

**МПС РОССИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

17/6/4

Одобрено кафедрой
“Электротехника”

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов III курса

специальности

**210700. АТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТС)
101800. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭНС)**



Москва – 2003

Рецензент — канд. техн. наук, доц. Я.С. ЗИЛЬБЕРМАН-МЯГКОВ

Введение

Дисциплина “Материаловедение” включает в себя изучение следующих разделов: основы материаловедения, типы твердых тел, их свойства; атомно-кристаллическое строение материалов; металлы; виды и свойства электротехнических материалов; агрегатные состояния, дефекты строения, проводниковые, полупроводниковые, сверхпроводниковые, магнитные материалы, диэлектрики; пробой диэлектриков; влияние внешних факторов на свойства материалов; электротехнические материалы и электроизоляционные конструкции.

Начало применения электротехнических материалов было положено в 1802 г. академиком В.В. Петровым. Для изготовления батареи, с помощью которой впервые в мире была получена электрическая дуга, было использовано 8400 медных и цинковых дисков с прокладками из бумаги, пропитанной электролитом.

В 1832 г. в своих опытах по созданию электромагнитного телеграфа русский ученый П.Л. Шиллинг использовал в качестве изоляции пленку, пропитанную воском, каучук и шелковую пряжу.

В 1872 г. изобретатель А.Н. Лодыгин создал первую угольную лампу накаливания; в 1876 г. инженер П.Н. Яблочков изобрел электрическую “свечу”, положившую начало широкому применению электрического освещения.

В данных изобретениях были использованы проводники, магнитные материалы и электрическая изоляция.

В настоящее время совершенствуются технологии изготовления электротехнических материалов; разрабатываются и осваиваются новые материалы.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Задание на контрольную работу состоит из четырех задач. Вариант контрольной работы выбирается по двум последним цифрам учебного шифра студента. Если учебный

шифр студента представляет собой однозначное число, то за предыдущую цифру следует принять 0.

Оформление контрольной работы должно удовлетворять следующим требованиям:

1. В начале контрольной работы должны быть указаны: номер контрольной работы; дисциплина; фамилия, имя, отчество; курс, факультет, специальность; учебный шифр студента.

2. Работы, оформленные небрежно, вызывающие затруднения или сомнения при их чтении, возвращаются студенту для переработки.

Страницы тетради должны быть пронумерованы, на каждой из них следует оставлять поля шириной не менее 3 см для замечаний рецензента.

3. Все расчетные действия должны сопровождаться краткими, но четкими пояснениями.

4. Для обозначения электрических величин могут применяться только условные буквенные обозначения в соответствии с действующим ГОСТом.

5. Обозначения электрических величин в тексте, в формулах, на векторных диаграммах и электрических схемах должны быть согласованы и расшифрованы один раз в каждой задаче.

6. Схемы, векторные диаграммы и графики должны выполняться с применением чертежных инструментов согласно ЕСКД “Обозначения условные графические в схемах”. Кривые и графики должны иметь размеры не менее 10×10см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник для вузов — СПб.: Издательство “Лань”, 2001.

2. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электрические материалы: Учебник для вузов — Л.: Энергоатомиздат, 1985.

ЗАДАЧА 1

Номера контрольных вопросов, на которые следует дать ответ, приведены в табл. 1.

Номера контрольных вопросов	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	9	6	8	1	3	7	2	5	3
	7	5	1	3	10	6	1	11	2	9
	12	15	19	13	17	20	14	18	16	12
	23	30	25	22	29	24	28	26	21	27

1. Какие существуют виды химической связи?

2. Что определяют дефекты в строении кристаллической решетки?

3. Приведите классификацию веществ по электрическим свойствам?

4. Приведите классификацию веществ по магнитным свойствам?

5. Приведите классификацию проводниковых материалов?

6. Какими основными параметрами определяются свойства проводников электрического тока?

7. Какие металлы и в каких условиях могут переходить в состояние сверхпроводимости?

8. Для каких целей используются сплавы высокого сопротивления, их состав и свойства?

9. Почему ферромагнитные металлы обладают нелинейной зависимостью удельного сопротивления от температуры?

10. Что понимают под мягкими и твердыми припоями?

11. Какие вещества имеют высокую проводимость, их свойства и применение?

12. Что такое собственный полупроводник и какими свойствами он обладает?

13. Какие примеси являются донорами и акцепторами в примесных полупроводниках?

14. Объясните температурную зависимость концентрации носителей заряда в полупроводнике.

15. Приведите физико-химические и электрические свойства кремния, область его применения.

16. Что называется поляризацией диэлектрика?

Таблица 2

17. Приведите основные виды поляризации диэлектриков.

18. Что называют диэлектрической проницаемостью?

19. Что называют диэлектрическими потерями?

20. Какие диэлектрики относят к линейным и нелинейным?

21. Какими параметрами оценивают электропроводность диэлектриков?

22. Приведите виды диэлектрических потерь в электроизоляционных материалах.

23. Каковы механизмы пробоя газов, жидкостей и твердых тел?

24. Что понимаю под пробивным напряжением и электрической прочностью диэлектрика?

25. Каким образом классифицируются диэлектрики по свойствам и техническому назначению?

26. Приведите классификацию диэлектриков по их свойствам и областям применения.

27. Как классифицируют магнитные материалы по свойствам и техническому назначению?

28. В чем сходство и различие магнитных свойств ферритов и ферромагнетиков?

29. Назовите важнейшие характеристики магнитотвердых материалов.

30. Назовите типы магнитомягких материалов и области их применения в технике.

Наименование величин	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина a , мм	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Ширина b , мм	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Толщина h , мм	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2
Подводимое напряжение U , кВ	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Частота f_1 , Гц	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
f_2 , кГц	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
f_3 , МГц	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

Таблица 3

Параметры диэлектрика	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диэлектрическая проницаемость ϵ_r	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0
Удельное объемное сопротивление $\rho_{10} \cdot 10^{16}$, Ом·м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Удельное поверхностное сопротивление $\rho_s \cdot 10^{16}$, Ом	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta \cdot 10^{-4}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0

ЗАДАЧА 2

Образец диэлектрика прямоугольной формы длиной a , шириной b и толщиной h имеет следующие параметры: относительную диэлектрическую проницаемость ϵ_r , удельное объемное сопротивление ρ , удельное поверхностное сопротивление ρ_s , тангенс угла диэлектрических потерь при температуре 20°C – $\text{tg } \delta$. К верхней и нижней граням образца прикладывается напряжение U . Исходные данные приведены в табл. 2 и табл. 3.

1. Нарисовать схему размещения электродов на поверхности образца диэлектрика.

2. Определить сквозной ток утечки, мощность потерь и удельные диэлектрические потери при приложении к образцу диэлектрика постоянного напряжения.

3. Определить мощность потерь и удельные диэлектрические потери при приложении к диэлектрику переменного напряжения с частотами f_1 , f_2 и f_3 и температуре 20° .

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 2

Основным электрическим свойством диэлектриков является способность их поляризоваться в электрическом поле. При поляризации происходит ограниченное смещение связанных зарядов или ориентация дипольных молекул.

Мерой поляризации является относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика ϵ_r , которую можно определить как отношение емкости конденсатора с данным диэлектриком C к емкости того же конденсатора при замене диэлектрика вакуумом C_0

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0} .$$

Поляризационные процессы смещения любых зарядов в веществе обуславливают появление токов смещения в диэлектриках.

Токи смещения при различных видах замедленной поляризации называют токами абсорбции $I_{аб}$. При постоянном напряжении абсорбционные токи, меняя свое направление, протекают только в моменты включения и выключения напряжения; при переменном напряжении они протекают в течение всего времени нахождения диэлектрика в электрическом поле.

Наличие в диэлектриках небольшого числа свободных зарядов приводит к возникновению слабых по величине сквозных токов. Ток утечки в техническом диэлектрике представляет собой сумму сквозного тока и тока абсорбции

$$I_{ум.} = I_{аб.} + I_{ск.} .$$

После завершения процесса поляризации через диэлектрик протекает только сквозной ток [1]. На практике ток утечки используют для оценки состояния изоляции высоковольтного оборудования при эксплуатации и перед включением его в работу.

У твердых изоляционных материалов различают объемную и поверхностную проводимость.

Удельное объемное сопротивление ρ численно равно сопротивлению куба с ребром в 1 м, мысленно выделенного из исследуемого материала, если ток проходит через две противоположные грани этого куба; ρ выражают в Ом·м

$$\rho = R \frac{S}{h} ,$$

где R — объемное сопротивление образца, Ом;
 S — площадь электрода, м²;
 h — толщина образца, м.

По удельному объемному сопротивлению можно определить удельную объемную проводимость, γ выражают в См/м

$$\gamma = \frac{1}{\rho} .$$

Удельное поверхностное сопротивление ρ_s численно равно сопротивлению квадрата (любых размеров), мысленно выделенного на поверхности материала, если ток проходит через две противоположные стороны этого квадрата, ρ_s выражают в Ом

$$\rho_s = R_s \frac{l}{d} ,$$

где R_s — поверхностное сопротивление образца диэлектрика, Ом;
 l — ширина параллельно поставленных электродов, м;
 d — расстояние между электродами, м.

По удельному поверхностному сопротивлению можно определить удельную поверхностную проводимость, γ_s выражают в См

$$\gamma_s = \frac{1}{\rho_s} .$$

Сквозной ток равен сумме токов объемной и поверхностной проводимостей

$$I_{ск.} = I_v + I_s .$$

Диэлектрическими потерями называют электрическую мощность, затрачиваемую на нагрев диэлектрика, находящегося в электрическом поле. Для характеристики способности диэлектрика рассеивать энергию в электрическом поле используют угол диэлектрических потерь, а также тангенс этого угла.

Углом диэлектрических потерь δ называют угол, дополняющий до 90° угол фазового сдвига между током и напряжением в емкостной цепи.

В случае идеального диэлектрика вектор тока в такой цепи опережает вектор напряжения на угол 90° , при этом угол δ равен нулю. Чем больше рассеивается в диэлектрике мощность, тем меньше угол фазового сдвига и тем больше угол диэлектрических потерь δ и его функция тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$.

В [1] рассмотрены последовательная и параллельная схемы замещения, эквивалентные конденсатору с диэлектриком, обладающим потерями, и приведены соответствующие векторные диаграммы.

Мощность потерь в диэлектрике

$$P = UI_a = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta,$$

где C — емкость диэлектрика, Ф;

$\omega = 2\pi f$ — круговая частота приложенного напряжения, в, с^{-1} .

Таким образом, мощность потерь пропорциональна тангенсу угла диэлектрических потерь.

Емкость диэлектрика для расчета мощности потерь можно определить по формуле:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d},$$

где S — площадь граней, к которым подводится напряжение, м^2 ;

d — толщина диэлектрика, м;

$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ — электрическая постоянная.

Удельными диэлектрическими потерями называют диэлектрические потери, отнесенные к единице объема диэлектрика

$$P = \frac{P_a}{V} = \frac{U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta}{Sh},$$

где V — объем диэлектрика между плоскими электродами, м^3 .

Весь необходимый теоретический материал для решения этой задачи приведен в [1, с. 182–225; 2, с. 30–50].

ЗАДАЧА 3

В табл. 4 даны два различных проводниковых материала, которые выбираются по последней и предпоследней цифре шифра.

1. Укажите свойства заданных проводниковых материалов, области их применения, кратко опишите материалы.

Таблица 4

Номер варианта	Наименование проводникового материала	
	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра
0	Медь	Ртуть
1	Алюминий	Вольфрам
2	Железо	Титан
3	Золото	Молибден
4	Серебро	Натрий
5	Никель	Калий
6	Хром	Плагина
7	Кобальт	Палладий
8	Олово	Кадмий
9	Свинец	Манганин

2. Приведите основные параметры проводников, поясните их физический смысл и укажите численные значения параметров заданных материалов.

Весь необходимый теоретический материал для решения этой задачи приведен в [1, с. 56–90; 2, с. 186–228].

ЗАДАЧА 4

В табл. 5 приведены два различных полупроводниковых материала, которые выбираются по последней и предпоследней цифре шифра.

1. Укажите свойства заданных полупроводниковых материалов, области их применения, кратко опишите материалы.

Таблица 5

Номер варианта	Наименование полупроводникового материала	
	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра
0	Бор	Теллур
1	Углерод (алмаз)	Карбид кремния
2	Кремний	Фосфид галлия
3	Германий	Антимонид индия
4	Селен	Арсенид галлия
5	Фосфор	Сульфиды
6	Мышьяк	Селениды
7	Сурьма	Теллуриды
8	Сера	Оксид цинка
9	Йод	Гемиоксид меди

2. Приведите численные значения основных параметров заданных материалов.

Весь необходимый теоретический материал для решения этой задачи приведен в [1, с. 90–181; 2, с. 229–266].

ЗАДАЧА 5

В табл. 6 и 7 для каждого варианта даны два различных магнитных материала.

1. Дайте определение магнитного материала.
2. Приведите классификацию магнитных материалов.
3. Назовите основные параметры магнитных материалов и кратко поясните их физический смысл.
4. Опишите сами материалы, определите их место по приведенной классификации.

4. Приведите примерные числовые значения основных магнитных параметров заданных материалов.

5. Назовите основные области использования данных материалов.

6. Рассчитайте и постройте зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля $\mu=f(H)$ (для магнитно-мягкого материала), магнитной индукции от магнитной энергии $B=f(W_L)$ (для магнитно-твердого материала).

Числовые значения индукции и напряженности приведены в табл. 6 и 7.

Весь необходимый теоретический материал для решения этой задачи приведен в [1, с. 296–344 ; 2, с. 267–299].

Таблица 6

Номер варианта (предпоследняя цифра учебного шифра)	Наименование магнитно-мягкого материала	Параметры	Значения H , к А/м; B , Т
0	Феррит 200НН	H	0,1; 0,3; 0,5; 1; 2; 2,5
		B	0,04; 0,095; 0,11; 0,14; 0,16; 0,165
1	Электротехническая сталь Э44	H	0,1; 0,3; 0,5; 1; 2; 2,5
		B	0,65; 1,07; 1,21; 1,30; 1,41; 1,44
2	Пермаллой 50НХС	H	0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,3; 0,5
		B	0,2; 0,65; 0,75; 1,05; 1,24; 1,28
3	Пермаллой 79НМ	H	0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,3; 0,5
		B	0,53; 0,66; 0,69; 0,73; 0,77; 0,78
4	Феррит 2000НН	H	0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,3; 0,5
		B	0,07; 0,15; 0,18; 0,2; 0,225; 0,23
5	Железо особое чистое (карбонильное)	H	0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,07; 0,1
		B	1,18; 1,30; 1,38; 1,48; 1,55; 1,60
6	Железо технически чистое	H	0,5; 1,0; 2,5; 5; 10; 30
		B	1,38; 1,5; 1,62; 1,71; 1,81; 2,05
7	Электротехническая сталь Э11	H	0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10; 30
		B	12; 13,7; 15,3; 16,3; 17,6; 20
8	Электротехническая сталь Э330	H	0,5; 1,0; 2,5; 5; 10; 30
		B	16; 17; 18,5; 19; 19,5; 20
9	Альсифер	H	0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06
		B	1,44; 1,5; 2,1; 2,6; 3,0; 3,4

Таблица 7

Номер варианта (последняя цифра учебного шифра)	Наименование магнитно-твердого материала	Пара- метры	Значения H , к А/м; B , Т
0	Сплав ЮНД4	H	0; 10; 20; 30; 40
		B	0,5; 0,43; 0,34; 0,21; 0
1	Сплав ЮНДК15	H	0; 10; 20; 30; 40; 48
		B	0,75; 0,67; 0,56; 0,42; 0,2; 0
2	Сплав ЮНДК24	H	0; 10; 20; 30; 40; 44
		B	1,23; 1,22; 1,17; 1,03; 0,8; 0
3	Феррит 07БИ	H	0; 40; 80; 120; 130
		B	0,18; 0,15; 0,09; 0,02; 0
4	Феррит 1БИ	H	0; 40; 80; 120; 160
		B	0,22; 0,18; 0,125; 0,07; 0
5	Феррит 3БА	H	0; 40; 80; 120; 160; 180
		B	0,3; 0,25; 0,2; 0,125; 0,05; 0
6	Викаллой 11	H	0; 10; 20; 30; 35; 38
		B	1,02; 1,01; 1,0; 0,9; 0,7; 0
7	Мартенситная сталь ЕХ	H	0; 1; 2; 3; 4; 5; 5,2
		B	1,05; 1,0; 0,92; 0,84; 0,65; 0,18; 0
8	Мартенситная сталь Е7В6	H	0; 1; 2; 3; 4; 5; 5,5
		B	1,1; 1,05; 0,98; 0,9; 0,75; 0,35; 0
9	Металлокерами- ческий (на основе сплава магнито)	H	0; 10; 20; 30; 40; 50
		B	1,0 ;0,99; 0,95; 0,87; 0,70; 0

Примечание: Величина H имеет отрицательное значение для магнитно-твердого материала.

Доцент Л.Г. Ручкина

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *Г.В. Тимченко*
Компьютерная верстка *Н.Ф. Цыганова*

ЛР № 020307 от 28.11.91

Тип. зак.	Изд. зак. 128	Тираж 3000 экз.
Подписано в печать 28.02.03	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,0	Уч.-изд. л.	Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПС,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПС, 107078, Москва, Басманный пер., 6