

Маловастая Е.Ф. Электроматериаловедение: учебно-методическое пособие и контрольные задания для студентов заочной формы обучения специальности 311400 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства / Е.Ф. Маловастая. - Брянск.: Издательство Брянской ГСХА, 2011. - 19 с.

# ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие составлено для выполнения контрольных работ по дисциплине «Электроматериаловедение» студентами заочной формы обучения. По каждому разделу дисциплины даны вопросы, задачи и порядок их выполнения. Ссылки на литературу облегчают работу по подготовке к сдаче лабораторно-практических работ.

**Рецензент:** д. т. н., профессор Погоньшев В.А.

Учебно-методическое пособие и контрольные задания  
для студентов заочной формы обучения специальности  
311400 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

Рекомендовано методической комиссией инженерного факультета от  
10.02.2003 г., протокол № 4.

шестое издание

БРЯНСК 2011

© Брянская ГСХА, 2011  
© Маловастая Е.Ф., 2011

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Необходимым условием успешного развития любой технической отрасли является наличие хороших материалов. Электротехника не является исключением. Она, предъявляет наиболее высокие требования к качеству используемых материалов наряду с ядерной, космической и другими подобными отраслями техники.

На современном этапе своего развития электротехническая промышленность лишь в редких случаях способна производить материалы высшего качества собственными силами. Сложность задач требует сотрудничества с другими отраслями промышленности, которые снабжают электротехнику высококачественным сырьем, полуфабрикатами, а часто и готовыми изделиями. Такими отраслями в настоящее время являются химическая и металлургическая промышленности. Следовательно, наука об электротехнических материалах смыкается со многими научными отраслями и представляет собой комплексную научную дисциплину. Ее теоретические основы базируются на знании физики, особенно физики твердого тела, химии и физической химии.

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Физическая природа проводимости. Основные электрические свойства проводников. Удельное сопротивление и температурный коэффициент удельного сопротивления. Влияние температуры, примесей и других дефектов структуры на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства металлических сплавов. Электрические свойства металлических пленок.

Классификация проводниковых материалов. Материалы высокой проводимости. Типы электротехнических контактов и требования, предъявляемые к контактному материалу.

Сплавы высокого сопротивления. Сплавы для образцовых резисторов измерительных приборов. Сплавы для нагревательных элементов, для термопар.

Сверхпроводники. Неметаллические проводники. Композиционные проводниковые материалы.

Флюсы. Припой.

[1] стр.27 – 89; [2] стр.224-245.

### ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основные физические свойства полупроводников. Основные электрические свойства полупроводников. Собственная и примесная электропроводимость полупроводников. Доноры и акцепторы. Влияние различных факторов на электропроводимость полупроводников. Элементы, обладающие свой-

ствами полупроводников. Полупроводниковые химические соединения и материалы на их основе. Способы получения полупроводниковых материалов высокой чистоты. Классификация полупроводниковых материалов. Применение полупроводниковых материалов в электротехнике.

[1] стр.56 – 180; [2] стр. 197-223.

### ДИЭЛЕКТРИКИ

Основные электрические свойства диэлектриков. Поляризация диэлектриков и ее виды. Диэлектрическая проницаемость и влияние на нее различных факторов. Электропроводимость диэлектриков. Физическая сущность электропроводимости различных диэлектриков. Виды проводимости. Влияние различных факторов, на электропроводимость диэлектриков. Диэлектрические потери и их физическая сущность. Виды диэлектрических потерь. Влияние различных факторов, на диэлектрические потери. Пробой диэлектриков. Виды пробоя и их физическая сущность. Электрическая прочность диэлектриков.

Классификация диэлектриков по агрегатному состоянию и по химическому составу. Активные и пассивные диэлектрики. Характеристика представителей каждой группы.

[1] стр. 182 – 289; [2] стр.94 – 196.

### МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Общие сведения о магнитных свойствах материалов. Классификация магнитных материалов и область их применения.

Магнитомягкие материалы. Магнитные материалы специального назначения. Магнитотвердые материалы Основные характеристики магнитомягких материалов и влияние на них различных факторов. Использование магнитных материалов в электротехнике.

[1] стр.325-358; [2] стр.245 – 273.

### УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольную работу следует выполнять после изучения материала курса по приведенным в конце методического указания литературным источникам. Знание материала курса предполагает:

1. Усвоение физической сущности явлений, происходящих в электротехнических материалах под воздействием электрических и магнитных полей, окружающей среды и других внешних факторов и воздействий.

2. Знание основных свойств электротехнических материалов, взаимосвязи их электрических и магнитных свойств, строения и состава материала.

3. Приобретение уверенности в ориентации среди различных групп электротехнических материалов, оценке их свойств для работы в электротехнических изделиях и электротехнологических установках;

4. Умение экспериментально определять основные магнитные, электрические и механические свойства материалов и прогнозировать изменение этих свойств в процессе обработки материала, эксплуатации в конкретных условиях его работы.

Контрольная работа состоит из двух частей, которые выполняются как самостоятельные задания. Первая часть включает два теоретических вопроса и задачу. Во второй части необходимо осветить три теоретических вопроса и решить одну задачу.

Тематика вопросов включает все группы электротехнических материалов в соответствии с принятой их классификацией и соответствует разделам курса. Наименование разделов указано в заголовке каждой группы вопросов настоящего контрольного задания.

Ответ на последний вопрос второй части контрольной работы необходимо дать на примере конкретного изделия (машины, аппарата, устройства и др.). Для этого в начале ответа указываются паспортные данные этого изделия, и далее, при необходимости, приводятся эскиз, габаритные размеры и описание конструкции.

При выполнении контрольной работы перед каждым ответом необходимо записать текст вопроса с его порядковым номером, указанным в таблице вариантов заданий. Ответы должны быть краткими по форме, полностью раскрывать суть вопроса. Переписывание текста с литературного источника дословно недопустимо. Объем контрольной работы должен составлять 10 - 12 листов формата А4. Каждый вопрос следует начинать с новой страницы, в конце ответа на вопрос оставить 5 - 7 строк для заключения по ответу. Ответы, там, где это необходимо, должны иллюстрироваться эскизами и графиками, которые выполняются карандашом с помощью линейки и других чертежных инструментов в соответствии с требованиями ЕСХД.

Текст контрольной работы должен быть выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-79.

При использовании в тексте формул, табличных и других справочных данных, необходимо давать ссылку на использованный источник информации. В конце работы указывается список литературы и дата окончания работы.

#### ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Вариант контрольного задания выбирается по двум последним цифрам зачетной книжки студента.

Предпоследняя цифра шифра в таблице вариантов берется по вертикали, а последняя – по горизонтали.

Например, если учебный шифр 06573, то необходимо ответить на следующие вопросы: 7, 36, 45 таблицы 1 и вопросы 38, 52, 80, 100 таблицы 2.

#### 4.1 Задание контрольной работы №1

	о	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	24, 36, 47	19, 35, 57	20, 25, 61	14, 30, 38	15, 31, 58	1, 37, 59	19, 25, 45	20,3 1,40	15, 32, 41	16, 25, 51
1	1, 37, 48	18, 34, 58	21, 26, 38	13, 29, 39	16, 32, 57	2, 36, 60	18, 26, 46	21, 30, 39	14, 33, 42	17, 37, 52
2	2, 32, 49	17, 33, 59	22, 26, 39	12, 28, 40	17, 33, 56	3, 35, 61	17, 27, 47	22, 29, 38	13, 34, 43	18, 36, 53
3	3, 31, 50	16, 32, 60	23, 27, 40	11, 27, 41	18, 34, 54	4, 34, 38	16, 28, 48	23, 28, 61	12, 35, 44	19, 35, 54
4	4, 30, 51	15, 31, 61	24, 28, 41	10, 26, 42	19, 35, 53	5, 33, 39	15, 29, 49	24, 27, 60	11, 36, 45	20, 34, 55
5	5, 29, 52	14, 30, 38	1, 29, 42	9, 25, 43	20, 36, 52	6, 32, 40	14, 30, 50	1, 26, 59	10, 37, 46	21, 33, 56
6	6, 28, 53	13, 29, 39	16, 30, 43	8, 37, 44	21, 37, 51	18, 31, 41	13, 31, 51	2, 25, 58	9, 25, 47	22, 32, 57
7	7, 27, 54	12, 28 40	2, 31, 44	7, 36, 45	22, 25, 50	7, 30, 42	12, 32, 52	3, 37, 57	8, 26, 48	23, 31, 58
8	8, 26, 55	11, 27, 41	3, 32, 45	6, 35, 46	23, 26, 49	8, 29, 43	11, 33, 53	4, 36, 56	7, 27, 49	24, 30, 59
9	9 25, 56	10, 26 ,42	4, 33, 46	5, 34, 47	24, 27 ,48	9 ,28, 44	10, 34, 54	5, 35, 55	6, 28, 50	15, 29 60

#### 4.2 Проводниковые материалы

1. Каковы требования к проводникам, и какие материалы им соответствуют?

2. Как классифицируются проводниковые материалы?

3. Как происходит перенос электрических зарядов в металлических проводниках?

4. Какими основными параметрами определяются свойства проводников электрического тока?

5. Удельное сопротивление  $\rho$  проводниковых материалов. В каких единицах оно измеряется? От каких факторов зависит величина  $\rho$ ? Приведите значения  $\rho$  для металлов; наиболее широко применяемых в электротехнике.
6. Как связана удельная электропроводимость металлов с их структурой?
7. Температурный коэффициент удельного сопротивления  $\alpha_p$  проводниковых материалов. В каких единицах он измеряется? От каких факторов зависит величина  $\alpha_p$ ? Приведите значения  $\alpha_p$  для металлов, наиболее широко применяемых в электротехнике.
8. Характеристика свойств материалов высокой проводимости (медь, бронза, латунь, алюминий, железо). Какие требования предъявляются к таким материалам?
9. Что такое сверхпроводимость? Когда она была открыта?
10. Какие металлы, и в каких условиях могут переходить в состояние сверхпроводимости?
11. Как изменяется температура перехода металла в сверхпроводящее состояние в магнитном поле? Поясните свой ответ.
12. Явление сверхпроводимости и возможности его практического использования. Важнейшие виды сверхпроводниковых материалов и их характеристики
13. Сверхпроводники и криопродовники. Основные свойства и область применения.
14. Какие материалы используются для изготовления контактов в электрических аппаратах (контакторах, автоматах, реле) и в контактных соединениях вообще? Опишите их особенности, требования к ним, влияние внешних факторов на характеристики контактных материалов.
15. Металлокерамические материалы. Способы их получения. Основные свойства, и область применения.
16. Медные и алюминиевые сплавы, область их применения. Дайте сравнительную оценку.
17. Для каких целей используются материалы на основе благородных и неблагородных металлов?
18. Какие материалы используются для изготовления щеток электрических машин? Укажите состав этих материалов, их основные характеристики, маркировку. Почему в качестве щеток не применяются чистые металлы?
19. Сплавы высокого сопротивления, требования к ним, основные характеристики и область применения. Чем определяется различное применение этих сплавов?
20. Материалы, применяемые для изготовления терморезисторов. Кратко опишите их свойства, характеристики и область применения.
21. Тензотетрические сплавы: требования к ним, основные характеристики и область применения.
22. Припои: требования к ним, основные характеристики и область применения. Чем определяется различное применение этих припоев?
23. Флюсы: их классификация, основные характеристики и область применения. Чем объясняется различное применение этих флюсов?
24. Неметаллические проводники, основные характеристики и область применения. Чем определяется различное их применение в электротехнике?

25. Медный провод, площадь поперечного сечения которого  $S = 0,75 \text{ мм}^2$ , нужно заменить алюминиевым проводом такой же длины, чтобы сопротивление не изменилось. Определить площадь поперечного сечения алюминиевого провода.
26. Как изменится сопротивление провода, если его длину и диаметр увеличить в два раза?
27. На сколько градусов должна измениться температура медного провода, чтобы его сопротивление уменьшилось в 1,16 раза?
28. Сравнить приращения сопротивлений алюминиевого и манганинового проводов при одинаковом изменении их температуры и одинаковых начальных сопротивлениях.
29. Определите электрическое сопротивление медного провода длиной 100 м и поперечным сечением  $1 \text{ мм}^2$ . Пусть между концами этого провода приложено постоянное напряжение 1 В. Рассчитайте напряженность электрического поля в проводе, потери мощности во всем проводе и в 1 м длины провода, а также удельные потери мощности (на  $1 \text{ м}^3$  объема провода).
30. Два отрезка медной и алюминиевой проволоки длиной по 100 м имеют одинаковое электрическое сопротивление. Какой из образцов весит меньше и на сколько, если сечение медной проволоки равно  $10 \text{ мм}^2$ ?
31. Сопротивления провода при температурах  $20^\circ$  и  $100^\circ\text{C}$  равны соответственно 6 и 9 Ом. Определите среднее значение температурного коэффициента сопротивления этого провода и укажите, какому металлу оно соответствует?
32. В соответствии с ГОСТом удельное сопротивление медных токопроводящих жил силовых кабелей не должно превышать  $0,0184 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$ . Определите: на сколько можно уменьшить фактическое сечение жил одножильного кабеля номинальным сечением  $240 \text{ мм}^2$ , если учесть, что удельное сопротивление меди, идущей на изготовление проволоки, равно  $0,017 \text{ Ом мм}/\text{м}$ ; сколько килограммов меди на 1 км кабеля можно сэкономить при уменьшении сечения?
33. Какими путями можно уменьшить удельное объемное сопротивление меди?
34. Сопоставьте размеры и вес алюминиевой проволоки сечением 10 мм и биметаллической (сталь, медь), имеющей ту же проводимость, что и алюминиевая проволока. Примите, сечение меди в биметаллической проволоке равным сечению стали. Данные об алюминии, меди и стали возьмите из учебника или справочника.
35. Углеродистый резистор и проволочный резистор, изготовленный из нихрома, имеют одинаковое номинальное сопротивление, равное 100 Ом. Резисторы соединены параллельно и включены под напряжением 50 В. Одинаковая ли мощность будет выделяться в этих резисторах? Пояснить свой ответ.
36. Катушка из медной проволоки имеет сопротивление 10,8 Ом. Масса медной проволоки равна 3,5 кг, плотность меди  $8,9 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельное сопротивление  $0,017 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$ . Сколько метров проволоки и какого диаметра намотано на катушке?
37. Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при  $20^\circ\text{C}$  равно 35 Ом. Какова будет температура нити лампочки, если при включении в сеть с напряжением 220 В в рабочем режиме по нити идет ток 0,6 А? Темпера-

турный коэффициент удельного сопротивления ( $\alpha_p$ ) вольфрама при 20°C принять равным  $5 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Найти удлинение нить лампочки при включении, если температурный коэффициент линейного расширения вольфрама равен  $4,4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ?

### 4.3 Полупроводниковые материалы

38. Какие химические элементы имеют полупроводниковые свойства?
39. Какие физические явления в полупроводниках, являются наиболее важными и как они используются в электротехнике?
40. Охарактеризуйте процесс электронной и дырочной проводимости в полупроводниках. В чем заключается принцип действия полупроводниковых выпрямителей?
41. Чем отличаются полупроводники от проводниковых и электроизоляционных материалов?
42. Какую роль в свойствах полупроводников играют дефекты старения материалов и введение примесей?
43. Почему удельная электрическая проводимость полупроводников возрастает с ростом температуры? Каков характер этой зависимости?
44. Когда электропроводимость полупроводников является собственной и когда примесной?
45. Как различаются температурные зависимости электропроводимости собственных и примесных полупроводников?
46. Как проявляются в полупроводниках термоэлектрические явления и где они используются?
47. В чем сущность эффекта усиления в полупроводниках?
48. Какие виды полупроводниковых материалов применяются в электротехнике?
49. Почему кремний стал важнейшим материалом полупроводниковой электроники?
50. Имеет ли полупроводник свойства выпрямителя?
51. Опишите принцип работы полупроводникового триода.
52. Как классифицируются полупроводниковые терморезисторы в зависимости от режима работы? Опишите принцип работы терморезисторов, и для каких целей они используются.
53. В чем сущность фотоэлектрических явлений, и каковы возможности их использования в практике?
54. Опишите принцип действия и область применения фоторезистора. Назовите основные параметры, характеризующие работу фоторезисторов.
55. Какие явления вызывает в полупроводниках магнитное поле?
56. Справедлив ли для полупроводников закон Ома?
57. Можно ли из полупроводников получить тонкие пленки?
58. Почему органические полупроводники считаются перспективными материалами, хотя на практике применяются редко?
59. Опишите принцип действия и область применения фотодиодов.
60. Какие главные технологические проблемы возникают при изготовлении полупроводников?

61. Перечислите перспективные полупроводниковые материалы.

Таблица 2

### 4.4 Задание контрольной работы №2

	о	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 45, 75, 91	11, 55, 85, 101	21, 65, 79, 111	31, 45, 89, 93	41, 55, 83, 103	7, 65, 77, 113	17, 45, 87, 95	27, 55, 81, 105	37, 65, 75, 115	3, 45, 85, 97
1	2,46, 76, 92	12, 56, 86, 102	22, 66, 80, 112	32, 46, 90, 94	42, 56, 84, 104	8, 66, 78, 114	18, 46, 88, 96	28, 56, 82, 106	38, 66, 76, 116	4, 46, 86, 98
2	3, 47, 77, 93	13, 57,8 7, 103	23, 67, 81, 113	33, 47, 75, 95	43, 57, 85, 105	9, 67, 79, 115	19, 47, 89, 97	29, 57, 83, 107	39, 67, 77, 117	5, 47, 87, 99
3	4, 48, 78, 94	14, 58, 88, 104	24, 68, 82, 114	34, 48, 76, 96	44, 58, 86, 106	10, 68, 80, 116	20, 48, 90, 98	30, 58, 84, 108	40, 68, 78, 118	6, 48, 88, 100
4	5, 49, 79, 95	15, 59, 89, 105	25, 69, 83, 115	35, 49, 77, 97	1, 59, 87, 107	11, 69, 81, 117	21, 49, 75, 99	31, 59, 85, 109	41, 69, 79, 91	7, 49, 89, 101
5	6, 50, 80, 96	16, 60, 90, 106	26, 70, 84, 116	36, 50, 78, 98	2, 60, 88, 108	12, 70, 82, 118	22, 50, 76, 100	32, 60, 86, 110	42, 70, 80, 92	8, 50, 90, 102
6	7, 51, 81, 97	17, 61, 75, 107	27, 71, 85, 117	37, 51, 79, 99	3, 61, 89, 109	13, 71, 83, 91	23, 51, 77, 101	33, 61, 87, 111	43, 71, 81, 93	9, 51, 75, 103
7	8, 52, 82, 98	18, 62, 76, 108	28, 72, 86, 118	38, 52, 80, 100	4, 62, 90, 110	14, 72, 84, 92	24, 52, 78, 102	34, 62, 88, 112	44, 72, 82, 94	10, 52, 76, 104
8	9, 53, 83, 99	19, 63, 77, 109	29, 73, 87, 91	39, 53, 81, 101	5, 63, 75, 111	15, 73, 85, 93	25, 53, 79, 103	35, 63, 89, 113	1, 73, 83, 95	11, 53, 77, 105
9	10, 54, 84, 100	20, 64, 78, 110	30, 74, 88, 92	40, 54, 82, 102	6, 64, 76, 112	16, 74, 86, 94	26, 54, 80, 104	36, 64, 90, 114	2, 74, 84, 96	12, 54, 78, 106

#### 4.5 Диэлектрические материалы

1. Процесс поляризации диэлектрика. Как количественно оценивается поляризация? Связь между электрическим смещением и напряженностью электрического поля.
2. Основные виды поляризации диэлектриков, опишите особенности электронной поляризации.
3. Диэлектрическая проницаемость, электрическая постоянная. Какова зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для диэлектриков с электронной, ионной и дипольной поляризацией? Покажите это графически.
4. Перечислите по четыре диэлектрика, обладающих электронной, ионной и дипольной поляризацией. Укажите значения их диэлектрической проницаемости.
5. Процесс спонтанной поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры и напряженности электрического поля. Перечислите материалы, обладающие спонтанной поляризацией, укажите значения их максимальной диэлектрической проницаемости и точки Кюри.
6. Относительная диэлектрическая проницаемость. Является ли она константой материала?
7. У каких диэлектриков диэлектрическая проницаемость зависит от температуры? Можно ли исключить эту зависимость?
8. В каких диэлектриках, как и почему диэлектрическая проницаемость зависит от напряженности электрического поля?
9. Почему и по каким признакам диэлектрические материалы делят на полярные и неполярные? Какая между ними разница?
10. Как определяется диэлектрическая проницаемость для смеси нескольких диэлектриков? В чем практическое значение диэлектрической проницаемости?
11. Природа электропроводности диэлектриков. Какие носители зарядов преобладают в различных диэлектриках? Виды электропроводности диэлектриков.
12. Электропроводность газов. Физические процессы в газах при действии электрического поля.
13. Электропроводность жидких диэлектриков. Почему очистка жидких диэлектриков от примесей снижает их удельную проводимость?
14. В каких пределах изменяются удельные объемные сопротивления применяемых на практике диэлектриков? Дайте примеры изоляционных материалов с наиболее высокими и наиболее низкими значениями удельного объемного сопротивления. Укажите область их применения.
15. Чем вызвана поверхностная электропроводность твердых электроизоляционных материалов?
16. От каких факторов зависит удельная электрическая проводимость электроизоляционных материалов?
17. При каком напряжении (постоянном или переменном) определяется сопротивление диэлектриков? Дайте обоснование своего ответа.

18. Чем объясняются изменения, происходящие в твердом диэлектрике при включении его под постоянное напряжение? С чем связаны быстрые и медленные процессы этих изменений?

19. Почему диэлектрические свойства газа не характеризуют величиной удельного электрического сопротивления?

20. Нагревостойкость электроизоляционных материалов. Перечислите классы нагревостойкости электрической изоляции и укажите по два материала, относящиеся к каждому классу.

21. Влияние повышения класса нагревостойкости диэлектрика на технико-экономические показатели электрооборудования. Обоснуйте свой ответ.

22. Практическое значение теплопроводности электроизоляционных материалов.

23. Влияние влажности на свойства электроизоляционных материалов. Как определяется влагопроницаемость диэлектриков? Перечислите материалы, имеющие малые коэффициенты влагопроницаемости. Какое практическое значение имеет коэффициент влагопроницаемости?

24. Как попадает влага в электроизоляционные материалы?

25. Смачиваемость материалов. Как зависит смачиваемость от вида поляризации диэлектрика? На какие электрические характеристики оказывает влияние смачиваемость диэлектрика?

26. Электроизоляционные материалы, отличающиеся высокой гигроскопичностью. Какие существуют способы понижения гигроскопичности?

27. Основные характеристики, оценивающие механические свойства диэлектриков. От каких факторов зависит механическая прочность диэлектриков?

28. Химическая стойкость диэлектриков. Какое влияние оказывают ионизирующие излучения на свойства электроизоляционных материалов?

29. Влияние климатических условий на свойства электроизоляционных материалов. Тропикостойкость электроизоляционных материалов. Как осуществляется тропическая защита электрической изоляции?

30. Какие физико-химические и механические свойства диэлектриков необходимо учитывать при эксплуатации материалов? Какие из этих свойств являются специфическими для диэлектриков?

31. Основные пропиточные материалы. Для каких целей они применяются? От чего зависит качество и надежность пропиточной изоляции?

32. Электроизоляционные лаки. Из чего они изготавливаются и для каких целей применяются?

33. Припой и флюсы, применяемые при пайке металлических частей. Назовите область применения основных марок легкоплавких припоев.

34. Опишите состав, способы получения, электрические и физико-химические свойства кремнийорганических смол и кремнийорганических жидкостей.

35. Укажите основные отличия кремнийорганических лаков от органических и область их применения.

36. Какие терморезистивные полимеры являются важнейшими элект-

троизоляционными материалами, и для каких целей они используются?

37. В чем отличие термопластичных и терморезистивных материалов? Какова структура термопластичных и терморезистивных материалов?

38. Перечислите способы перевода термопластичных материалов в термоактивное состояние и проиллюстрируйте четырьмя примерами.

39. Какие термопластичные полимеры являются важнейшими электроизоляционными материалами и для каких целей они применяются?

40. Укажите назначение компонентов электроизоляционных лаков. Область применения тощих и жирных лаков и эмалей.

41. Перечислите по пять наименований поликонденсационных и полимеризационных смол, укажите их электрические и физико-механические свойства и область их применения.

42. Основные типы лакотканей и область их применения.

43. Основные электрические и физико-механические свойства электроизоляционной бумаги, картона и фибры. Каковы их особенности и область применения?

44. Отличие текстолита от гетинакса. Сравните их электрические и механические свойства, укажите достоинства, недостатки и область применения.

45. На поверхности диэлектрика параллельно друг другу расположены два ножевых электрода. Расстояние между электродами 2 мм, ширина электродов - 10 мм. Чему равно удельное поверхностное сопротивление диэлектрика, если сопротивление между электродами составляет 5 Мом?

46. У куба с ребрами  $a = 10$  мм из диэлектрика с удельным объемным сопротивлением  $\rho_v = 10^{10}$  Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением  $\rho_s = 10^{12}$  Ом две противоположные грани покрыты металлическими электродами. Определите значение тока, протекающего через эти грани при постоянном напряжении 2 кВ.

47. Цилиндрический стержень диаметром 10 мм и длиной 20 мм из диэлектрика с удельным объемным сопротивлением  $10^{13}$  Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением  $10^{14}$  Ом покрыт с торцов металлическими электродами. Чему равно сопротивление между электродами?

48. На две противоположные грани кубика из эпоксидного компаунда с ребром 50 мм нанесены металлические электроды, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите величину установившегося тока через кубик при постоянном напряжении 10 кВ, если удельное объемное сопротивление материала  $10^{17}$  Ом·м, а удельное поверхностное сопротивление  $10^{14}$  Ом.

49. Сопротивление изоляции двухжильного кабеля длиной 2 м равно 300 МОм. Чему равно сопротивление изоляции такого же кабеля длиной 6 м?

50. Определите сопротивление изоляции коаксиального кабеля длиной 5 км, если диаметр центрального проводника равен 5 мм, а внутренний диаметр внешнего проводника - 18 мм. Изоляция выполнена из полиэтилена с удельным сопротивлением  $10^{14}$  Ом·м.

51. Цилиндрический стержень диаметром 5 мм и длиной 15 мм из политетрафторэтилена (фторопласты-4) с удельным объемным сопротивлением  $10^{15}$  Ом·м и удельным поверхностным сопротивлением  $10^{15}$  Ом зажат между двумя металлическими электродами, между которыми поддерживается напряжение 500В постоянного тока. Определите ток через стержень и потери мощности в нем.

52. Определите удельное объемное сопротивление полиамидной смолы, используемой в качестве диэлектрика в плоском конденсаторе, и потери мощности в нем, если известно, что ток через конденсатор при постоянном напряжении 10кВ равен  $5 \cdot 10^{-7}$  А. Толщина диэлектрика 0,2мм. Площадь обкладок конденсатора (с каждой стороны)  $25\text{см}^2$ . Поверхностной утечкой пренебрегите.

53. На две противоположные грани кубика из полистирола с ребром 15мм нанесены слои металла, служащие электродами, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите величину установившегося тока через кубик при постоянном напряжении 5кВ. Удельное объемное сопротивление полистирола равно  $10^{14}$  Ом·м, а удельное поверхностное сопротивление  $10^{10}$  Ом.

54. На две противоположные грани кубика из политрифторхлорэтилена (фторопласта-3) с ребром 10мм нанесены слои металла, служащие электродами, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите величину установившегося тока через кубик при постоянном напряжении 2кВ. Удельное объемное сопротивление фторопласта-3 равно  $10^{15}$  Ом·м, а удельное поверхностное сопротивление  $10^{13}$  Ом.

55. Керамический конденсатор, диэлектриком которого является тиконд Т-150 на основе титаната кальция, имеет емкость 500 пФ. Найдите величину диэлектрических потерь в этом конденсаторе при напряжении 1 кВ и частотах 1 Гц и 1 МГц если известно, что  $\text{tg}\delta$  диэлектрика конденсатора равна 0,0006.

56. Керамический конденсатор, диэлектриком которого является тиконд Т-80 на основе двуокиси титана (рутила), имеет емкость 400 пФ. Найдите величину диэлектрических потерь в этом конденсаторе при напряжении 500 В и частотах 1 кГц и 10 МГц, если известно, что  $\text{tg}\delta$  диэлектрика конденсатора равен 0,0006.

57. Керамический конденсатор, диэлектриком которого является тиконд Т-20 на основе титаната циркония, имеет емкость 50 пФ. Найдите величину диэлектрических потерь в этом конденсаторе при напряжении 250В и частотах 1 кГц и 5 МГц, если известно, что  $\text{tg}\delta$  диэлектрика конденсатора равен 0,0006.

58. Вычислить тангенс угла потерь при частоте 50 Гц для хорошо очищенного трансформаторного масла, имеющего удельное объемное сопротивление  $10^{12}$  Ом·м и диэлектрическую проницаемость 2,2.

59. Значение  $\text{tg}\delta$  неполярного диэлектрика на частоте 50 Гц равно  $10^{-3}$ . Вычислить активную мощность рассеяния в конденсаторе из этого диэлектрика на частоте  $f = 1$  кГц при напряжении 1 кВ, если емкость конденсатора составляет 1000 пФ.

60. Пленка поливинилхлорида при электрическом пробое пробивается при напряжении 1,5 кВ. Определите толщину пленки, если электрическая прочность материала равна 50МВ/м.

61. Известно, что при тепловом пробое в равномерном поле диэлектрик одной структуры толщиной 2 мм, расположенный между электродами площадью  $2 \text{ см}^2$ , пробивается при 15 кВ. При каком напряжении пробьется этот же диэлектрик, если его расположить между электродами площадью  $3 \text{ см}^2$ .

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

63. Известно, что диэлектрик толщиной 1 мм при тепловом пробое пробивается напряжением 10 кВ. Рассчитать и построить для этого диэлектрика зависимость пробивного напряжения от толщины (до толщины 5 мм).

64. Двухслойный диэлектрик включен под переменное напряжение промышленной частоты. Напряжение на первом слое составляет 600 В и на втором 1200 В. Толщина слоев соответственно равна 1 мм и 4 мм. Определите относительную диэлектрическую проницаемость первого слоя, если для второго слоя она равна 5.

65. Коаксиальный кабель со сплошной изоляцией из полиэтилена имеет диаметр внутреннего провода 2 мм и толщину изоляции 4 мм. Определите емкость кабеля на 1 м длины кабеля. Относительная диэлектрическая проницаемость полиэтилена равна 2,3.

66. На поверхности диэлектрика параллельно друг другу расположены два ножевых электрода. Расстояние между электродами 2 мм, ширина электродов - 10 мм. Чему равно удельное поверхностное сопротивление диэлектрика, если сопротивление между электродами составило 5 Мом?

67. У куба с ребрами  $a = 10 \text{ мм}$  из диэлектрика с удельным объемным сопротивлением  $\rho_v = 10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{м}$  и удельным поверхностным сопротивлением  $\rho_s = 10^{12} \text{ Ом}$  две противоположные грани покрыты металлическими электродами. Определите значение тока, протекающего через куб при постоянном напряжении 2 кВ.

68. Цилиндрический стержень диаметром 10 мм и длиной 20 мм из диэлектрика с удельным объемным сопротивлением  $10^{13} \text{ Ом}\cdot\text{м}$  и удельным поверхностным сопротивлением  $10^{14} \text{ Ом}$  покрыт с торцов металлическими электродами. Чему равно сопротивление между электродами?

69. На две противоположные грани кубика из оксидного компаунда с ребром 50 мм нанесены металлические электроды, через которые кубик включается в электрическую цепь. Определите величину установившегося тока через кубик при постоянном напряжении 10 кВ, если удельное объемное сопротивление материала  $10^{17} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а удельное поверхностное сопротивление -  $10^{14} \text{ Ом}$ .

70. На лист изоляционного материала наложены два параллельны друг другу электрода прямоугольной формы. Длина прилегающих граней электродов  $a = 100 \text{ мм}$ , а расстояние между ними  $b = 10 \text{ мм}$ . Определите удельное поверхностное сопротивление изоляционного материала, если между электродами приложено напряжение 2 кВ и ток в цепи равен  $10^{-11} \text{ А}$ .

71. Определите удельное объемное сопротивление оксидной смолы, ис-

пользуемой в качестве диэлектрика в плоском конденсаторе, и потере мощности в нем, если известно, что ток через конденсатор при постоянном напряжении 1 кВ равен  $2 \cdot 10^{-9} \text{ А}$ . Толщина диэлектрика 1 мм, площадь обкладок (с каждой стороны)  $20 \text{ см}^2$ . Поверхностной утечкой пренебречь.

72. Определите удельное сопротивление полиэтилена, используемого в качестве диэлектрика в плоском конденсаторе и потери мощности в нем, если известно, что ток через конденсатор при постоянном напряжении 1 кВ равен  $10^{-11} \text{ А}$ . Толщина диэлектрика 2 мм, площадь обкладок  $40 \text{ см}^2$ . Поверхностной утечкой пренебрегите.

73. Сопротивление изоляции двухжильного кабеля длиной 2 м равно 300 Мом. Чему равно сопротивление изоляции такого же кабеля длиной 6 м?

74. Определите сопротивление изоляции коаксиального кабеля длиной 5 км, если диаметр центрального проводника равен 5 мм, а внутренний диаметр внешнего проводника - 18 мм. Изоляция выполнена из полиэтилена с удельным сопротивлением  $10^{14} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

#### 4.6 Магнитные материалы

75. Чем объясняются магнитные свойства различных материалов?

76. Как классифицируются материалы в соответствии с их магнитными свойствами?

77. Какие материалы являются парамагнитными и каковы их свойства?

78. Какие материалы являются ферромагнитными и каковы их магнитные свойства?

79. Какие группы материалов используются в электротехнике в качестве магнитных материалов? Как они классифицируются с точки зрения применения в электротехнике?

80. Какие показатели свойств магнитных материалов являются основными?

81. От каких факторов зависит магнитная проницаемость магнитных материалов?

82. Как связаны магнитные свойства материалов с их структурой?

83. Как и почему в магнитных материалах проявляются гистерезисные явления?

84. Магнитные потери. Причины их возникновения.

85. Способы уменьшения магнитных потерь в магнитных материалах?

86. Как влияет на свойства магнитных материалов их механическая и термическая обработка?

87. Могут ли магнитные материалы стареть?

88. Какие свойства имеют магнитомягкие материалы? Как они классифицируются?

89. Какие материалы называются магнитотвердыми и почему?

90. Область применения магнитотвердых и магнитомягких материалов?



#### 4.7 Электроизоляционные материалы

91. Пускатель серии ПМА. Эскиз, описание конструкции и характеристика материалов магнитопровода – сердечника и якоря.
92. Тепловое реле типа РТТ. Описание конструкции; характеристика материалов и их функции.
93. Пускатель серии ПМЕ. Эскиз, описание конструкции и характеристика материалов сердечника и якоря.
94. Тепловое реле типа ТРН. Описание конструкции; характеристика материалов и их функции.
95. Пускатель серии ПМЛ. Эскиз, описание конструкции и характеристика материалов сердечника и якоря.
96. Тепловое реле типа РТЛ. Описание конструкции; характеристика материалов и их функции.
97. Электродвигатель серии 4А.....( с двигателя серии 4А любой мощности переписать данные, приведенные на его щитке). Характеристика и функции конструкционных и электроизоляционных материалов двигателя.
98. Кабель АВРБГ. Эскиз поперечного разреза, описание и характеристика проводниковых и электроизоляционных материалов.
99. Кабель КРШУ Эскиз поперечного разреза, описание и характеристика проводниковых и электроизоляционных материалов.
100. Кабель КРВГ Эскиз поперечного разреза, описание и характеристика проводниковых и электроизоляционных материалов.
101. Автоматический выключатель АЕ3000. Описание конструкции контактной системы, тепловых и электромагнитных расцепителей; характеристика используемых материалов.
102. Описание конструкции силовых трансформаторов серии ТМ.. Характеристика электроизоляционных материалов.
103. Автоматический выключатель АЕ3110. Описание конструкции; характеристика материалов и их функции.
104. Реле промежуточное типа ПЭ21. Описание конструкции; характеристика магнитных и электроизоляционных материалов электромагнитной системы.
105. Реле промежуточное типа РП20. Описание конструкции; характеристика магнитных и электроизоляционных материалов.
106. Электрокалориферная установка СФОЦ (СФОА). Описание конструкции электронагревателей и характеристика материалов нагревателя.
107. Кабель силовой АВРГ. Эскиз поперечного разреза, описание и характеристика проводниковых и электроизоляционных материалов.
108. Автоматический выключатель АК63 с комбинированным расцепителем. Описание конструкции; характеристика материалов теплового и электромагнитного расцепителей.
109. Предохранитель ПН – 2. Описание конструкции; характеристика

материалов предохранителя.

110. Предохранитель ПРС. Описание конструкции; характеристика материалов предохранителя.
111. Предохранитель ПР - 2. Описание конструкции; характеристика материалов предохранителя.
112. Датчик температуры ДТКБ. Характеристика и функции материалов воспринимающего органа датчика.
113. Трансформатор тока (любого типа). Описание конструкции и характеристика материалов трансформатора тока.
114. Светильник типа ПВЛМ. Описание конструкции пускорегулирующего аппарата и характеристика магнитных, проводниковых и электроизоляционных материалов дросселя.
115. Светильник типа ЛПО. Описание конструкции и характеристика материалов, использованных в конструкции светильника.
116. Эскиз и функции изоляторов ТФ, НС, ШС, ШФ, РФ, РФО. Характеристика материалов этих изоляторов.
117. Эскиз и функции разрядников РТФ и РТВ. Характеристика материалов этих разрядников.
118. Светильник ПСХ. Характеристика материалов арматуры и лампы, использованных в светильнике.

#### Список литературы

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С., Материалы электронной техники.- Санкт-Петербург, 2001. с. 365
2. Электротехнические и конструкционные материалы./Под ред.В.А.Филикова. -М.: Мастерство, 2000. с. 273
3. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. с. 303.
4. Справочник по электротехническим материалам /Под ред. Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, Б.М.Тареева. - М.: Энергия, 1974, т. 1 и 2 с.308; 1976, т. 3 с. 296.

## Содержание

1. Общие положения.....	3
2. Содержание курса.....	3
3. Указания по выполнению и оформлению контрольной работы.....	4
4. Выбор варианта задания.....	5
Задание контрольной работы №1.....	6
Проводниковые материалы.....	6
Полупроводниковые материалы.....	9
Задание контрольной работы № 2.....	10
Диэлектрические материалы.....	11
Магнитные материалы.....	16
Электроизоляционные материалы.....	17
5. Список литературы.....	18

Учебное издание

Екатерина Федоровна Маловастая

## **ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие и контрольные задания  
для студентов заочной формы обучения специальности  
311400 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

шестое издание

Редактор Федченко М.А.

---

Подписано к печати 25.10.2011 г. Формат 60x84. Бумага офсетная.  
Усл. п. л. 1,16. Тираж 200. Изд. № 2038.

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии  
243365, Брянская обл., Выгоничский р-он, с. Кокино, Брянская ГСХА