 422 Ом 1%



МРХ – 0,05 – 1,84 МОм 0,03%



РП1–69 – 0,125 – 680 кОм 30%



СП5–39Б – 1 – 15 кОм 5% – ВС–2



***Задача 3.5.55***

1. С2–36 – 0,125 – 7,23 кОм 0,5%



1. С5–5 – 8 – 430 Ом 2%



1. СП4–1а – 0,5 – 1 МОм 30% – ВС–3



1. СП5–14 – 1 – 10 кОм 10%



***Задача 3.5.56***

1. С2–50 – 0,33 – 180 кОм 1%



1. ПЭВ – 100 – 3,9 кОм 10%



1. СП3–28 – 0,125 – 220 кОм 10%



1. СП5–3 – 1 – 680 Ом 5%



***Задача 3.5.57***

1. С2–20–4 – 1 – 50 Ом 10%



1. С5–55 – 0,125 – 1,78 кОм 0,25%



1. СП3–16б – 47 кОм 20% – ВС–2



1. ППБ –1А – 3 – 680 Ом 20% – ВС–1



***Задача 3.5.58***

1. ОМЛТ – 0,5 – 29,4 кОм 2%



1. С5–36В – 25 – 36 Ом 5%



1. РП1–66а – 0,125 – 220 кОм 20%



1. СП5–2ВБ – 0,5 – 1,5 кОм 5%



***Задача 3.5.59***

1. ВСа – 0,5 – 240 Ом 20%



1. С5–42В – 3 – 1,27 кОм 1%



1. СП3–3д – 0,05 – 33 кОм 20%



1. СП5–2ВА – 0,5 – 4,7 кОм 20%



***Задача 3.5.60***

1. С2–50 – 0,7 – 56,2 кОм 1%



1. МРГЧ – 0,5 – 33,2 кОм 0,05%



1. СП4–1в – 0,25 – 47 кОм 20% – ВС–2



1. ПП3–40 – 3 – 6,8 кОм 5% – ВС–2



***Задача 3.5.61***

1. МОУ – 10 – 36 Ом 5%



1. С5–43 – 75 – 0,82 Ом 10%



1. СП3–29аМ – 0,5 – 680 кОм 30%



1. СП5–16ВВ – 0,125 – 3,3 кОм 5%



***Задача 3.5.62***

1. МЛТ–0,125 – 1,43 МОм 2%



1. С5–15 В – 8 – 1,6 Ом 0,5%



1. СП3–39Б – 0,5 – 2,2 кОм 10%



1. СП5–28А – 1 – 150 Ом 10%



***Задача 3.5.63***

1. МТ – 2 – 2,49 кОм 1%



1. С5–42В – 3 – 287 Ом 0,5%



1. СП3–19а – 0,5 – 47 кОм 10%



1. СП5–16ВБ – 0,25 – 100 Ом 5% – ВС–2



***Задача 3.5.64***

1. ТВО – 0,25 – 240 кОм 10%



1. С5–5В – 8 – 5,6 кОм 0,1%



1. СП3–3аМ – 0,05 – 68 кОм 20%



1. СП5–39Б – 1 – 1,5 кОм 5% – ВС–2



***Задача 3.5.65***

1. С2–13 – 0,5 – 184 кОм 0,2%



1. С5–47 – 25 – 390 Ом 10%



1. СП3–29бМ – 0,5 – 2,2 МОм 30%



1. СП5–14 – 1 – 33 кОм 5%



***Задача 3.5.66***

1. С6–9 – 0,125 – 612 Ом 2%



1. ПКВТ–II–1А – 1 – 750 кОм 5%



1. СП4–3 – 0,125 – 4,7 кОм 20% – ВС–2



1. СП5–37В – 80 – 68 Ом 10% – ВС–3



***Задача 3.5.67***

1. С2–20–4 – 1 – 50 Ом 10%



1. С5–25В – 0,25 – 4,3 кОм 0,2%



1. СП3–33–32 – 0,125 – 150 кОм 10%



1. СП5–54А–1 – 2,2 кОм 10% – ВС–2



***Задача 3.5.68***

С2–33Н – 0,5 – 32,4 кОм 1%



С5–16В – 10 – 3,6 Ом 2%



СП2–2 – 0,5 – 68 кОм 20% – ВС–2



СП5–35А – 1 – 470 Ом 10% – ВС–3



***Задача 3.5.69***

1. ОМЛТ – 2 – 910 кОм 5%



1. С5–58 – 0,25 – 53,6 кОм 0,02%



1. СП3–39А – 1 – 470 Ом 10%



1. СП5–20В –А – 2 – 1,5 кОм 5% – ВС–2



***Задача 3.5.70***

1. БЛПа – 0,1 – 2,18 кОм 0,1%



1. С5–37 – 16 – 620 Ом 10%



1. СП3–19а – 0,5 – 22 кОм 20%



1. СП5–44 – 1 – 3,3 кОм 5% – ВС–2



***Задание для задач 3.5.71-3.5.120***

По указанным маркировкам постоянных конденсаторов определить:

– тип конденсатора (общего назначения, высоковольтный, высокочастотный, помехоподавляющий, дозиметрический, пусковой, для фильтров питания);

– по справочнику определить основные параметры указанных конденсаторов. Результаты записать в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Параметры постоянных конденсаторов\*\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Тип конденсатора | Номинальная величина ёмкости, Ф | Допуск, % | Номинальное напряжение, В | Тангенс угла потерь | ТКЕ, 10-6 1/0С | Сопротивление изоляции, МОм | Постоянная времени, с | Допустимая реактивная мощность, ВАР | Коэффициент абсорбции, % | Номинальный ток, А | Ток утечки, мкА | Допустимая амплитуда напряжения переменного тока на частоте \_\_\_\_\_ Гц\*\*\*, В | Диапазон ёмкостей данного типа конденсатора |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\*\* – для любого типа конденсаторов часть граф не заполняется

По указанным маркировкам переменных конденсаторов определить:

– тип конденсатора (подстроечный или переменный);

– по справочнику определить основные параметры указанных конденсаторов. Результаты записать в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Параметры переменных конденсаторов\*\*\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Тип конденсатора | Минимальная ёмкость, Ф | Максимальная ёмкость, Ф | Номинальное напряжение, В | Тангенс угла потерь | Момент вращения, гссм | ТКЕ, 10-6 1/0С | Износоустойчивость |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\*\*\*\* – для любого типа конденсаторов часть граф может не заполняться

***Задача 3.5.71***

1. КМ–4а – 160 В – 4700 пФ (–20 +50)%

2. К15–11 – 12 кВ – 5600 пФ 10%



3. К40У–5 – 600 В – 4 мкФ 20%



4. К50–40 – 6,3 В – 100 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–23 – 200 В – 2,5/8 пФ

***Задача 3.5.72***

1. К21–7 – 50В – 430 пФ 10%



2. К73–12 – 10 кВ – 0,22 мкФ 10%



3. ФТ–1 – 200 В – 0,0082 мкФ 5%



4. К52–1Б – 32 В – 22 мкФ 30%



5.КТ4–36 – 25 В – 5,5/20 пФ

***Задача 3.5.73***

1. К10–52 – 50 В – 180 пФ 5%

2. МБГТ – 160 В – 10 мкФ 5%

3. К15–19 – 10 кВ – 3300 пФ 20%

4. К52–5 – 1 – 70 В – 100 мкФ (–20 +50)%

5. КПК–МТ – 250 В – 3/15 пФ

***Задача 3.5.74***

1. К21–5 – 160 В – 82 пФ 10%

2. БМ–2 – 300 В – 0,0015 мкФ 20%

3. К78–5 – 2 кВ – 0,047 мкФ 5%

4. К50–47 – 25 В – 220 мкФ (–20 +50)%

5. КП1–9 – 45 кВ – 50/400 пФ

***Задача 3.5.75***

1. СГО – 500 В – 0,4 мкФ 0,25%

2. К75–15 – 16 кВ – 0,024 мкФ 20%

3. К71–5 – 160 В – 0,12 мкФ 2%

4. К52–5 – 2 – 300 В – 15 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–36 – 25 В – 5,5/20 пФ

***Задача 3.5.76***

1. К10–29а – 500 В – 10 пФ 5%

2. КБГ–П – 4 кВ – 0,05 мкФ 10%

3. К40У–5 – 1500 В – 3 мкФ 20%

4. К50–37 – 63 В – 10000 мкФ (–20 +50)%

5. КП1–16 – 3 кВ – 60/3000 пФ

***Задача 3.5.77***

1. КМ–5б – 100 В – 3900 пФ (–20 +50)%

2. К42–11 – 125 В – 6,8 мкФ 10%

3. К15–10 – 50 кВ – 4700 пФ 30%

4. К50–16–2 – 25 В – 5000 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–24 – 25 В – 5/25 пФ

***Задача 3.5.78***

1. К10–7В – 50 В – 180 пФ 10%

2. БМ–2 – 400 В – 0,047 мкФ 20%

3. ФГТИ – 40 кВ – 0,0022 мкФ 5%

4. К50–35–1 – 6,3 В – 1000 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–33а – 100 В – 8/80 пФ

***Задача 3.5.79***

1. К10–47а – 100 В – 2700 пФ 20%

2. К42У–2 – 250 В – 0,33 мкФ 10%

3. КВИ–3 – 12 кВ – 2200 пФ 20%

4. К52–13 – 50 В – 47 мкФ 30%

5. КП1–28 – 20 кВ – 7,5/100 пФ

***Задача 3.5.80***

1. К22–5–1 – 25 В – 3600 пФ 10%

2. БМТ–2 – 400 В – 0,068 мкФ 5%

3. КБГ–П – 6 кВ – 1 мкФ 20%

4. К53–14 – 30 В – 15 мкФ 10%

5. КПК–МН – 350 В – 6/25 пФ

***Задача 3.5.81***

1. К10–38 – 300 В – 680 пФ (–20 +80)%

2. ПМ–2 – 63 В – 3300 пФ 10%

3. К15–10 – 40 кВ – 15000 пФ 30%

4. К52–1Б – 32 В – 47 мкФ (–20 +50)%

5. КТ2–51 – 500 В – 0,5/6 пФ

***Задача 3.5.82***

1. К31–10 – 100 В – 2710 пФ 0,5%

2. К73–22 – 630 В – 0,047 мкФ 20%

3. ПКГТ–П – 15 кВ – 0,05 мкФ 10%

4. К53–34 – 4 В – 22 мкФ 20%

5. 1КПВМ–6 – 650 В – 3/12 пФ

***Задача 3.5.83***

1. К10–17а – 50 В – 4300 пФ 20%

2. МБГО – 300 В – 20 мкФ 10%

3. К15–У3 – 8 кВ – 680 пФ 20%

4. К50–46 – 100 В – 470 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–33 – 50 В – 2/10 пФ

***Задача 3.5.84***

1. КДУб – 500 В – 3,9 пФ 0,5 пФ

2. К70–6 – 35 В – 27000 пФ 2%

3. К74–7 – 16 кВ – 0,00015 мкФ 20%

4. К50–37 – 25 В – 33000 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–25а – 250 В – 6/30 пФ.

***Задача 3.5.85***

1. КМ–5в – 70 В – 2400 пФ (–20 +50)%

2. К71–4 – 160 В – 1,2 мкФ 10%

3. К41–1 – 6,3 кВ – 4 мкФ 5%

4. К53–16А – 10 В – 0,47 мкФ 20%

5.КТ4–27 – 25 В – 0,4/2 пФ

***Задача 3.5.86***

1. К10–19 – 250 В – 16 пФ 20%

2. МБМ – 750 В – 0,25 мкФ 10%

3. К15–10 – 63 кВ – 3300 пФ 30%

4. К50–40 – 16 В – 22 мкФ (–20 +50)%

5. КПК–МТ – 250 В – 0,6/6,0 пФ

***Задача 3.5.87***

1. КТ–3 – 750 В – 120 пФ 2%

2. К76–5 – 25 В – 3,9 мкФ 10%

3. К78–7 – 1,6 кВ – 0,015 мкФ 20%

4. К50–46 – 40 В – 2200 мкФ (–20 +50)%

5. КП1–28 – 20 кВ – 7,5/100 пФ

***Задача 3.5.88***

1. К21–5А – 160 В – 82 пФ 10%

2. ОКБГ–И – 200 В – 0,025 мкФ 5%

3. К73–13 – 12,5 кВ – 0,0022 мкФ 20%

4. К53–16А – 6,3 В – 0,68 мкФ 30%

5. КТ2–50 – 250 В – 1/20 пФ

***Задача 3.5.89***

1. СКМ–1 – 250 В – 270 пФ 10%

2. К70–6 – 63 В – 560 пФ 20%

3. К15–У3 – 8 кВ – 100 пФ 20%

4. К50–37 – 100 В – 4700 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–25а – 250 В – 6/30 пФ

***Задача 3.5.90***

1. КТИ–2 – 450 В – 680 пФ 5%

2. К75–24 – 400 В – 8 мкФ 20%

3. К74–7 – 16 кВ – 0,00039 мкФ 20%

4. К53–37 – 32 В – 15 мкФ 30%

5. КТ5–21 – 50 В – 20/50 пФ

***Задача 3.5.91***

1. КД–2 – 63 В – 6800 пФ (–20 +80)%

2. КБГ–И – 200 В – 0,0022 мкФ 10%

3. К41–1 – 10 кВ – 0,25 мкФ 5%

4. К52–12 – 16 В – 220 мкФ 30%

5. КПВ–50 – 300 В – 4/50 пФ

***Задача 3.5.92***

1. К10–38 – 300 В – 680 пФ (–20 +80)%

2. БГТ–1 – 600 В – 4 мкФ 20%

3. ПКГТ–И – 20 кВ – 0,01 мкФ 10%

4. К52–5–1 – 90 В – 68 мкФ (–20 +50)%

5. КПК–МТ – 250 В – 0,6/6 пФ

***Задача 3.5.93***

1. КМ–5а – 100 В – 0,022 мкФ (–20 +50)%

2. К40П–2 – 400 В – 0,0047 мкФ 20%

3. К15–11 – 16 кВ – 5600 пФ 10%

4. К50–22 – 10 В – 6800 мкФ (–10 +50)%

5. КТ4–23 – 200В – 8/30 пФ

***Задача 3.5.94***

1. КД–2 – 500 В – 620 пФ 10%

2. К73–9 – 200 В – 0,068 мкФ 5%

3. К75–15 – 25 кВ – 0,051 мкФ 20%

4. К50–32 – 160 В – 2200 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–27 – 25 В – 0,4/2 пФ

***Задача 3.5.95***

1. К10–43в – 50 В – 5620 пФ 2%

2. БМ–2 – 200 В – 0,015 мкФ 10%

3. К75–15 – 16 кВ – 0,1 мкФ 10%

4. К50–16 – 1 – 6,3 В – 200 мкФ (–20 +80)%

5. КТ2–50 – 250 В – 1/20 пФ

***Задача 3.5.96***

1. К10–62 – 160 В – 82 пФ 20%

2. МБГН – 200 В – 14 мкФ 5%

3. К73–12 – 30 кВ – 0,003 мкФ 20%

4. К50–37 – 100 В – 2200 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–24 – 25 В – 5/25 пФ

***Задача 3.5.97***

1. КМ–4в – 70 В – 0,033 мкФ (–20 +50)%

2. БМТ–2 – 400 В – 0,15 мкФ 5%

3. К15У–1 – 8 кВ – 680 пФ 10%

4. К52–13 – 125 В – 4,7 мкФ 20%

5. КПК–МН – 350 В – 6/25 пФ

***Задача 3.5.98***

1. КТ–1 – 250 В – 510 пФ 20%

2.К42–4 – 300 В – 1 мкФ 10%

3. КВИ–3 – 16 кВ – 470 пФ 20%

4. К53–26 – 3,2 В – 68 мкФ 30%

5. КП1–16 – 3 кВ – 60/3000 пФ

***Задача 3.5.99***

1. К10–25 – 500 В – 240 пФ 2%

2. МБМ – 750 В – 0,1 мкФ 10%

3. К15–14б – 20 кВ – 680 пФ 20%

4. К53–14 – 20 В – 6,8 мкФ 30%

5. КТ4–27 – 16 В – 1,5/15 пФ

***Задача 3.5.100***

1. К22У–1а – 35 В – 820 пФ 5%

2. ФТ–2 – 600 В – 0,027 мкФ 20%

3. К75–29А – 25 кВ – 0,5 мкФ 10%

4. К52–8–2 – 16 В – 150 мкФ 20%

5. КТ2–51 – 500 В – 0,5/6 пФ

***Задача 3.5.101***

1. КМ–3а – 160 В – 0,47 мкФ 20%

2. К75–12 – 400 В – 8 мкФ 10%

3. К15–20 – 4 кВ – 3300 пФ 20% (–20 +50)%

4. К52–9 – 32 В – 100 мкФ 30%

5. КТ4–23 – 200 В – 8/30 пФ

***Задача 3.5.102***

1. К22У – 1б – 35 В – 820 пФ 10%

2. ОКБГ–М – 600 В – 0,07 мкФ 5%

3. К74–54 – 16 кВ – 0,022 мкФ 20%

4. К50–16–2 – 25 В – 5000 мкФ (–20 +50)%

5. КТ2–50 – 250 В – 1/20 пФ

***Задача 3.5.103***

1. КМ–6Б – 35 В – 0,15 мкФ (–20 +80)%

2. К71–4 – 160 В – 2,7 мкФ 5%

3. К75–29А – 40 кВ – 0,25 мкФ 10%

4. К53–25 – 10 В – 22 мкФ 20%

5. КТ4–36 – 25 В – 5,5/20 пФ

***Задача 3.5.104***

1. КТ–1 – 250 В – 510 пФ 10%

2. К40П–2 – 400 В – 0,0033 мкФ 20%

3. К15–10 – 50 кВ – 6800 пФ 30%

4. К50–47 – 63 В – 470 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–24 – 25 В – 5/25 пФ

***Задача 3.5.105***

1. КМ–4в – 160 В – 2400 пФ 2%

2. К42–4 – 300 В – 10 мкФ 10%

3. К15–18 – 10 кВ – 2200 пФ 20%

4. К50–35–1 – 63 В – 22 мкФ (–20 +50)%

5. КПК–МН – 350 В – 4/15 пФ

***Задача 3.5.106***

1. К10–17–3д – 100 В – 0,068 мкФ (–20 +50)%

2. КБГ–И – 400 В – 0,03 мкФ 5%

3. К73–13 – 30 кВ – 0,003 мкФ 20%

4. К53–16–2 – 20 В – 47 мкФ 30%

5. КТ4–25б – 250 В – 5/25 пФ

***Задача 3.5.107***

1. К31–14 – 500 В – 3900 пФ 1%

2. МБГЦ – 200 В – 0,47 мкФ 20%

3. К75–47 – 16 кВ – 0,01 мкФ 5%

4. К50–22 – 100 В – 330 мкФ (–10 +50)%

5. КП1–8 – 5 кВ – 4/100 пФ

***Задача 3.5.108***

1. К10–38 – 300 В – 680 пФ (–20 +80)%

2. К71–5 – 160 В – 0,012 мкФ 5%

3. ПКГТ–И – 3 кВ – 0,05 мкФ 10%

4. К50–46 – 6,3 В – 22000 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–36 – 25 В – 5,5/20 пФ

***Задача 3.5.109***

1. КСГ–1 – 500 В – 820 пФ 10%

2. К40П–2 – 400 В – 0,0022 мкФ 5%

3. К15–9 – 20 кВ – 470 пФ 20%

4. К50–6 – 25 В – 10 мкФ (–20 +80)%

5. КТ4–24 – 25 В – 5/25 пФ

***Задача 3.5.110***

1. КДУа – 500 В – 1,6 пФ 0,5 пФ

2. К73П–2 – 400 В – 10 мкФ 10%

3. К73–14 – 10 кВ – 0,0047 мкФ 20%

4. К52–12 – 16 В – 100 мкФ 30%

5.КТ2–51 – 50 В – 20/50 пФ

***Задача 3.5.111***

1. К10–18 – 300 В – 1500 мкФ (–20 +80)%

2. К71–4 – 250 В – 0,56 мкФ 5%

3. ПКГТ–И – 15 кВ – 0,01 мкФ 20%

4. К50–47 – 63 В – 100 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–21а – 250 В – 3/15 пФ

***Задача 3.5.112***

1. К31П–4–1 – 350 В – 4115 пФ 10 пФ

2. БМ–2 – 200 В – 0,0068 мкФ 20%

3. К15–20 – 3 кВ – 4700 пФ (–20 +50)%

4. К52–5–1 – 70 В – 100 мкФ 30%)

5. КТ4–33б – 100 В – 8/80

***Задача 3.5.113***

1. КМ–5в – 70 В – 3600 пФ (–20 +80)%

2. К73–16 – 100 В – 5,6 мкФ 5%

3. К15–10 – 40 кВ – 1500 пФ 30%

4. К50–40 – 16 В – 33 мкФ (–20 +50)%

5. КТ4–27 – 16 В – 2/20 пФ

***Задача 3.5.114***

1. К10–62 – 160 В – 82 пФ 10%

2. ПМ–2 – 63 В – 1800 пФ 20%

3. К75–15 – 5 кВ – 2 мкФ 5%

4. К52–9 – 32 В – 100 мкФ 30%

5. КП1–7 – 15 кВ – 20/750 пФ

***Задача 3.5.115***

1. К10–36 – 50 В – 4700 пФ (–20 +50)%

2. БГТ–1 – 400 В – 6 мкФ 5%

3. К75–54 – 6,3 кВ – 0,22 мкФ 20%

4. К53–22 – 10 В – 15 мкФ 30%

5. КПК–МТ – 350 В – 8/30 пФ

***Задача 3.5.116***

1. К21–7 – 50 В – 6200 пФ 10%

2. МБГН – 200 В – 18 мкФ 5%

3. К15–18 – 15 кВ – 2200 пФ 20%

4. К52–8–1 – 16 В – 150 мкФ 30%

5. КТ2–51 – 500 В – 0,5/6 пФ

***Задача 3.5.117***

1. К10–50б – 16 В – 0,22 мкФ (–20 +50)%

2. ПМ–2 – 63 В – 5600 пФ 10%

3. К41–1 – 25 кВ – 0,047 мкФ 5%

4. К52–5–1 – 70 В – 10 мкФ 30%

5. КПВ–75 – 300 В – 5/75 пФ

***Задача 3.5.118***

1. КСОТ–1 – 250 В – 160 пФ 5%

2. К73–24а – 100 В – 0,039 мкФ 20%

3. К75–54 – 4 кВ – 2,2 мкФ 10%

4. К50–40 – 63 В – 0,33 мкФ (–20 +50)%

5. КП1–11 – 10 кВ – 12,5/300 пФ

***Задача 3.5.119***

1. КД–1 – 32 В – 15 пФ 10%

2. К42У–2 – 500 В – 0,033 мкФ 20%

3. К15–14б – 20 кВ – 680 пФ 10%

4. К50–16 – 160 В – 10 мкФ (–20 +80)%

5. КТ4–23 – 200 В – 6/25 пФ

***Задача 3.5.120***

1. К10–43в – 50 В – 5360 пФ 1%

2. К72–9 – 300 В – 0,68 мкФ 5%

3. ПКГТ–П – 3 кВ – 2 мкФ 20%

4. К52–8–2 – 16 В – 150 мкФ 30%

5. КТ4–27 – 25 В – 0,4/5 пФ

# 4. Справочный материал по курсу.

***4.1.Общие электрические и физические свойства проводниковых материалов***

Закон Ома в дифференциальной форме

, (1)

где – плотность тока в материале, т.е. электрический заряд, движущийся в электрическом поле Ев за единицу времени через единицу площади.

 – удельная проводимость и удельное сопротивление материала соответственно.

Закон Ома в интегральной форме:

****  , (2)

где I – ток в материале.

U – напряжение, приложенное к материалу или его участку.

R – полное сопротивление материала.

 , (3)

где  – геометрический параметр тела, называемый приведенной длиной.

Для тела с постоянным по всей длине поперечным сечением S и длиной h (например, жила провода или кабеля):

 (4)

Зависимость удельного сопротивления проводника от температуры:

*r(Т)=r0(1+ar(Т-Т0)),* (5)

где *ar* - температурный коэффициент сопротивления;

*r0* – удельное сопротивление проводника при температуре Т0.

Мощность *Р*, рассеиваемая материалом, находящимся под напряжением *U* при прохождении через него тока величиной *I*.

 (6)

***4.2 Общие электрические и физические свойства полупроводниковых материалов***

Собственные полупроводники – полупроводники, не содержащие донорных и акцепторных примесей.

В собственном полупроводнике концентрация свободных электронов и дырок одинаковы:

; (7)

где NC и NV – эффективные плотности состояний электронов и дырок в зонах проводимости и валентной зоне соответственно:

; (8)

; (9)

 эффективная масса электронов в зоне проводимости полупроводника.

 эффективная масса дырок в валентной зоне полупроводника.

 постоянная Планка.

 постоянная Больцмана.

DEg– ширина запрещенной зоны полупроводника.

Произведение концентраций электронов и дырок – величина постоянная для данного полупроводника при каждой конкретной температуре, это есть выражение закона действующих масс:

, (10)

где ni – концентрация собственных носителей в полупроводнике;

Условие электронейтральности для единичного объема:

*р+NД=n+NА ,* (11)

где слева – положительный заряд дырок и ионизированных доноров NД, а справа – отрицательный заряд электронов и ионизированных акцепторов NА.

Для электронных полупроводников, не содержащих акцепторов:

*n=NД+р* (12)

Для дырочных полупроводников, не содержащих доноров:

*р=NА+n.* (13)

Плотность электронной и дырочной составляющей тока в полупроводниковом материале, во внешнем электрическом поле Е:

; (14)

; (15)

где gn и gp – удельные электронная и дырочная проводимости полупроводника.

; (16)

; (17)

где mn и mp – подвижность электронов и дырок соответственно.

; (18)

; (19)

где Vn и Vp – средние скорости носителей в полупроводнике.

Соотношение Эйнштейна:

; (20)

; (21)

где Dn и Dp – коэффициенты диффузии электронов и дырок соответственно.

; (22)

; (23)

где Ln и Lp – диффузионная длина носителей; tn и tp – время жизни носителей.

Суммарная плотность тока в полупроводнике:

; (24)

 - удельная проводимость полупроводника.

; (25)

Для собственного полупроводника, где ni = pi:

; (26)

Для электронного полупроводника где n>>p:

gn=enmn. (27)

Для дырочного полупроводника где р>>n

gp=epmp. (28)

Таблица 4.1 - Основные параметры полупроводников

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Ge | Si | GaAs | InSb |
| Атомный вес | 72,6 | 28,1 |  |  |
| Диэлектрическая проницаемость (отн. Ед.), e | 16 | 12 | 11 | 16 |
| Эффективная масса электронов (отн. ед.), mn | 0,22 | 0,33 | 0,07 | 0,013 |
| Эффективная масса дырок (отн. ед.), mp | 0,39 | 0,55 | 0,5 | 0,6 |
| Ширина запрещенной зоны, эВ, DWO | 0,67 | 1,11 | 1,40 | 0,18 |
| Эффективная плотность состояний Nс, см-3 | 1,0Ч1019 | 2,8Ч1019 |  |  |
| Эффективная плотность состояний NV, см-3 | 0,61Ч1019 | 1,0Ч1019 |  |  |
| Подвижность электронов, mn, см2/сек. | 3800 | 1400 | 11000 | до 65000 |
| Подвижность дырок mр, см2/сек. | 1800 | 500 | 450 | 700 |
| Собственная концентрация ni, см-3, Т=3000 К. | 2,5Ч1013 | ~2Ч1010 | ~1,5Ч106 |  |
| Коэффициент диффузии электронов Dn, см2/сек. | 100 | 36 | 290 | до 1750 |
| Коэффициент диффузии дырок Dp, см2/сек. | 45 | 13 | ~12 | 17 |

***4.3 Общие электрические и физические свойства диэлектрических материалов***

К основным характеристикам диэлектриков относят.

Поляризованность диэлектрика:

, (29)

где - вектор индуцированного электрического момента.

V – объем поляризованного диэлектрика.

Дипольный момент поляризованного диэлектрика:

, (30)

где q – суммарный положительный (или отрицательный) заряд диэлектрика.

- плечо диполя, то есть расстояние между положительным и отрицательным зарядами.

В диэлектрике, помещенном в переменное синусоидальное электрическое поле с напряженностью E и угловой частотой w, возникают токи двух видов: ток смещения и ток проводимости.

Плотность тока смещения:

, (31)

где e0 – диэлектрическая проницаемость вакуума.

e – диэлектрическая проницаемость материала.

Плотность тока проводимости:

; (32)

где – активная проводимость диэлектрика на угловой частоте w.

Плотность общего тока j равна векторной сумме плотностей токов смещения и проводимости. Угол d между векторами плотностей переменного тока диэлектрика и тока смещения на комплексной плоскости называют углом диэлектрических потерь d. Тангенс этого угла:

; (33)

Добротность диэлектрика:

; (34)

Электрическая прочность диэлектрика:

, (35)

где Uпр – напряжение пробоя диэлектрика.

h – толщина материала.

Удельная емкость диэлектрика:

, (36)

где l - приведенная длина участка изоляции (см. (4)).

Зависимость удельного сопротивления диэлектрика от температуры:

; (37)

где 0 –сопротивление диэлектрика при температуре окружающей среды Т0=0°С .

a - температурный коэффициент сопротивления.

Мощность, выделяемая диэлектриком емкостью С, при подаче на него напряжения U с угловой частотой w:

; (38)

Тепловая мощность, отводимая от образца диэлектрика нагретого до температуры Т:

; (39)

где s – коэффициент теплоотдачи материала.

S – площадь поверхности диэлектрика.

Т0 – температура окружающей среды.

В условиях теплового равновесия: .

Поэтому

; (40)

При этом температурная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь определяется формулой:, (41)

тогда

. (42)

***4.4 Общие электрические и физические свойства магнитных материалов***

Намагниченностью материала J называется суммарный магнитный момент электронов в единице объема.

Намагниченность материала равна 0 в случае, когда он не был намагничен, и внешнее магнитное поле отсутствует. Под воздействием магнитного поля со средней напряженностью Н внутри тела намагниченность равна:

*J=c'H,* (43)

где c - магнитная восприимчивость.

Магнитная индукция вещества В связана с намагниченностью:

*В=В0+J=B0+c'H,* (44)

где В0 – магнитная индукция вещества в отсутствии внешнего магнитного поля.

Относительная магнитная проницаемость

*m=1+/m0,* (45)

где m0=4p'10-7 Гн/м - магнитная постоянная вакуума.

Классификация материалов по магнитным свойствам:

|  |  |
| --- | --- |
| Материалы | Магнитная восприимчивость c |
| Диамагнетики | <0 |
| Парамагнетики | »0 |
| Ферромагнетики | >>0 |

Остаточной индукцией Br называют индукцию, которая остается в предварительно намагниченном образце после снятия внешнего магнитного поля.

Коэрцитивная сила Hc – напряженность размагничивающего поля, которое должно быть приложено к предварительно намагниченному образцу для того, чтобы магнитная индукция в нем стала равной нулю.

Энергетические потери на гистерезис за один цикл перемагничивания, отнесенные к единице объема вещества (удельные потери):

; (46)

Зависимость магнитной индукции материала от напряженности внешнего магнитного поля имеет форму петли гистерезиса.

Таблица 4.2 - Классификация материалов по форме петли гистерезиса

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материалы | Форма петли гистерезиса | Применение |
| Магнитомягкие | Узкая, округлая, небольшая площадь, Нс®0 | Сердечники трансформаторов и электрические машины. |
| Материалы с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ) | Узкая, округлая, небольшая площадь, Нс®0 | Элементы памяти. |
| Магнитотвердые | Широкая, Нс>>0 | Для изготовления постоянных магнитов. |

Дополнительные параметры магнитных материалов вводят в частных областях по признакам применения.

Например, для магнитных материалов с прямоугольной петлей гистерезиса, основой элементов памяти, важным параметром является коэффициент переключения:

*Sф=t(Нm-H0),* (47)

где Нm- напряженность магнитного поля, соответствующая максимальной магнитной индукции Вm:

*Нm»4/3Hc* (48)

t - время переключения элемента памяти, т.е. время необходимое для перехода из одного магнитного состояния в другое, например, от -Вr до +Вr;

Н0 – напряженность поля старта, т.е. минимальная напряженность поля, необходимое для такого перехода.

Для магнитодиэлектрика, состоящего из связующего диэлектрика и магнитного наполнителя магнитная проницаемость m:

*m=mаa*, (49)

где mа- магнитная проницаемость наполнителя.

Диэлектрическая проницаемость магнитодиэлектрика:

*e=emaeД1-a* , (50)

где em, eД – диэлектрическая проницаемость наполнителя и диэлектрика соответственно;

a - объемное содержание магнитного материала.

***4.5 Основные сведения о радиокомпонентах***

***4.5.1 Кодовая и цветовая маркировка резисторов***

Кодированное обозначение номинальных сопротивлений резисторов состоит из трёх или четырёх знаков, включающих две или три цифры и букву. Буква кода является множителем, обозначающим сопротивление в омах, и определяет положение десятичного знака. Кодированное обозначение допускаемого отклонения состоит из буквы латинского алфавита (таблица Е.1).

На постоянных резисторах в соответствии с ГОСТ 17598–72 и требованиями Публикации 62 МЭК допускается маркировка цветным кодом. Её наносят в виде полос или кругов.

Для маркировки цветным кодом номинальное сопротивление резисторов в омах выражается двумя или тремя цифрами (в случае трёх цифр последняя цифра не равна нулю) и множителем 10n, где n – любое целое число от –2 до +9.

Маркировочные знаки сдвигаются к одному из торцов резистора и располагаются слева направо в следующем порядке:

– в случае выражения сопротивления двумя цифрами и множителем цветовая маркировка состоит из четырёх полос:

|  |  |
| --- | --- |
| первая полоса – первая цифра  вторая полоса – вторая цифра  третья полоса – множитель  четвёртая полоса – допуск | Номинальное сопротивление |

– в случае выражения сопротивления тремя цифрами и множителем цветовая маркировка состоит из пяти полос:

|  |  |
| --- | --- |
| первая полоса – первая цифра  вторая полоса – вторая цифра  третья полоса – третья цифра  четвёртая полоса – множитель  пятая полоса – допуск | Номинальное сопротивление |

Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков должны соответствовать указанным в таблице Е.2. Пример цветовой маркировки приведён на рисунке 4.1, согласно ему сопротивление резистора составляет 5,6 кОм 5%.

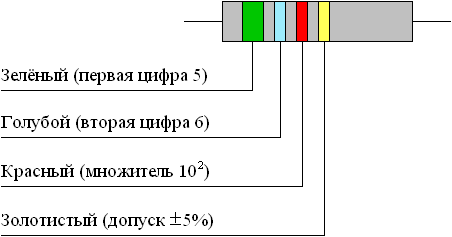


Рисунок 4.1 – Пример цветовой маркировки резистора

Если размеры резистора не позволяют разместить маркировку ближе к одному из торцов резистора, площадь первого знака (ширина первой полосы) делается примерно в 2 раза больше других знаков.

***4.5.2 Кодовая маркировка конденсаторов***

Полное обозначение номинальных ёмкостей состоит из значения номинальной ёмкости (цифры) и обозначения единицы измерения (пФ, нФ, мкФ, мФ, Ф). Кодированное обозначение номинальных ёмкостей конденсаторов состоит из трёх или четырёх знаков, включающих две или три цифры и букву. Буква кода из русского или латинского алфавита (в скобках) обозначает множитель, составляющий значение ёмкости в Фарадах, и определяет положение десятичного знака. Буквы П (p), Н (n), M (), И (m), Ф (F) обозначают множители 10–12, 10–9, 10–6, 10–3 и 1 соответственно для значений, выраженных в фарадах.

Полное обозначение допускаемого отклонения ёмкости состоит из цифр, а кодированное обозначение допускаемого отклонения состоит из буквы. В связи с тем, что буквенное обозначение допусков изменялось, на практике могут встречаться различные варианты, приведённые в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Сравнительные данные по составу и обозначению допускаемых отклонений ёмкостей в процентах или пикофарадах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ГОСТ 9661 – 73 | ГОСТ 11076 – 69 | Публикация 62 МЭК | Стандарт СЭВ |
| 0,1 | 0,1 Ж | 0,1 (B) | 0,1 В (B) |
| 0,25 | 0,25 У | 0,25 (C) | 0,25 (0,2) С (C) |
| 0,5 | 0,5 Д | 0,5 (D) | 0,5 Д (D) |
| 1 | 1 Р | 1 (F) | 1 Ф (F) |
| 2 | 2 Л | 2 (G) | 2 Ж (G) |
| 5 | 5 И | 5 (I) | 5 И (I) |
| 10 | 10 С | 10 (K) | 10 К (K) |
| 20 | 20 В | 20 (M) | 20 М (M) |
| 30 | 30 Ф | 30 (N) | 30 Н (N) |
| 0 +50 | – | – | 0 +50 (0 +80) А (A) |
| – | 0–100 Я | – | – |
| –10 +30 | – | –10 +30 (Q) | –10 +30 Г (Q) |
| –10 +50 | –10 +50 Э | –10 +50 (T) | –10 +50 Т (T) |
| –10 +100 | –10 +100 Ю | – | –10 +100 Ю (Y) |
| –20 +50 | –20 +50 Б | –20 +50 (S) | –20+50 Б (S) |
| –20+80 | –20 +80 А | –20 +80 (Z) | –20 +80 (–20 +100) Э (Z) |
| 0,1 пФ | – | 0,1 пФ (B) | 0,1 пФ (B) |
| 0,25 пФ | – | 0,25 пФ (C) | 0,25 пФ С (C) |
| 0,5 пФ | 0,4 пФ X | 0,5 пФ (D) | 0,5 пФ Д (D) |
| 1 пФ | – | 1 пФ (F) | 1 пФ Ф (F) |

**Примечание:** В скобках латинскими буквами приведено обозначение допусков, используемое в иностранных стандартах.

Таблица 4.4 – Примеры кодовых обозначений

|  |  |
| --- | --- |
| Полное обозначение | Кодовое обозначение |
| 680 нФ (–20+50)% | 68S |
| 27 пФ 10% | 27ПK |
| 1,5 Ф (–10+30)% | 1F5Q |
| 3,6 мФ (–10+100)% | 3И6Ю |
| 2,2 пФ 0,25 пФ | 2р2С |

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение1

Таблица П1 - Физические параметры чистых металлов (при 20°С)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Металл | Плотность , Мг/м3 | Температура плавления,°С | Температурный коэффициент линейного расширения, αl∙106,К-1 | Удельное сопротивление, мкОм∙м | Температурный коэффициент удельного сопротивления, αρ∙106,К-1 | Работа выхода, эВ | Абсолютная удельная термо –эдс,мкВ∙К-1 | Период решетки,нм |
| Алюминий | 2,7 | 660 | 21,0 | 0,027 | 4,1 | 4,25 | -1,3 | а=0,404 |
| Вольфрам | 19,3 | 3400 | 4,4 | 0,055 | 5,0 | 4,54 | +2,0 | 0,316 |
| Железо | 7,87 | 1540 | 10,7 | 0,097 | 6,3 | 4,31 | +16,6 | 0,286 |
| Золото | 19,3 | 1063 | 14,0 | 0,023 | 3,9 | 4,30 | +1,5 | 0,407 |
| Кобальт | 8,85 | 1500 | 13,5 | 0,064 | 6,0 | 4,41 | -20,1 | а=0.251  с=0,407 |
| Медь | 8,92 | 1083 | 16,6 | 0,017 | 4.3 | 4,40 | +1,8 | а=0.361 |
| Молибден | 10,2 | 2620 | 5.3 | 0,050 | 4,3 | 4,30 | +6,3 | 0,314 |
| Натрий | 0,97 | 98 | 72,0 | 0,042 | 5,5 | 2,35 | -8,7 | 0,428 |
| Никель | 8,96 | 1453 | 13,2 | 0,068 | 6,7 | 4,50 | -19.3 | 0,352 |
| Олово | 7,29 | 232 | 23,0 | 0,113 | 4,5 | 4,38 | -1,1 | а=0.583  с=0,318 |
| Платина | 21,45 | 1770 | 9,5 | 0,098 | 3,9 | 5,32 | -5,1 | а=0,392 |
| Свинец | 11,34 | 327 | 38,3 | 0,190 | 4,2 | 4,00 | -1,2 | 0,494 |
| Серебро | 10,49 | 961 | 18,6 | 0,015 | 4,1 | 4,30 | +1,5 | 0,408 |
| Тантал | 16,6 | 3000 | 6,6 | 0,124 | 3,8 | 4,12 | -2,5 | 0,330 |
| Хром | 7,19 | 1900 | 6,2 | 0,130 | 2,4 | 4,58 | +18,0 | 0,288 |
| Цинк | 7.14 | 419 | 30,0 | 0,059 | 4,1 | 4,25 | +1,5 | а=0.266  с=0,494 |

Приложение 2

Таблица П2 - Параметры полупроводников (Т=300К)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Полупроводник | Период решетки, нм | Плотность , Мг/м3 | Температура плавления,°С | Температурный коэффициент линейного расширения, αl∙106,К-1 | Ширина запрещенной зоны ΔЕg, эВ |  | Подвижность электронов.м2/В∙с | Подвижность дырок.м2/В∙с | НЧ диэлектрическая проницаемость |
| Ge | 0,565 | 5,43 | 937 | 5,8 | 0,67 | 3,9 | 0,39 | 0,18 | 16,0 |
| Si | 0,542 | 2,33 | 1415 | 2,3 | 1.12 | 2,8 | 0,14 | 0,05 | 12,5 |
| α-SiC | а=0,308  с=15.12 | 3,22 | 2205 | - | 3.02 |  | 0.033 | 0,06 | 10,0 |
| GaN | а=0,319  с=0.518 | 6,11 | 1700 | 5,7 | 3,40 | 3,9 | 0,03 | - | 12,2 |
| AlP | 0,546 | 2,37 | 2000 | 4,2 | 2,45 | 2,6 | 0,008 | 0,003 | 9,8 |
| GaP | 0,545 | 4,07 | 1467 | 4,7 | 2,26 | 4,7 | 0,019 | 0,012 | 11,1 |
| InP | 0,587 | 4,78 | 1070 | 4,6 | 1,35 | 2,8 | 0,46 | 0,015 | 12,4 |
| AlAs | 0,566 | 3,60 | 1770 | 3,5 | 2,16 | 4,0 | 0,028 | -10,1 |  |
| GaAs | 0.565 | 5,32 | 1238 | 5,4 | 1,43 | 4,0 | 0,95 | 0,045 | 13,1 |
| InAs | 0,606 | 5,67 | 942 | 4,7 | 0,36 | 3,5 | 3,3 | 0,046 | 14.6 |
| AlSb | 0,614 | 4.28 | 1060 | 4,2 | 1,58 | 3.5 | 0,02 | 0,055 | 14,4 |
| GaSb | 0,610 | 5,65 | 710 | 6,1 | 0,72 | 3,6 | 0,4 | 0,14 | 15,7 |
| InSb | 0.648 | 5.78 | 525 | 4,9 | 0,18 | 3,0 | 7,8 | 0,075 | 17,7 |
| ZnS | 0,541 | 4.09 | 1020\* | - | 3,67 | 5.3 | - | - | 5,2 |
| CdS | а=0,413  с=0,675 | 4,82 | 1750 | 5.7 | 2,53 | 4,9 | 0,034 | 0,011 | 5,4 |
| ZnSe | 0,566 | 5.42 | 1520 | 1,9 | 2,73 | 7,2 | 0,026 | 0,0015 | 9,2 |
| CdSe | а=0,430  с=0,701 | 5,81 | 1264 | - | 1,85 | 4,1 | 0,072 | 0,0075 | 10,0 |
| ZnTe | 0,610 | 6,34 | 1239 | 8,3 | 2,23 | - | 0,053 | 0,003 | 10,4 |
| CdTe | 0,648 | 5,86 | 1041 | 4,0 | 1,51 | 4,1 | 0,12 | 0,006 | 10,2 |
| HgTe | 0,646 | 8,09 | 670 | 4,8 | 0,08 | - | 2,5 | 0,02 | - |
| PbS | 0,594 | 7,61 | 1114 | - | 0,39 | 3,3 | 0,06 | 0,07 | 17,0 |
| PbSe | 0,612 | 8,15 | 1076 | - | 0,27 | 4,0 | 0,12 | 0,10 | - |
| PbTe | 0,646 | 8,16 | 917 | - | 0,32 | 4,3 | 0,08 | 0,09 | 30,0 |

Приложение 3

Таблица П3 - Параметры диэлектрических материалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диэлектрик | Удельное объемное сопротивление,  Ом∙м | Относительная диэлектрическая проницаемость | Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, αε∙106, К-1 | Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц | Электрическая прочность, МВ/м |
| Полиэтилен | 1014-1015 | 2,3-2.4 | -(200-300) | (2-5)∙10-4 | 40-150\* |
| Полистирол | 1014-1016 | 2,5-2,6 | -(150-200) | (2-4)∙10-4 | 20-110\* |
| Фторпласт-4 | 1014-1016 | 1,9-2,2 | -(150-300) | (2-3)∙10-4 | 40-250\* |
| Полипропилен | 1012-1015 | 2.0 | -(200-300) | (3-5)∙10-4 | 30-150\* |
| Лавсан | 1014-1015 | 3,1-3.2 | +(400-600) | (3-10)∙10-3 | 20-180\* |
| Поликарбонад | 1014-1015 | 3,0 | +(50-100) | (2-60)∙10-3 | 30-150\* |
| Полиамид | 1015-1016 | 3.5 | - | (1-2)∙10-3 | 30-200\* |
| Поливинилхлорид | 109-1013 | 3.1-3,4 | - | 0,015-0,018 | 35-45 |
| Гетинакс | 108-1010 | 3.0-6,0 | - | 0,04-0,08 | 15-30 |
| Стеклотестолит | 108-1011 | 5.5-6,0 | - | 0,02-0,04 | 15-35 |
| Бакелит | 108-1011 | 4,0 | - | 0,01 | 12-50\* |
| Эпоксидные компаунды | 1012-1014 | 3.3-6,0 | - | 0,01 | 20-35 |
| Слюда | 1012-1014 | 6,0-8,0 | +(10-20) | (1-6)∙10-4 | 100-250\* |
| Кварцевое стекло | 1016 | 3.8-4,2 | - | (2-3)∙10-4 | 40-400\* |
| Щелочные стекла | 1010-1015 | 5-10 | +(30-500) | (5-250)∙10-4 | 40-400\* |
| Ситаллы | 108-1012 | 5-10 | - | (1-80)∙10-4 | 25-85 |
| Изоляторный фарфор | 109-1011 | 5-8 | - | 0,02-0,03 | 25-30 |
| Ультрафарфор | 1012-1015 | 7-10 | +(80-140) | (1-10)∙10-4 | 20-45 |
| Алюминоксид | 1014-1015 | 8,5-9,5 | +(100-120) | (1-2)∙10-4 | 25-30 |
| Поликор | 1016 | 9 | +(80-100) | (1-2)∙10-4 | 30-45 |
| Брокерит | 1016 | 6-7 | +(40-80) | (2-5)∙10-4 | 30-45 |
| Диэлектрик | Удельное объемное сопротивление,  Ом∙м | Относительная диэлектрическая проницаемость | Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, αε∙106, К-1 | Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц | Электрическая прочность, МВ/м |
| Стеатиновая керамика | 1013-1015 | 6-8 | +(70-180) | (6-8)∙10-4 | 25-40 |
| Цельзиановая керамика | 1012-1013 | 6-7 | +(60-70) | (1-2)∙10-4 | 35-45 |
| Рутиловая керамика | 109-1012 | 40-300 | -(80-2200) | (2-10)∙10-4 | 10-30 |
| Сегнетокерамика | 109-1011 | 900-20000 | - | 0,05-0,3 | 4-10 |

Примечание: \*Верхние пределы указаны для тонких пленок

Приложение 4

Таблица П4 - Параметры магнитомягких материалов (при 20°С)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Магнитный материал | Магнитная проницаемость | | Коэрцитивная сила, А/м | Остаточная индукция, Тл | Индукция насыщения, Тл | Температура Кюри,°С | Удельное сопротивление,  Ом∙м |
| начальная | максимальная |
| Технически чистое железо | 250-400 | 3500—4500 | 50-100 | 2,0 | 2,18 | 770 | 0,1∙10-6 |
| Электротехническая сталь | 200-600 | 3000-8000 | 10-65 | 0,5-1,9 | 1,95-2.02 | 760-740 | (0,25-0,6)∙10-6 |
| Низконикелевые пермаллои | 1500-4000 | 15000-60000 | 5-32 | 0,3-0,5 | 1,0-1,6 | 400-500 | (0,45-0,9)∙10-6 |
| Высоконикелевые пермаллои | 7000=100000 | 50000-300000 | 0,65-5 | 0,5-0.7 | 0,65-1,05 | 400-600 | (0,16-0,85)∙10-6 |
| Супепермаллой | 10000 | 1500000 | 0,3 | - | 0,8 | 400 | 0,6∙10-6 |
| НЧ феррит марки: |  |  |  |  |  |  |  |
| 20000НМ | 15000 | 35000 | 0.24 | 0,11 | 0,35\* | 110 | 0,001 |
| 6000НМ | 4800-8000 | 10000 | 8 | 0,11 | 0,35\* | 130 | 0,1 |
| 2000НМ | 1500-2300 | 3500 | 24 | 0,13 | 0,38\* | 200 | 0.5 |
| 2000НН | 1800-2400 | 6000 | 8 | 0,10 | 0,25\* | 70 | 10 |
| 600НН | 500-800 | 1500 | 40 | 0,12 | 0,28\* | 110 | 100 |
| 400НН | 320-500 | 600 | 56 | 0,13 | 0,26\* | 120 | 1000 |
| ВЧ феррит марки: |  |  |  |  |  |  |  |
| 100ВЧ | 80-120 | 280 | 300 | 0,15 | - | 400 | 105 |
| 20ВЧ | 16-24 | 45 | 1000 | 0,1 | - | 450 | 106 |
| Магнитодиэлектрики на основе: |  |  |  |  |  |  |  |
| Альсифера | 20-90 | - | 400-500 | 0.02-0,05 | - | - | (1-10)∙10-4 |
| Молибденового пермаллоя | 60-250 | - | 100 | 0,007-0.02 | - | - | - |

Примечание:\*При Н=800А/м

Приложение 5

Таблица П5.1 – Обозначение знаков маркировки номинального сопротивления и допусков резисторов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сопротивление | | Допуск | | Примеры обозначения | |
| Множитель | Код | Допуск, % | Код | Полное обозначение | Код |
| 1  103  106  109  1012 | R (E)  K (K)  М (М)  G (Г)  Т (Т) | ±0,1  ±0,25  ±0,5  ±1  ±2  ±5  ±10  ±20  ±30 | В (Ж)  C (У)  D (Д)  F (P)  G (Л)  I (И)  К (С)  М (В)  N (Ф) | 3,9 ±5 %  215 Ом ± 2 %  1 кОм ± 5 %  12,4 кОм ± 1 %  10 кОм ± 5 %  100 кОм ± 5 %  2,2 МОм ± 10 %  6,8 ГОм ± 20 %  1 ТОм ± 30 % | 3R9I  215RI  1K0I  12K4F  10RI  M10I  2M2K  6G8M  1T0M |

**Примечание:** В скобках указано старое обозначение.

Таблица П5.2 – Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков резисторов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Цвет линии | Номинальное сопротивление, Ом | | | | Допуск, % |
| Первая цифра | Вторая цифра | Третья цифра | Множитель |
| Серебристый | – | – | – | 10-2 | ±10 |
| Золотистый | – | – | – | 10-1 | ±5 |
| Чёрный | – | 0 | – | 1 | – |
| Коричневый | 1 | 1 | 1 | 10 | ±1 |
| Красный | 2 | 2 | 2 | 102 | ±2 |
| Оранжевый | 3 | 3 | 3 | 103 | – |
| Жёлтый | 4 | 4 | 4 | 104 | – |
| Зелёный | 5 | 5 | 5 | 105 | ±0,5 |
| Голубой | 6 | 6 | 6 | 106 | ±0,25 |
| Фиолетовый | 7 | 7 | 7 | 107 | ±0,1 |
| Серый | 8 | 8 | 8 | 108 | ±0,05 |
| Белый | 9 | 9 | 9 | 109 | – |

Приложение 6

Таблица П6 - Варианты заданий контрольной работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 3.1  Проводники | | 3.2 Полупроводники | | 3.3  Диэлектрики | | 3.4  Магнитные материалы | | 3.5  Радиокомпоненты | |
| № варианта | Задание 1 | Задание 2 | Задание 3 | Задание 4 | Задние 5 | Задние  6 | Задние 7 | Задние 8 | Задние 9 | Задние 10 |
| 01 | 1.1 | 1.5 | 2.1 | 2.7 | 3.1 | 3.15 | 4.1 | 4.6 | 5.1 | 5.21 |
| 02 | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 2.8 | 3.2 | 3.16 | 4.1 | 4.7 | 5.2 | 5.22 |
| 03 | 1.1 | 1.7 | 2.1 | 2.9 | 3.3 | 3.17 | 4.1 | 4.8 | 5.3 | 5.23 |
| 04 | 1.1 | 1.8 | 2.1 | 2.10 | 3.4 | 3.18 | 4.1 | 4.9 | 5.4 | 5.24 |
| 05 | 1.2 | 1.5 | 2.1 | 2.11 | 3.5 | 3.19 | 4.1 | 4.10 | 5.5 | 5.25 |
| 06 | 1.2 | 1.6 | 2.1 | 2.12 | 3.6 | 3.20 | 4.2 | 4.6 | 5.6 | 5.26 |
| 07 | 1.2 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.7 | 3.21 | 4.2 | 4.7 | 5.7 | 5.27 |
| 08 | 1.2 | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 3.8 | 322 | 4.2 | 4.8 | 5.8 | 5.28 |
| 09 | 1.3 | 1.5 | 2.2 | 2.9 | 3.9 | 323 | 4.2 | 4.9 | 5.9 | 5.29 |
| 10 | 1.3 | 1.6 | 2.2 | 2.10 | 3.10 | 3.24 | 4.2 | 4.10 | 5.10 | 5.30 |
| 11 | 1.3 | 1.7 | 2.2 | 2.11 | 3.11 | 3.25 | 4.3 | 4.6 | 5.11 | 5.31 |
| 12 | 1.3 | 1.8 | 2.2 | 2.12 | 3.12 | 3.26 | 4.3 | 4.7 | 5.12 | 5.32 |
| 13 | 1.4 | 1.5 | 2.3 | 2.7 | 3.13 | 3.27 | 4.3 | 4.8 | 5.13 | 5.33 |
| 14 | 1.4 | 1.6 | 2.3 | 2.8 | 3.14 | 3.28 | 4.3 | 4.9 | 5.14 | 5.34 |
| 15 | 1.4 | 1.7 | 2.3 | 2.9 | 3.1 | 3.17 | 4.3 | 4.10 | 5.15 | 5.35 |
| 16 | 1.4 | 1.8 | 2.3 | 2.10 | 3.2 | 3.18 | 4.4 | 4.6 | 5.16 | 5.36 |
| 17 | 1.1 | 1.2 | 2.3 | 2.11 | 3.3 | 3.19 | 4.4 | 4.7 | 5.17 | 5.37 |
| 18 | 1.1 | 1.3 | 2.3 | 2.12 | 3.4 | 3.20 | 4.4 | 4.8 | 5.18 | 5.38 |
| 19 | 1.1 | 1.4 | 2.4 | 2.7 | 3.5 | 3.21 | 4.4 | 4.9 | 5.19 | 5.39 |
| 20 | 1.2 | 1.3 | 2.4 | 2.8 | 3.6 | 3.22 | 4.4 | 4.10 | 5.20 | 5.40 |
| 21 | 1.2 | 1.4 | 2.4 | 2.9 | 3.7 | 3.23 | 4.5 | 4.6 | 5.1 | 5.41 |
| 22 | 1.3 | 1.4 | 2.4 | 2.10 | 3.8 | 3.34 | 4.5 | 4.7 | 5.2 | 5.42 |
| 23 | 1.1 | 1.5 | 2.4 | 2.11 | 3.9 | 3.25 | 4.5 | 4.8 | 5.3 | 5.43 |
| 24 | 1.1 | 1.6 | 2.4 | 2.12 | 3.10 | 3.26 | 4.5 | 4.9 | 5.4 | 5.44 |
| 25 | 1.1 | 1.7 | 2.5 | 2.7 | 3.11 | 3.27 | 4.5 | 4.10 | 5.5 | 5.45 |
| 26 | 1.1 | 1.8 | 2.5 | 2.8 | 3.12 | 3.28 | 4.1 | 4.2 | 5.6 | 5.71 |
| 27 | 1.2 | 1.5 | 2.5 | 2.9 | 3.13 | 3.15 | 4.1 | 4.3 | 5.7 | 5.72 |
| 28 | 1.2 | 1.6 | 2.5 | 2.10 | 3.14 | 3.16 | 4.1 | 4.4 | 5.8 | 5.73 |
| 29 |  |  |  |  |  |  | 4.1 | 4.5 | 5.9 | 5.74 |
| 30 | 1.2 | 1.8 | 2.5 | 2.12 | 3.2 | 3.19 | 4.2 | 4.3 | 5.10 | 5.75 |
| 31 | 1.3 | 1.5 | 2.6 | 2.7 | 3.3 | 3.20 | 4.2 | 4.4 | 5.11 | 5.76 |
| 32 | 1.3 | 1.6 | 2.6 | 2.8 | 3.4 | 3.21 | 4.2 | 4.5 | 5.12 | 5.77 |
| 33 | 1.3 | 1.7 | 2.6 | 2.9 | 3.5 | 3.22 | 4.3 | 4.4 | 5.13 | 5.78 |
| 34 | 1.3 | 1.8 | 2.6 | 2.10 | 3.6 | 3.23 | 4.3 | 4.5 | 5.14 | 5.79 |
| 35 | 1.4 | 1.5 | 2.6 | 2.11 | 3.7 | 3.24 | 4.4 | 4.5 | 5.15 | 5.80 |
| 36 | 1.4 | 1.6 | 2.6 | 2.12 | 3.8 | 3.25 | 4.1 | 4.6 | 5.16 | 5.81 |
| 37 | 1.4 | 1.7 | 2.1 | 2.2 | 3.9 | 3.26 | 4.1 | 4.7 | 5.17 | 5.82 |
| 38 | 1.4 | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 3.10 | 3.27 | 4.1 | 4.8 | 5.18 | 5.83 |
| 39 | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.4 | 3.11 | 3.28 | 4.1 | 4.9 | 5.19 | 5.84 |
| 40 | 1.1 | 1.3 | 2.1 | 2.5 | 3.12 | 3.15 | 4.1 | 4.10 | 5.20 | 5.85 |
| 41 | 1.1 | 1.4 | 2.1 | 2.6 | 3.13 | 3.17 | 4.2 | 4.6 | 5.1 | 5.86 |
| 42 | 1.2 | 1.3 | 2.2 | 2.3 | 3.14 | 3.16 | 4.2 | 4.7 | 5.2 | 5.87 |
| 43 | 1.2 | 1.4 | 2.3 | 2.4 | 3.1 | 3.20 | 4.2 | 4.8 | 5.3 | 5.88 |
| 44 | 1.3 | 1.4 | 2.3 | 2.5 | 3.2 | 3.21 | 4.2 | 4.9 | 5.4 | 5.89 |
| 45 | 1.1 | 1.5 | 2.3 | 2.6 | 3.3 | 3.22 | 4.2 | 4.10 | 5.5 | 5.90 |
| 46 | 1.1 | 1.6 | 2.4 | 2.5 | 3.4 | 3.23 | 4.3 | 4.6 | 5.6 | 5.91 |
| 47 | 1.1 | 1.7 | 2.4 | 2.6 | 3.5 | 3.24 | 4.3 | 4.7 | 5.7 | 5.92 |
| 48 | 1.1 | 1.8 | 2.5 | 2.6 | 3.6 | 3.25 | 4.3 | 4.8 | 5.8 | 5.93 |
| 49 | 1.2 | 1.5 | 2.1 | 2.7 | 3.7 | 3.26 | 4.3 | 4.9 | 5.9 | 5.94 |
| 50 | 1.2 | 1.6 | 2.1 | 2.8 | 3.8 | 3.27 | 4.3 | 4.10 | 5.10 | 5.95 |
| 51 | 1.2 | 1.7 | 2.1 | 2.9 | 3.9 | 3.28 | 4.4 | 4.6 | 5.11 | 5.46 |
| 52 | 1.2 | 1.8 | 2.1 | 2.10 | 3.10 | 3.15 | 4.4 | 4.7 | 5.12 | 5.47 |
| 53 | 1.3 | 1.5 | 2.1 | 2.11 | 3.11 | 3.16 | 4.4 | 4.8 | 5.13 | 5.48 |
| 54 | 1.3 | 1.6 | 2.1 | 2.12 | 3.12 | 3.17 | 4.4 | 4.9 | 5.14 | 5.49 |
| 55 | 1.3 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.13 | 3.18 | 4.4 | 4.10 | 5.15 | 5.50 |
| 56 | 1.3 | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 3.14 | 3.19 | 4.5 | 4.6 | 5.16 | 5.51 |
| 57 | 1.4 | 1.5 | 2.2 | 2.9 | 3.1 | 3.20 | 4.5 | 4.7 | 5.17 | 5.52 |
| 58 | 1.4 | 1.6 | 2.2 | 2.10 | 3.2 | 3.21 | 4.5 | 4.8 | 5.18 | 5.53 |
| 59 | 1.4 | 1.7 | 2.2 | 2.11 | 3.3 | 3.22 | 4.5 | 4.9 | 5.19 | 5.54 |
| 60 | 1.4 | 1.8 | 2.2 | 2.12 | 3.4 | 3.23 | 4.5 | 4.10 | 5.20 | 5.55 |
| 61 | 1.1 | 1.2 | 2.3 | 2.7 | 3.5 | 3.24 | 4.1 | 4.2 | 5.1 | 5.56 |
| 62 | 1.1 | 1.3 | 2.3 | 2.8 | 3.6 | 3.25 | 4.1 | 4.3 | 5.2 | 5.57 |
| 63 | 1.1 | 1.4 | 2.3 | 2.9 | 3.7 | 3.26 | 4.1 | 4.4 | 5.3 | 5.58 |
| 64 | 1.2 | 1.3 | 2.3 | 2.10 | 3.8 | 3.27 | 4.1 | 4.5 | 5.4 | 5.59 |
| 65 | 1.2 | 1.4 | 2.3 | 2.11 | 3.9 | 3.28 | 4.2 | 4.3 | 5.5 | 5.60 |
| 66 | 1.3 | 1.4 | 2.3 | 2.12 | 3.10 | 3.15 | 4.2 | 4.4 | 5.6 | 5.61 |
| 67 | 1.1 | 1.5 | 2.4 | 2.7 | 3.11 | 3.16 | 4.2 | 4.5 | 5.7 | 5.62 |
| 68 | 1.1 | 1.6 | 2.4 | 2.8 | 3.12 | 3.17 | 4.3 | 4.4 | 5.8 | 5.63 |
| 69 | 1.1 | 1.7 | 2.4 | 2.9 | 3.13 | 3.18 | 4.3 | 4.5 | 5.9 | 5.64 |
| 70 | 1.1 | 1.8 | 2.4 | 2.10 | 3.14 | 3.19 | 4.4 | 4.5 | 5.10 | 5.65 |
| 71 | 1.2 | 1.5 | 2.4 | 2.11 | 3.1 | 3.22 | 4.1 | 4.6 | 5.11 | 5.66 |
| 72 | 1.2 | 1.6 | 2.4 | 2.12 | 3.2 | 3.23 | 4.1 | 4.7 | 5.12 | 5.67 |
| 73 | 1.2 | 1.7 | 2.5 | 2.7 | 3.3 | 3.24 | 4.1 | 4.8 | 5.13 | 5.68 |
| 74 | 1.2 | 1.8 | 2.5 | 2.8 | 3.4 | 3.25 | 4.1 | 4.9 | 5.14 | 5.69 |
| 75 | 1.3 | 1.5 | 2.5 | 2.9 | 3.5 | 3.26 | 4.1 | 4.10 | 5.15 | 5.70 |
| 76 | 1.3 | 1.6 | 2.5 | 2.10 | 3.6 | 3.27 | 4.2 | 4.6 | 5.16 | 5.96 |
| 77 | 1.3 | 1.7 | 2.5 | 2.11 | 3.7 | 3.28 | 4.2 | 4.7 | 5.17 | 5.97 |
| 78 | 1.3 | 1.8 | 2.5 | 2.12 | 3.8 | 3.15 | 4.2 | 4.8 | 5.18 | 5.98 |
| 79 | 1.4 | 1.5 | 2.6 | 2.7 | 3.9 | 3.16 | 4.2 | 4.9 | 5.19 | 5.99 |
| 80 | 1.4 | 1.6 | 2.6 | 2.8 | 3.10 | 3.17 | 4.2 | 4.10 | 5.20 | 5.100 |
| 81 | 1.4 | 1.7 | 2.6 | 2.9 | 3.11 | 3.18 | 4.3 | 4.6 | 5.1 | 5.101 |
| 82 | 1.4 | 1.8 | 2.6 | 2.10 | 3.12 | 3.19. | 4.3 | 4.7 | 5.2 | 5.102 |
| 83 | 1.1 | 1.2 | 2.6 | 2.11 | 3.13 | 3.20 | 4.3 | 4.8 | 5.3 | 5.103 |
| 84 | 1.1 | 1.3 | 2.6 | 2.12 | 3.14 | 3.21 | 4.3 | 4.9 | 5.4 | 5.104 |
| 85 | 1.1 | 1.4 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.25 | 4.3 | 4.10 | 5.5 | 5.105 |
| 86 | 1.2 | 1.3 | 2.1 | 2.3 | 3.2 | 3.26 | 4.4 | 4.6 | 5.6 | 5.106 |
| 87 | 1.2 | 1.4 | 2.1 | 2.4 | 3.3 | 3.27 | 4.4 | 4.7 | 5.7 | 5.107 |
| 88 | 1.3 | 1.4 | 2.1 | 2.5 | 3.4 | 3.28 | 4.4 | 4.8 | 5.8 | 5.108 |
| 89 | 1.1 | 1.5 | 2.1 | 2.6 | 3.5 | 3.15 | 4.4 | 4.9 | 5.9 | 5.109 |
| 90 | 1.1 | 1.6 | 2.2 | 2.3 | 3.6 | 3.16 | 4.4 | 4.10 | 5.10 | 5.110 |
| 91 | 1.1 | 1.7 | 2.3 | 2.4 | 3.7 | 3.17 | 4.5 | 4.6 | 5.11 | 5.111 |
| 92 | 1.1 | 1.8 | 2.3 | 2.5 | 3.8 | 3.18 | 4.5 | 4.7 | 5.12 | 5.112 |
| 93 | 1.2 | 1.5 | 2.3 | 2.6 | 3.9 | 3.19 | 4.5 | 4.8 | 5.13 | 5.113 |
| 94 | 1.2 | 1.6 | 2.4 | 2.5 | 3.10 | 3.20 | 4.5 | 4.9 | 5.14 | 5.114 |
| 95 | 1.2 | 1.7 | 2.4 | 2.6 | 3.11 | 3.21 | 4.5 | 4.10 | 5.15 | 5.115 |
| 96 | 1.2 | 1.8 | 2.5 | 2.6 | 3.12 | 3.22 | 4.1 | 4.2 | 5.16 | 5.116 |
| 97 | 1.3 | 1.5 | 2.2 | 2.7 | 3.13 | 3.23 | 4.1 | 4.3 | 5.17 | 5.117 |
| 98 | 1.3 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.14 | 3.24 | 4.1 | 4.4 | 5.18 | 5.118 |
| 99 | 1.3 | 1.7 | 2.1 | 2.4 | 3.15 | 3.25 | 4.1 | 4.10 | 5.10 | 5.120 |

Наталья Евгеньевна Фадеева

Материалы электронных средств

Контрольные задания и методические

указания к их выполнению

Редактор:

Корректор:

Подписано в печать ,

формат бумаги 62х84/16, отпечатано на ризографе, шрифт №10,

изд. л. ,заказ № , тираж . СибГУТИ

630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86.