

110
Министерство путей сообщения Российской Федерации

САМАРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра теоретических основ электротехники,
автоматики и электроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы № 1

по дисциплине "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей

101800 "Электроснабжение железных дорог"

210700 "Автоматика, телемеханика и связь
на железнодорожном транспорте"

Составители: Л. А. Варжицкий,
Л. С. Лабунский

САМАРА 2002

Методические указания к выполнению контрольной работы № 1 по дисциплине "Материаловедение". - Самара: СамГАПС, 2002. - 28 с.

Утверждено на заседании кафедры ТОЗАиЭ 4 октября 2002 г., протокол № 2.

Печатается по решению редакционно-издательского совета института

Методические указания к выполнению контрольной работы № 1 по дисциплине "Материаловедение" предназначены для студентов специальностей "Электроснабжение железных дорог" и "Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте" дневной и заочной форм обучения.

Указания включают задание на контрольную работу, методические рекомендации по её выполнению, а также теоретические сведения и необходимые справочные данные.

Составители: Леонид Артурович Варюцкий,
Леонид Сергеевич Лабунский

Рецензенты: Валерий Борисович Гуменников,
к. т. н., доцент, СамГАПС

Лев Иванович Калахутский,
д. т. н., профессор, СГАУ

Компьютерная вёрстка: Веревицина Ю. Б.

Редактор Шимица И. А.

Подписано в печать 13.11.2002. Формат 60x84 1/16

Бумага писчая. Усл. п. л. 1,75. Тираж 300 экз. Заказ № 143.

© Самарская государственная академия путей сообщения

В В Е Д Е Н И Е

Уровень развития любой области техники в значительной мере определяется номенклатурой и качеством используемых материалов. Благодаря развитию технологии производства материалов стало возможным практическое использование оптоволоконных линий связи, полупроводниковых лазеров, интегральных микросхем и многих других изделий электронной и электротехнической промышленности.

Электротехническими называются специальные материалы, из которых изготавливаются электрические машины, аппараты, приборы, элементы и модули электронных систем. Обычно электротехнические материалы делят на диэлектрические (электроизоляционные), проводниковые, полупроводниковые и магнитные.

В устройствах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи используются различные виды электротехнических материалов. Правильный их выбор для конкретных условий эксплуатации позволяет обеспечить надежную и долговечную работу устройств.

Для правильного применения и эксплуатации электротехнических материалов необходимо знать их свойства, а также зависимости этих свойств от приложенного напряжения, температуры, влажности и т. д. Величины, с помощью которых оцениваются те или иные свойства материалов, называют характеристиками или параметрами. Чтобы полностью оценить свойства того или иного электротехнического материала, необходимо знать его механические, электрические, тепловые и физико-химические характеристики. У магнитных материалов в первую очередь следует учитывать магнитные характеристики.

Требования к оформлению контрольной работы

1. Пояснительную записку к контрольной работе следует выполнить на писчей бумаге формата А4 (210×297 мм).

Поля слева - не менее 30 мм.

Все листы должны быть скреплены и пронумерованы.

2. Первый лист пояснительной записки является титульным и должен быть оформлен строго в соответствии с образцами, представленными в Приложениях 2 и 3.

3. В начале каждой задачи должно быть полно и четко сформулировано условие задачи со всеми числовыми значениями для своего варианта.

Решение задач должно сопровождаться пояснением всех выполняемых действий.

Если в процессе решения выполняются какие-либо вычислительные операции, то их следует записывать в следующем порядке: сначала формула, затем подстановка числовых значений величин, входящих в формулу, без каких-либо преобразований, затем - промежуточные вычисления и результат с указанием единиц измерения.

При решении задач необходимо использовать Международную систему единиц СИ.

При оформлении пояснительной записки следует строго придерживаться обозначений переменных величин, принятых в данных методических указаниях.

Прописные буквы должны четко отличаться от строчных, греческие и латинские - от русских.

4. Все графики должны быть выполнены с обязательным соблюдением требований соответствующих ГОСТов и масштаба (рекомендуется - на миллиметровой бумаге, хотя это и не обязательно, размер рисунка должен быть не менее 100×100 мм). Выполнять все графические иллюстрации (графики, схемы, рисунки) следует карандашом, указывая в подрисуночной подписи номер и название. В тексте задачи должны быть ссылка на номер рисунка.

5. В конце пояснительной записки следует привести список литературы, реально использованной при решении задач. Список должен быть оформлен в соответствии с принятыми правилами. Примером оформления может служить библиографический список, представленный в конце данных методических указаний.

После списка литературы должны быть поставлены подпись студента и дата.

6. Контрольные работы, выполненные не по своему варианту или оформленные небрежно и с большими отклонениями от приведенных выше рекомендаций, не рецензируются и возвращаются студентам.

7. Контрольные работы, выполненные правильно или с небольшим количеством несущественных ошибок, допускаются к собеседованию.

Собеседование проводится по материалам контрольной работы и теории. Для самоконтроля студентам рекомендуется воспользоваться контрольными вопросами.

8. Контрольная работа, не допущенная к собеседованию из-за наличия ошибок, должна быть исправлена и представлена на повторное рецензирование. Все исправления должны быть выполнены в конце пояснительной записки на дополнительных листах того же формата.

Вносить исправления в отрецензированный текст, а тем более заменять его на исправленный, не разрешается!

Студенты специальности ЭС выполняют задачи №№ 1-4.

Студенты специальности АТС выполняют задачи №№ 5-8.

ЗАДАЧА № 1

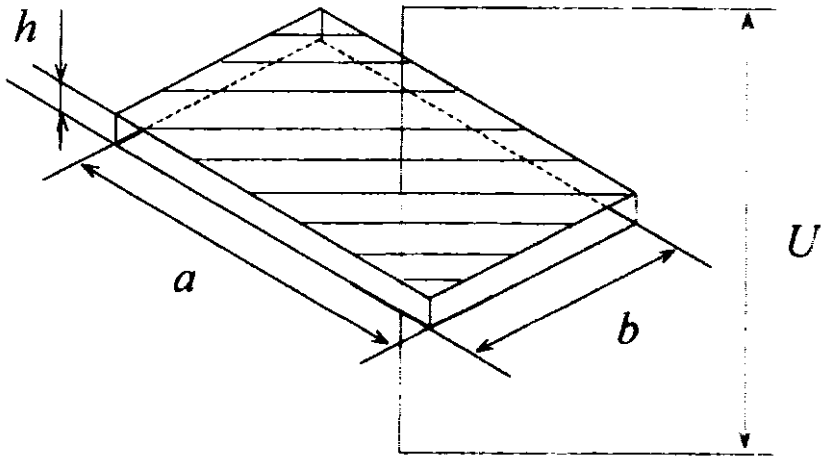


Рис. 1. Образец диэлектрика

Таблица 1

Величина	Ед. изм.	Номер варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
по последней цифре шифра											
a	мм	200	250	300	350	450	400	500	550	600	650
b	мм	100	150	200	250	300	350	400	450	550	500
h	мм	1	1,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2
U	кВ	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
f_1	Гц	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f_2	кГц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_3	МГц	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
по предпоследней цифре шифра											
ϵ		1,95	2	2,05	2,1	2,15	2,2	2,25	2,3	2,35	2,4
ρ	$\times 10^{16}$ Ом·м	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
ρ_s	$\times 10^{16}$ Ом	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\text{tg}\delta$	$\times 10^{-4}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3

К образцу прямоугольной формы из диэлектрического материала размерами $a \times b$ и высотой h (рис. 1) прикладывается постоянное напряжение U . Напряжение подводится к граням ab (на рис. 1 показано штриховкой), покрытым слоем металла. Требуется определить: ток утечки, мощность потерь, удельные потери на постоянном токе.

Затем к образцу прикладывается переменное напряжение с действующим значением U . Требуется определить мощность потерь и удельные диэлектрические потери при частотах f_1, f_2, f_3 .

Числовые значения исходных данных представлены в табл. 1.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 1

В цепях постоянного напряжения через диэлектрик длительно протекает незначительный ток, обусловленный движением свободных зарядов. Он называется током сквозной проводимости или током утечки.

Ток утечки равен сумме объемного I_V и поверхностного I_S токов:

$$I = I_V + I_S.$$

Токи I_V и I_S можно определить по закону Ома:

$$I_V = \frac{U}{R_V}; \quad I_S = \frac{U}{R_S},$$

где $R_V = \rho \frac{h}{a \cdot b}$ - объемное сопротивление образца;

$$R_S = \rho_S \frac{h}{2(a+b)} - \text{поверхностное сопротивление.}$$

Диэлектрическая проницаемость ϵ позволяет определить способность диэлектрика образовывать электрическую емкость. Емкость плоского конденсатора C с двумя металлическими обкладками прямо пропорциональна диэлектрической проницаемости материала, заключенного между обкладками:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot \frac{S}{h},$$

где h - высота диэлектрика, м;

$S = a \cdot b$ - площадь одной обкладки, м²;

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - электрическая постоянная.

Диэлектрическая проницаемость материалов ϵ зависит от интенсивности процессов поляризации, протекающих в диэлектриках под воздействием внешнего электрического поля. Различают четыре основных вида поляризации: электронную, дипольную, ионную и спонтанную.

Электронная поляризация - упругое смещение электронных оболочек относительно ядра в атомах диэлектрика. Она характерна для всех без исключения диэлектриков.

При электронной поляризации $\epsilon = 1 \dots 2,2$.

Дипольная поляризация представляет собой поворот полярных молекул и наблюдается только в диэлектриках, состоящих из электрически заряженных молекул с ковалентными связями.

При дипольной поляризации $\epsilon = 3 \dots 8$.

Ионная поляризация представляет собой упругое смещение ионов относительно узлов кристаллической решетки. Одновременно с ней в материале протекает и электронная поляризация.

При ионной поляризации $\epsilon = 8 \dots 20$.

Спонтанная поляризация протекает в диэлектриках особого вида, называемых сегнетоэлектриками. При такой поляризации ϵ достигает значений 1500...4500 и более.

Активная мощность, выделяющаяся в проводнике, не зависит от характера напряжения - она одинакова как при действии постоянного напряжения, так и действующего значения переменного напряжения. Если такой же опыт провести с диэлектриком, то мощность при переменном напряжении будет больше.

Активную мощность, выделяющуюся в диэлектрике при постоянном напряжении, можно определить по формуле: $P = U \cdot I$, где U - постоянное напряжение, приложенное к диэлектрику, В;

I - ток утечки через диэлектрик, А.

При переменном напряжении активная мощность, выделяющаяся в диэлектрике, определяется по формуле: $P_n = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot \text{tg}\delta$, где U - действующее значение переменного напряжения, приложенного к диэлектрику, В;

f - частота, Гц;

C - ёмкость образца, Ф;

$\text{tg}\delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь.

Выделяющуюся в диэлектрике активную мощность называют мощностью потерь или просто диэлектрическими потерями. Для сравнения характеристик диэлектриков пользуются удельными потерями, т. е. потерями в 1 м^3 материала:

$$p = \frac{P}{V} \text{ [Вт/м}^3\text{]},$$

где $V = a \cdot b \cdot h$ - объём исследуемого образца.

При решении задачи следует сравнить удельные потери на постоянном и переменном токе с частотами f_1, f_2 и f_3 .

Более подробно материал по данной теме изложен в [5, 8].

ЗАДАЧА № 2

Дайте определение проводникового материала. Приведите классификацию проводниковых материалов. Назовите основные параметры проводников и поясните их физический смысл. Для двух заданных материалов (табл. 2) приведите числовые значения этих параметров. Укажите область применения заданных материалов.

Таблица 2

Номер варианта	Наименование проводникового материала	
	по предпоследней цифре	по последней цифре
0	Бронза кадмиевая	Вольфрам
1	Бронза бериллиевая	Молибден
2	Латунь	Электротехнические угли
3	Никель	Ртуть
4	Серебро	Свинец
5	Медь	Константан
6	Алюминий	Манганин
7	Железо	Нихром Х15 Н60
8	Золото	Фехраль Х13 Ю4
9	Биметалл медь-сталь	Олово

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 2

Проводниковые материалы в соответствии с их свойствами и областями применения делятся на ряд групп. По указанной литературе следует ознакомиться с основными свойствами проводниковых материалов и уяснить, что главным отличием проводников от остальных электротехнических материалов является их повышенная электропроводность.

При описании конкретного материала надо указать, к какой группе он относится. Свойства проводниковых материалов изложены в [1, 5, 8].

ЗАДАЧА № 3

В табл. 3 для каждого варианта приведены наименования полупроводникового материала и полупроводникового прибора.

Дайте определение полупроводника. Приведите классификацию полупроводниковых материалов. Укажите, какие факторы влияют на электропроводность полупроводников. Кратко опишите заданный материал, укажите область применения. Поясните назначение полупроводникового прибора, опишите принцип его действия. Укажите, какие полупроводниковые материалы используются в данном приборе.

Таблица 3

Номер варианта	Наименование полупроводникового материала	Наименование прибора
	по предпоследней цифре	по последней цифре
0	Германий	Транзистор
1	Кремний	Фоторезистор
2	Селен	Терморезистор
3	Карбид кремния	Датчик Холла
4	Арсенид галлия	Стабилитрон
5	Германий	Фотодиод
6	Кремний	Диод
7	Селен	Тиристор
8	Карбид кремния	Светодиод
9	Арсенид галлия	Оптрон

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 3

Разнообразные свойства полупроводников обусловили широкое применение полупроводниковых приборов в электротехнике. Полупроводниковые приборы отличаются простотой и надежностью конструкции, малыми габаритами и весом, большим сроком службы. Большинство современных устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи используют разнообразные полупроводниковые приборы.

По указанной литературе следует ознакомиться с классификацией и основными характеристиками полупроводниковых материалов и зависимостью их характеристик от внешних воздействий.

При описании конкретного полупроводника необходимо указывать, к какой группе по приведенной классификации он относится.

При описании полупроводникового прибора необходимо указать, в каких устройствах на железнодорожном транспорте он применяется.

Полупроводниковые материалы и приборы описаны в [1, 5, 8].

ЗАДАЧА № 4

Дайте определение магнитного материала. Приведите классификацию магнитных материалов. Назовите основные параметры магнитных материалов и кратко поясните их физический смысл. Кратко опишите сами материалы, определите их место по приведенной классификации. Назовите области использования заданных материалов.

Рассчитайте и постройте зависимость магнитной проницаемости μ от напряженности магнитного поля H (для магнитомягкого материала).

Исходные данные для расчета представлены в табл. 4 (вариант выбирается по предпоследней цифре шифра).

Таблица 4

Вариант	Наименование магнитомягкого материала	Параметры	Значения H (кА/м), B (Тл)					
			H	B	H	B	H	B
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	1,3	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 79 НМ	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 2000НМ	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 особо чистое	H	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1
		B	1,18	1,3	1,38	1,48	1,55	1,6
6	Железо технически чистое	H	0,5	1,0	2,5	5,0	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	5,0	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

Рассчитайте и постройте зависимость объемной плотности магнитной энергии в воздушном зазоре магнитотвердого материала $W = f(B)$ и кривую размагничивания $B = f(-H)$. Исходные данные для расчета представлены в табл. 5 (вариант выбирается по последней цифре шифра).

Таблица 5

Вариант	Наименование магнитотвердого материала	Параметры	Значения H (кА/м), B (Тл)						
			H	0	10	20	30	40	-
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	130	-	-
		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	0,85	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	Металлокерамика (сплав магнито)	H	0	10	20	30	40	50	-
		B	1,0	0,99	0,95	0,87	0,7	0	-

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ № 4

Материалы, которые под действием внешнего магнитного поля намагничиваются, называют магнитными. Основными магнитными материалами являются железо, никель, кобальт и различные сплавы на их основе. Свойства магнитных материалов оцениваются магнитными характеристиками.

Магнитная проницаемость μ определяет способность материала к намагничиванию: чем она больше, тем легче намагничивается материал. Магнитная проницаемость зависит от действующей напряженности магнитного поля H . Поэтому для оценки способности материала к намагничиванию приходится учитывать начальную магнитную проницаемость μ_H и максимальную магнитную проницаемость μ_{max} .

Определить величину μ в зависимости от H можно по формуле:

$$\mu = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{B}{H},$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная постоянная;

B - магнитная индукция, Тл;

H - напряженность магнитного поля, А/м.

В контрольной работе требуется рассчитать величины μ и построить график зависимости $\mu = f(H)$. Пример графика представлен на рис. 2.

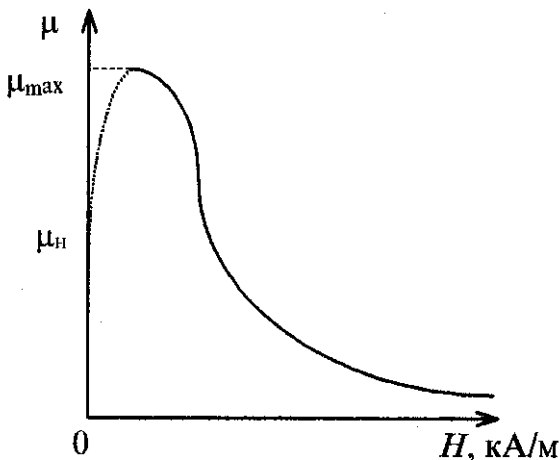


Рис. 2. График зависимости $\mu = f(H)$

Магнитотвердые материалы применяют для изготовления постоянных магнитов. Основное требование к постоянным магнитам состоит в том, что они должны создавать в воздушном зазоре между своими полюсами магнитное поле с постоянными значениями напряженности H и магнитной индукции B .

К характеристикам магнитотвердых материалов относятся остаточная магнитная индукция B_r , коэрцитивная сила H_c , а также максимальная объемная плотность энергии магнитного поля в воздушном зазоре W_m . Она измеряется в Дж/м³, если индукция B выражена в Тл, а напряженность поля H в А/м. Объемная плотность энергии магнитного поля определяется по формуле:

$$W = \frac{BH}{2}.$$

В контрольной работе для магнитотвердого материала следует построить графики: кривую размагничивания $B = f(-H)$ и кривую объемной плотности магнитной энергии в воздушном зазоре $W = f(B)$. Пример графиков представлен на рис. 3.

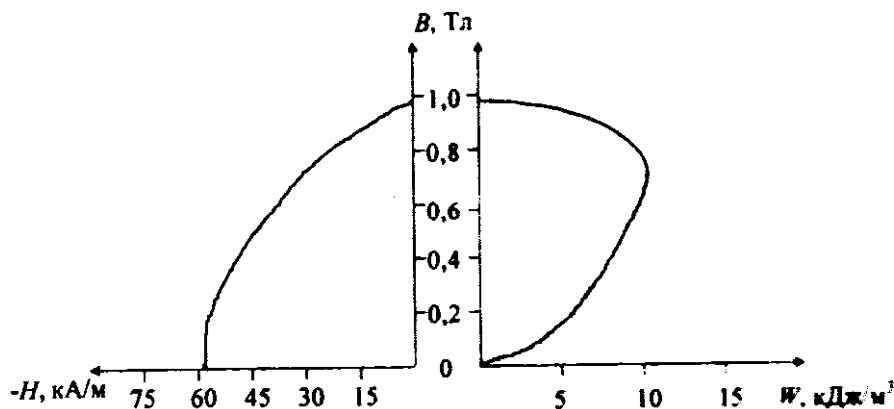


Рис. 3. График размагничивания $B = f(-H)$ и график объемной плотности магнитной энергии в воздушном зазоре $W = f(B)$

Дополнительные сведения о магнитных материалах приведены в [1, 5, 8].

ЗАДАЧА № 5

1. Выберите диэлектрический материал для плоского конденсатора, параметры которого указаны в табл. 6. Номер варианта задаётся преподавателем.
2. Вычислите активную и реактивную составляющие переменного тока, его полную, активную и реактивную мощности, ток утечки. Изобразите эквивалентную схему конденсатора и векторную диаграмму токов в масштабе.
3. Приведите примеры диэлектрических материалов, используемых в производстве конденсаторов, а также электроизоляционных материалов, используемых при изготовлении кабелей связи, электрических машин и других электротехнических изделий (по семь материалов для обеих групп). Укажите числовые значения основных характеристик приведенных материалов.

Таблица 6

Номер варианта	f , Гц	R , МОм	p , кВт/м ³	U , В	h , мкм	S , м ²	C , нФ
1	50	2000	1,00	100	20	0,010	10,0
2	60	3000	1,50	600	30	0,015	8,2
3	400	4000	2,00	60	50	0,020	6,8
4	50	2000	2,50	400	100	0,025	4,7
5	60	3000	0,50	200	150	0,030	5,6
6	400	4000	1,00	400	200	0,035	2,7
7	50	2000	0,05	200	250	0,045	3,3
8	60	3000	2,00	400	50	0,010	3,9
9	400	4000	2,50	60	100	0,015	4,7
10	50	2000	3,00	400	150	0,020	5,6
11	60	3000	0,05	600	200	0,025	2,7
12	400	4000	1,50	400	250	0,030	3,3
13	50	2000	0,10	100	200	0,035	3,9
14	60	3000	2,50	400	250	0,045	4,7
15	400	4000	3,00	60	30	0,010	5,6
16	50	2000	1,00	400	50	0,015	3,3
17	60	3000	1,50	600	100	0,020	3,9
18	400	4000	2,00	400	150	0,025	4,7
19	50	2000	0,10	100	200	0,030	5,6
20	60	3000	0,10	400	250	0,035	2,7

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ № 5

Перед решением задачи необходимо изучить теоретический материал, изложенный в рекомендованной литературе [1, 2, 7].

Предварительно следует определить допустимые значения основных электрических характеристик диэлектрика, используя известные соотношения для электрической ёмкости плоского конденсатора, напряжённости его электростатического поля, удельной мощности потерь, объёмного сопротивления образца диэлектрика в виде прямоугольной пластины (плёнки). Электрическое поле конденсатора можно считать однородным. При определении максимальной напряжённости поля конденсатора следует учитывать соотношение между средним квадратическим и амплитудным значениями синусоидального напряжения. Допускается выбор материала, не ухудшающего характеристики конденсатора. В случае неоднозначного выбора предпочтение следует отдать диэлектрику, превосходящему остальные по своим характеристикам. При этом могут использоваться и другие доступные характеристики (технологичность, нагревостойкость, стоимость и т. д.). Остальные материалы указываются как возможные варианты для замены. Значения основных электрических характеристик диэлектрических материалов даны в табл. П1. Дополнительные сведения о свойствах диэлектриков приведены в рекомендованной литературе [3, 8].

Все последующие расчёты следует выполнять, считая заданными электрические характеристики выбранного диэлектрика (ϵ , ρ , $\text{tg}\delta$), размеры конденсатора (S , h) и напряжение на обкладках конденсатора U (среднее квадратическое значение).

Значения электрических величин (токи, мощности и т. д.) определяются по известным соотношениям:

$$P = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot \text{tg}\delta;$$

$$I_p = 2\pi \cdot f \cdot C \cdot U;$$

$$I_a = I_p \cdot \text{tg}\delta;$$

$$S = U \cdot \sqrt{I_a^2 + I_p^2};$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2};$$

$$I_{yt} = \frac{U}{R_v}.$$

При определении тока утечки поверхностными токами следует пренебречь. Схема замещения конденсатора должна содержать элементы, символизирующие потери энергии, как на постоянном, так и на переменном токе.

ЗАДАЧА № 6

1. Определите значения электрического сопротивления проводника из сплава системы Cu-Ni для крайних значений заданного температурного диапазона. Определите относительную величину этого изменения и сравните полученные результаты с аналогичными для электротехнической меди, марганца и константана. Исходные данные приведены в табл. 7. Номер варианта задаётся преподавателем.
2. Приведите примеры проводниковых материалов, используемых для изготовления кабелей связи, линий электропередач, обмоток электрических машин, а также для изготовления резисторов, нагревательных элементов, ламп накаливания (по семь материалов на каждую из двух групп).

Таблица 7

Номер варианта	Состав сплава, %		T_1 , °C	T_2 , °C	длина, м	диаметр, мм
	Cu	Ni				
1	10	90	20	130	2,0	0,10
2	20	80	30	125	3,0	0,12
3	30	70	40	155	4,5	0,15
4	40	60	50	175	5,0	0,10
5	50	50	60	200	6,5	0,12
6	60	40	25	145	7,0	0,15
7	70	30	30	150	8,5	0,10
8	80	20	40	185	9,5	0,12
9	90	10	50	150	10,5	0,15
10	10	90	60	145	12,0	0,10
11	20	80	20	140	2,0	0,12
12	30	70	30	165	3,0	0,15
13	40	60	40	180	4,5	0,10
14	50	50	50	195	5,0	0,12
15	60	40	60	200	6,5	0,15
16	70	30	50	165	7,0	0,10
17	80	20	45	180	8,5	0,12
18	90	10	30	150	9,5	0,15
19	10	90	25	140	10,5	0,15
20	20	80	20	130	12,0	0,12

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ № 6

Перед решением задачи необходимо изучить теоретический материал, изложенный в рекомендованной литературе [1, 2, 7].

Определите сопротивление проводника заданного состава при $t = 20^\circ\text{C}$, считая его линейным и однородным. Для заданных температур T_1 и T_2 вычислите значения удельного сопротивления, используя соотношение:

$$\rho_{l(2)} = \rho_0 \cdot [1 + \alpha_p \cdot (T_{l(2)} - T_0)],$$

где ρ_0 - удельное сопротивление при $t = 20^\circ\text{C}$;

ρ_1 - удельное сопротивление при $t = T_1$;

ρ_2 - удельное сопротивление при $t = T_2$;

α_p - температурный коэффициент удельного сопротивления сплава.

После этого найдите сопротивления проводника для заданных температур T_1 и T_2 .

Необходимые для расчётов значения удельных сопротивлений сплавов и температурных коэффициентов сопротивления в зависимости от процентного состава сплава (по массе) при температуре 20°C приведены в табл. П2.

Выполните аналогичные вычисления для константана, меди и манганина. Сравните между собой величины относительного изменения сопротивлений проводников из этих материалов (для заданного интервала изменения температуры). Сделайте вывод относительно выбора материала для изготовления термостабильных проволочных сопротивлений.

Дополнительные сведения о характеристиках проводниковых материалов приведены в литературе [1, 3, 7, 8].

ЗАДАЧА № 7

Опишите свойства и способ получения полупроводникового материала, соответствующего Вашему варианту (табл. 8). Укажите область его применения для производства полупроводниковых приборов. Сравните выбранный материал с другим материалом, близким к нему по свойствам или назначению. Номер варианта задается преподавателем.

Таблица 8

Номер варианта	Наименование	Обозначение
1	германий	Ge
2	кремний	Si
3	селен	Se
4	теллур	Te
5	карбид кремния	SiC
6	арсенид галлия	GaAs
7	антимонид галлия	GaSb
8	фосфид галлия	GaP
9	арсенид индия	InAs
10	антимонид индия	InSb
11	закись меди	Cu ₂ O
12	окись цинка	ZnO
13	германий	Ge
14	кремний	Si
15	селен	Se
16	окись цинка	ZnO
17	карбид кремния	SiC
18	арсенид галлия	GaAs
19	арсенид индия	InAs
20	закись меди	Cu ₂ O

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ № 7

При описании свойств материала обратите внимание на основные химические и физические свойства соответствующего элемента или химического соединения, включая положение элементов в периодической системе Д. И. Менделеева, структуру внешней электронной оболочки, особенности строения кристаллической решётки и тип химической связи. Для полупроводниковых соединений укажите его тип ($A^m_xB^n_y$), а для простых полупроводников - основные химические соединения элемента. Опишите способ получения материала.

Приведите численные значения плотности, температуры плавления, удельного электрического сопротивления, ширины запрещённой зоны. Перечислите элементы, используемые в качестве донорных и акцепторных примесей.

Дополнительные сведения о характеристиках полупроводниковых материалов приведены в литературе [2, 3, 7, 8].

Таблица 9

Вариант	Наименование магнитомягкого материала	Параметры	Значения H (кА/м), B (Тл)							
			H	0,10	0,30	0,50	1,00	2,00	2,50	-
1	Сталь 344	H	0,10	0,30	0,50	1,00	2,00	2,50	-	-
		B	0,66	1,07	1,21	1,30	1,41	1,44	-	-
2	Пермаллой 50НХС	H	0,01	0,03	0,05	0,10	0,30	0,50	-	-
		B	0,20	0,65	0,75	1,05	1,24	1,28	-	-
3	Пермаллой 79 НМ	H	0,01	0,03	0,05	0,10	0,30	0,50	-	-
		B	0,53	0,66	0,69	0,73	0,77	0,78	-	-
4	Феррит 2000НМ	H	0,01	0,03	0,05	0,10	0,30	0,50	-	-
		B	0,07	0,15	0,18	0,20	0,225	0,23	-	-
5	Железо особо чистое	H	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	-	-
		B	1,16	1,30	1,38	1,48	1,55	1,60	-	-
6	Железо технически чистое	H	0,50	1,0	2,5	5,0	10,0	30,0	-	-
		B	1,38	1,50	1,62	1,71	1,81	2,05	-	-
7	Сталь Э11	H	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	30,0	-	-
		B	12,0	13,7	15,3	16,3	17,6	20,0	-	-
8	Сталь Э330	H	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	30,0	-	-
		B	16,0	17,0	18,5	19,0	19,5	20,0	-	-
9	Альсифер	H	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	-	-
		B	1,44	1,50	2,10	2,60	3,00	3,40	-	-
10	Сталь 1571 толщ. 0,35 мм	H	0,01	0,02	0,05	0,07	0,10	0,20	0,50	1,00
		B	0,035	0,14	0,48	0,61	0,77	0,92	1,21	1,30
11	Сталь 1571 толщ. 0,20 мм	H	0,01	0,02	0,05	0,07	0,10	0,20	0,50	1,00
		B	0,03	0,10	0,38	0,56	0,66	0,90	1,16	1,29
12	Сталь 1572 толщ. 0,35 мм	H	0,01	0,02	0,05	0,07	0,10	0,20	0,50	1,00
		B	0,045	0,17	0,57	0,71	0,87	1,02	1,25	1,30
13	Сталь 1572 толщ. 0,20 мм	H	0,01	0,02	0,05	0,07	0,10	0,20	0,50	1,00
		B	0,04	0,14	0,48	0,62	0,74	0,92	1,20	1,29
14	Сталь 3421 толщ. 0,20 мм	H	0,04	0,08	0,20	0,40	0,50	1,00	2,50	-
		B	0,50	0,85	1,10	1,35	-	1,45	1,70	-
15	Сталь 3422 толщ. 0,05 мм	H	0,04	0,08	0,20	0,40	0,50	1,00	2,50	-
		B	0,55	0,90	1,25	1,35	-	1,55	1,75	-
16	Сталь 3423 толщ. 0,15	H	0,04	0,08	0,20	0,40	0,50	1,00	2,50	-
		B	0,80	1,10	1,40	1,55	-	1,65	1,82	-
17	Сталь 3425 толщ. 0,15 мм	H	0,04	0,08	0,20	0,40	0,50	1,00	2,50	-
		B	1,10	1,35	1,50	1,65	-	1,75	1,82	-
18	Феррит 400НН	H	0,04	0,08	0,24	0,60	-	-	-	-
		B	0,046	0,100	0,230	0,250	-	-	-	-
19	Феррит 1000НН	H	0,04	0,08	0,24	0,60	-	-	-	-
		B	0,095	0,167	0,226	0,270	-	-	-	-
20	Феррит 3000НМ	H	0,04	0,08	0,24	0,60	-	-	-	-
		B	0,25	0,32	0,36	0,37	-	-	-	-

ЗАДАЧА № 8

Назовите основные параметры магнитных материалов и кратко поясните их физический смысл. Рассчитайте и постройте график зависимости магнитной проницаемости μ от напряженности магнитного поля H .

Исходные данные для расчетов (по вариантам) представлены в табл. 9 в виде основных кривых намагничивания $B(H)$. По графику $\mu(H)$ оцените значения начальной и максимальной магнитной проницаемости.

Укажите область применения материала и численные значения его основных характеристик (коэрцитивная сила, остаточная индукция, частотный диапазон, точка Кюри.).

Номер варианта задаётся преподавателем.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ № 8

Для вычисления значений магнитной проницаемости μ воспользуйтесь известным соотношением:

$$B = \mu\mu_0 \cdot H,$$

где μ - магнитная проницаемость материала;

μ_0 - магнитная постоянная;

H - напряженность магнитного поля;

B - индукция магнитного поля в материале.

Свойства диэлектриков

Наименование	ϵ	$\text{tg}\delta$	ρ , Ом·м	$E_{\text{пр}}$, МВ/м	t_{max} , °С
Органические диэлектрики (синтетические полимеры)					
Политетрафторэтилен (фторопласт-4)	1,9 - 2,2	0,0001 - 0,0004	$10^{15} - 10^{16}$	20 - 30	250
Полиэтилен	2,3 - 2,4	0,0001 - 0,0005	$10^{13} - 10^{15}$	15 - 20	60-90
Полистирол	2,4 - 2,6	0,0001 - 0,0005	$10^{14} - 10^{15}$	20 - 35	70-80
Поливинилхлорид	3 - 5	0,03 - 0,06	$10^{13} - 10^{14}$	15 - 20	60-70
Полиметилметакрилат	3,5 - 4,5	0,02 - 0,06	$10^{11} - 10^{12}$	20 - 35	70-90
Неорганические материалы					
Слюда: мусковит флогопит	6 - 8 5 - 7	0,0015 0,0500 (на частоте 50 Гц)	$10^{12} - 10^{15}$ $10^{11} - 10^{12}$	> 40	500-800 800-900
Кварцевое стекло (SiO_2 - 100%)	3,8	0,0002	10^{15}	500	1600

Таблица П2

Характеристики электропроводности меди и её сплавов
(усреднённые значения при $t = 20^\circ\text{C}$)

Материал	Состав по массе, %		ρ , мкОм·м	α_{ρ} , К ⁻¹
	Cu	Ni		
медь	100	-	0,017	0,0043
сплав Cu-Ni	90	10	0,200	0,0015
-"	80	20	0,280	0,0003
-"	70	30	0,380	$-7,5 \cdot 10^{-6}$
-"- (константан)	60	40	0,480	$-15 \cdot 10^{-6}$
-"	50	50	0,500	$-7,5 \cdot 10^{-6}$
-"	40	60	0,530	0
-"	30	70	0,480	0,0005
-"	20	80	0,300	0,0015
-"	10	90	0,150	0,0030
никель	-	100	0,073	0,0065
манганин (Mn - 12 %)	85	3	0,420	$28 \cdot 10^{-6}$

Образец оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра теоретических основ электротехники,
автоматики и электроники

Пояснительная записка к контрольной работе № 1
по дисциплине "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

ВАРИАНТ № _____

Выполнил: студент 3 курса з/ф

(Ф. И. О.)

Шифр: _____

Проверил: Варлацкий Л А

САМАРА 2003

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра теоретических основ электротехники,
автоматики и электроники

Пояснительная записка к расчетно-графической работе № 1
по дисциплине "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

ВАРИАНТ № _____

Выполнил: студент 1 курса

(Ф. И. О.)

Группа: _____

Проверил: Лабунский Л. С.

САМАРА 2003

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Типы химической связи и их проявления в свойствах вещества
2. Процесс намагничивания ферромагнетика (основная кривая намагничивания) с точки зрения доменной теории. Техническое насыщение.
3. Ферромагнетик в переменном поле. Петля гистерезиса и её параметры.
4. Понятия предельной и частной петель гистерезиса.
5. Понятие магнитной проницаемости. Начальная, максимальная и возвратная магнитная проницаемости.
6. Потери энергии в процессе перемагничивания магнитных материалов.
7. Классификационные признаки магнитных материалов
8. Магнитомягкие материалы (сплавы и ферриты): характеристики и область применения.
9. Магнитотвердые материалы (сплавы и ферриты): характеристики и область применения.
10. Проводники: классификация и основные электрические свойства.
11. Медь и её сплавы (бронзы, латуни, константан, манганин) - характеристики и область применения.
12. Металлы высокой проводимости (серебро, золото, платина и др) характеристики и область применения.
13. Полупроводниковые материалы: классификация, основные свойства, область применения.
14. Примесные полупроводники и их проводимость. Доноры и акцепторы.
15. Простые собственные полупроводники (III - VII группы периодической системы). Собственная проводимость.
16. Примеси замещения и примеси внедрения.
17. Понятия удельных (объемное и поверхностное) сопротивлений диэлектриков.
18. Влияние внешних факторов на электропроводность диэлектриков
19. Основные типы поляризации диэлектриков.
20. Полярные и неполярные диэлектрики.
21. Статическая диэлектрическая проницаемость.
22. Диэлектрики в переменном поле.
23. Диэлектрические потери: физический смысл и проявление
24. Тангенс угла потерь и коэффициент диэлектрических потерь

Рекомендуемая литература

1. Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М. Электротехнические материалы. - Л.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Богородицкий Н. П., Пасынков В. В. Материалы радиоэлектронной техники. - М.: Высшая школа, 1969.
3. Журавлёва Л. В. Электроматериаловедение. - М.: Изд. центр "Академия"; ИРПО, 2000.
4. Казарновский Д. М., Яманов С. А. Радиотехнические материалы. - М.: Высшая школа, 1972.
5. Мозберг Р. К. Материаловедение: Учеб. пособие. - М.: ВШ, 1991.
6. Никулин Н. В. Электроматериаловедение. - М.: Высшая школа, 1989.
7. Окадзаки К. Пособие по электротехническим материалам/Пер. с яп. Под ред. Л. Р. Зайонца. - М.: Энергия, 1979.
8. Справочник по электротехническим материалам/Под ред. Ю. В. Корицкого, В. В. Пасынкова, Б. М. Тареева. - Л.: Энергоатомиздат, 1988.

17-49-47 0000