Коммерциялық емес

акционерлік

қоғам

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА

ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС

УНИВЕРСИТЕТІ

Электр станциялары,

тораптары және жүйелері

кафедрасы

ЭЛЕКТРТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛТАНУ

5В071800 – Электр энергетикасы, 5В081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандықтарының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

Құрастырушылар: Кузембаева Р.М., Мукашева Р.Т. Электртехникалық материалтану. 5В071800 – Электр энергетикасы, 5В081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандықтарының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар - Алматы: АЭжБУ, 2014. - 50 б.

5В071800, 5В081200, - мамандықтарының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар.

Осы әдістемелік нұсқау студенттерге өзіндік жұмысты орындау үшін теориялық кіріспе, есептерді шешуі мысалдары ұсынылады.

Сурет - 10, әдебиет көрсеткіші - 9 атау.

Пікір беруші: тех.ғыл.канд., Башкиров М.В.

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ 2014 ж.

Кіріспе

Электротехникалық материалдардың әртүрлі электротехникалық аппараттар мен құрылғылардың құрылыстарында мәні зор.

Қазіргі кездегі электротехникадағы кернеу мен қуатты көтеруіндегі тенденцияны ескере отырып, аппараттардың және машиналардың габаритын және салмағын азартуында, олардың сенімділігін көтеруінде электроматериалдардың ролі өте жоғары.

Материалдарды электромагниттік өріске орналастырғанда материалдардан өтетін физикалық құбылыстарды оқу, сонымен қатар материалдардың қасиеттерін, электротехникалық конструкцияларда және өндірістік технологиялардағы қолдану саласын оқыту бәрі «Электротехникалық материалтану» пәнінің міндеттері болып саналады.

Осы пәннін түсінігі Физика, Химия, Электрлік өлшеулер, Электротехниканың теориялық негіздері пәндерінің базасында құрлысады.

«Электротехникалық материалтану» пәнінің 5В081200- «Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету» және 5В071800- «Электр энергетикасы» базасындағы мамандар үшін оқу жоспарында аудиториялық, лабораториялық сонымен қатар 2 семестрлік есептеу жұмыстарды орындау алдын ала ескерілген. Теориялық заңдылықтарды терең түсінуі, физикалық шамалардың сандық сипаттамаларын бағалап үйрену, практикалық жүйеден СИ жүйесіне және СИ жүйесінен практикалық жүйесіне ерікті ауыстыру, әртүрлі көрсеткіштерді анықтау мақсатымен анықтама әдебиеттерімен қолдануы - барлығы осы сабақтардың мақсаты болып табылады.

Әдістемелік нұсқау барлық сұрақтар мен есептерді шығару әдістерін көрсететін курстың бөлімдеріне сәйкес мысалдардың шешімін шығаратын нұсқау болып саналады, сонымен қатар диэлектриктер, өткізгіштер, жартылай өткізгіштер және магниттік материалдар үшін есептеудің мысалдары жиналған. Берілген басылымның негізгі мақсаты электротехникалық материалдардың практикалық қолдануымен инженерлерге керекті сұрақтардың шешімінің дағдыларын табу болып табылады.

Есептерді шығару үшін әдебиет тізімде керекті болжам толық көлемінде берілген.

Өзіндік жұмыстың көлемі мұғалімнің шешімімен мөлшерленеді.

1 Есептеу-сызба жұмыс №1. Электр аппараттарының және электр қондырғыларды жасауға қолданылатын электрлік материалдар

ЕСЖ №1 мақсаты: электртехникалық материалдардың сандық мінездемелерін және қасиеттерін оқып үйрену.

ЕСЖ №1 мазмұны

Нұсқаға сәйкес (оқытушының тапсырмасы бойынша) аппараттың құрылысын жұмыс істеу принципін және қолданылуын суреттеу керек (кітаптан суретті алуға болады (2-3 бет)).

Аппараты жасаған кезде қолданылатын электр техникалық материалдардың сандық мінездемелерін және қасиеттерін суреттеу керек (5-6 бет).

Есептеу - сызба жұмыс №1 арналған тапсырма

1. Тіректер, өтпелі және ілмелі изоляторлар.
2. Комплекті токты сымдар.
3. У-220 типті бакты майлы ажыратқыштар.
4. ВМП -10 типті аз майлы ажыратқыштар.
5. МГГ-10 титті аз майлы ажыратқыштар.
6. ВВБ -110 типті ауалы ажыратқыштар.
7. ВНВ -220 типті ауалы ажыратқыштар.
8. ВВГ-20 типті ауалы ажыратқыштар.
9. Элегазды ажыратқыштар.
10. ВВТЭ-10 типті вакумды ажыратқыштар.
11. ВЭМ-10типті электр магнитті ажыратқыштар.
12. РВР типті айырғыштар.
13. РНДЗ типті айырғыштар.
14. КЗ-35 типті қысқа тұйықтағыштар.
15. Жүктеме ажыратқыштары.
16. Кварцті сақтандырғыштар.
17. А сериалы автоматты ажыратқыштар.
18. Э сериялы автоматты ажыратқыштар.
19. АВМ сериялы автоматты ажыратқыштар.
20. АС сериялы электр магнитті контактор.
21. ПАЭ сериялы магнитті пускатель.
22. РВН типті айырғыштар.
23. КЭ серия толтырылған элегазды қысқа тұйықталулар.
24. ОЭ-110 типті элегаз толтырылған бөлгіштер.
25. ПВТ сериясын автогазды түрде доғаны сөндіруге арналған сақтандырғыштар.
26. С-35 типті майлы, бакты ажыратқыштар.
27. ВГМ-20 сериялы ажыратқыштар.
28. ТПОЛ типті ток трансформаторлары.
29. ТПЛ типті ток трансформаторы.
30. ТШЛ типті ток трансформаторы.
31. ТФЗМ типті ток трансформаторы.

32. НОМ сериялы кернеу трансформаторы.
33. НТМИ сериялы кернеу трансформаторы.
34. НОЛ сериялы кернеу трансформаторы.
35. НКФ типті кернеу трансформаторы.
36. ТФН типті ток трансформаторы.
37. РБ сериялы типті 3-фазалы ток тежеу реакторы.
38. Синхронды генератор.
39. Гидрогенератор.
40. ТГВ сериялы турбогенератор.
41. ТДТН 3-орамды 3 фазалы күштік трансформаторы.
42. АОДЦТН сериялы бір фазалы автотрансформатор.
43. КСВ сериялы синхронды компенсатор.
44. Қ.Т. роторлы асинхронды қозғалтқыш.
45. Фазалы роторлы асиннхронды қозғалтқыш.
46. Синхронды қозғалтқыштар.
47. Тұрақты ток генераторы.
48. СК-6 типті аккумуляторлары.
49. СН-10 типті аккумуляторлары.
50. АТДЦТН сериялы 3 фазалы автотрансформаторлар.
51. РВС типті вентелді разрядниктер.
52. РВМГ типті магнитті-вентельді разрядник.
53. Құбырлы разрядник.
54. Жалғаушы және соңғы муфталар.
55. Жоғарғы вольтті кабелдер.
56. Май толтырылған жоғарғы вольтты кабелдер.
57. Газ толтырылған жоғарғы вольтты кабелдер.
58. Қысымы бар газды немесе майлы болаттан жасалған құбыр-сымды жоғарғы вольтты кабелдер.
59. 6,3 кВ-қа арналған күштік конденсаторлары.
60. Қағаз-майлы оқшаулама типті өтпелі конденсаторлы изолятор.
61. Оқшаулама және АТҚ-ң оқшауламалары, және құрылысы.
62. АЭБЖ-ң оқшауламасы.
63. Балқыма сақтандырғыштар, 1000 В дейінгі.
64. Шина және аппараттар контакторы.
65. ВМП-10 ажыратқышы бар КРУ шкафы.
66. ВМПЭ-10 ажыратқышы бар К-XXVII сериялы КРУ шкафы.
67. ВММ-10 ажыратқышы бар К-34 сериялы КРУН шкафы.
68. ВК-10 ажыратқышы бар К-47 сериялы КРУН шкафы.
69. Элегазды оқшауламасы бар 110кВ комплекті ТҚ.
70. АТҚ-35 ірі блокты оқшаулатқыш.
71. ТҚ ток өткізу бөлшектері.

72. 1-10 кВ кернеуге арналған резенкелі оқшаулатқыш күштік кабелдері.

73. Қатты конденсаторлы диэлектриктер: слюда, керамика және әйнектер.

74. Сегнет электрлі керамикалы айнымалы сиымдылықты конденсаторлар.

75. Кабелдерді шығарған кезде қолданылатын оқшауламалы материалдар.

76. Эмальді, қағазды, пластмассалы оқшауламалы орамды сымдар.

77. 1-10 кВ кернеуге арналған қағазды оқшаулама сіңдірілген күштік кабелдер.

78. Төрт орамалы күштік кабелдер.

79. 20-35 кВ- ті кернеулі газ оқшаулама сіңірген күштік кабелдер.

80. 110-525 кВ кернеуге арналған май толтырылған кабелдер.

81. 1-10 кВ кернеуге арналған пластмасса оқшауламалы күштік кабелдер.

82. 35-110 кВ кернеуге арналған пластмассалы оқшауламалары жоғарғы вольтті күштік кабелдер.

83. УПС-35У типті автогазды ажыратқыштар.

84. ВВК-35Б типті вакумды ажыратқыштар.

85. ВЭ-10-40 электр магнитті ажыратқыш.

86. ВВБК ауалық ажыратқыш.

87. ВМТ-110 типті аз майлы ажыратқыш.

88. ВГМ-20 ажыратқыш.

89. Өлшеуіш ток трансформаторы.

90. РПД-500 типті ілмелі айырғыштар.

91. РВК-20 типті сырғанаушы айырғыштар.

92. 110 кВ 2 орамды трансформатордың оқшауламасы.

93. Тұрақты ток генераторы.

94. 4А сериясының асинхронды қозғалтқышы.

95. Тұрақты ток қозғалтқышы.

96. Май толтырылған жоғарғы вольтты кірістер.

97. Жарықтандыру шамдары.

98. Полимерлі оқшаулатқыштар.

99. Электр беріліс желілерге арналған изоляторлар.

100. Сымдарға арналған оқшауламалар.

2 Есептеу – сызба жұмыс №2. ЭТМ бойынша есептер

Есептеу – сызба жұмыс №2 мақсаты: студент электр асппаптарының электр қондырғыларын дайындауға қолданылатын электр техникалық материалдардың сандық мінездемесін анықтау тәсілін білу қажет.

ЕСЖ №2 нұсқаға сәйкес берілген есептен тұрады. Студент әр тақырыптың бір есебінен шығарыды. Барлық тақырып 9. Нұсқа номері фамилияның бірінші әріпі бойынша және 1 кестедегі сынақ кітапшасының соңғы номері бойынша таңдалады. Мысал ретінде әр тақырыпта 2-3 есептің шығару жолы қарастырылған.

2.1 Диэлектриктердің физикасы.

2.1.1 Диэлектриктер өрістенуі (поляризация)

Диэлектриктерге электр өрісі әсер еткен кезде, әлсіз байланған диэлектриктің дипольды молекулаларының өріспен бағыттасқанын немесе зарядттардың шекті ығысуын өрістену деп ұсынуға болады. Өрістенудің дәрежесін конденсатор астарынын орталарында диэлектрик орналасқан немесе орталарында вакуум орналасқан болса, осы зарядтың қатынасымен бағалауға болады. Бұл қатынасты заттың салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі деп атайды - ε.

ε - өрістену құбылысының сандық сипаттамасы: ол диэлектриктің сыйымдылығын көрсетеді. ε шамасы диэлектрикте өтетін физикалық процесстердің сипаттамасы негізгі тендеулер қатарына жатады. ε шамасын қолданып, өрістенуі P (Кл/м), екі бірдей зарядтың әсерлесу күшін Ғ (Н), электрлік ығысуды D (Кл/м), нақты зарядтар арқасында пайда болатын өрістің кернеулігін, көп қабатты оқшауладағы өрістін кернеулігін және т.б. анықтауға болады.

Әр тақырыпқа сәйкес мысалы ретінде 2-3 есептің шешімі көрсетілген.

1 есеп.

Композициялық диэлектрик хаос қосылған екі компоненттен тұрады. Бірінші компоненттің көлемі 1-40 %, ал екіншісі 2-60 % тең. Егер де бірінші компоненттің диэлектрлік өтімділігі $\varepsilon_1 = 3$, ал екіншісінің $\varepsilon_2 = 3$ тең болған кезде, композициялық диэлектриктің диэлектрлік өтімділігін ε_1 анықтау керек.

1 кесте- Тапсырма нұсқалары

Студенттің Фамилиясының бірінші әріпі	Сынақ кітапшасының соңғы саны	Тақырып №								
		Есеп номері								
А,Б,	0	1	10	5	18	16	3	27	22	1
В,Г,	1	2	11	7	1	17	4	1	25	2
Д,Е,	2	3	13	11	2	18	5	2	26	3
Ж,З,	3	4	14	12	5	19	6	3	29	5
И,К,	4	5	15	14	6	8	7	4	1	6
	5	6	4	15	8	1	8	6	2	7
	6	7	1	1	10	2	9	8	3	8
	7	8	2	2	13	3	12	1	5	9
	8	11	3	3	15	4	15	2	6	10
	9	12	4	5	18	5	16	3	7	12
Л,М,	0	13	5	7	1	6	21	4	11	13
Н,О,	1	14	6	11	2	8	22	6	12	14
П,Р,	2	15	7	12	1	12	23	8	18	15
С,Т,	3	16	8	14	2	13	24	9	21	1
У,Ф,	4	17	9	15	5	14	25	10	22	2
	5	21	10	5	6	16	3	11	25	3
	6	22	11	7	8	17	4	13	26	5
	7	23	13	1	10	18	5	14	29	6
	8	24	14	2	13	19	6	15	12	7
	9	25	15	3	15	1	7	16	1	8
Х,Ц,	1	27	1	5	18	2	8	17	2	9
Ч,Ш,	2	29	2	7	1	3	9	18	3	10
Щ,Э,	3	1	3	11	2	4	12	19	5	12
Ю,Я	4	2	4	12	5	5	15	20	6	13
	5	3	5	14	6	6	16	21	7	14
	6	4	6	15	8	8	21	22	11	15
	7	5	7	1	10	12	22	23	12	16
	8	6	8	2	13	13	23	24	18	22
	0	27	1	14	8	5	12	20	3	12
	9	7	9	3	15	14	24	25	21	25

$$\varepsilon^N = \varepsilon_1^* \cdot \varepsilon_1^N + \varepsilon_2^* + \varepsilon_2^N, \qquad (1)$$

мұндағы ε_1 - қоспаның бірінші компоненті салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі;

ε_2 - қоспанын екінші компонентгінің өтімділігі;

θ_1 - қоспаның бірінші компоненттінің көлемдік концентрациясы;

θ_2 - қоспаның екінші компоненттінің көлемдік концентрациясы;

X - компоненттерді үлестіру константасы.

Компонентердің хаостық үлестіруінің дербес жағдайында

$$\ln \varepsilon = \theta_1 \cdot \ln \varepsilon_1 + \theta_2 \cdot \ln \varepsilon_2$$

$$\ln \varepsilon = 0{,}4 \cdot \ln 3 + 0{,}6 \cdot \ln 8 = 1{,}687. \qquad (2)$$

$$\varepsilon = 5{,}4.$$

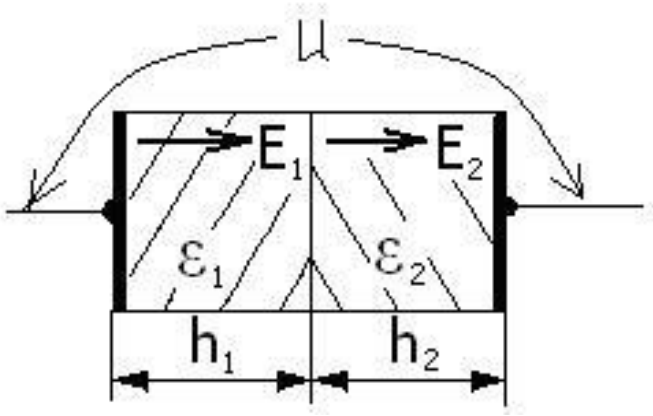
Жауабы: $\varepsilon = 5{,}4.$

2 есеп.

Екі қабат диэлектрик айнымал кернеуге қосылған. Бірінші қабатта кернеу $U_1 = 4{,}5$ кВ, екіншісінде $U_2 = 9$ кВ, қабаттардың қалыңдығы 0,5 мм және 2 мм тең. Егер екінші қабаттың диэлетрик өтімділігі - 6-ға тең болса, бірінші қабаттың диэлектрик өтімділігін анықтау керек.

Шешуі.

1-суретте екі қабат конденсатордың қарапайым жағдайы көрсетілген.



1 сурет – Екі қабатты конденсатор

Екі қабат диэлектрик үшін

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}, \qquad (3)$$

мұндағы E_1 - бірінші қабаттағы өріс кернеулігі, В/м;

E_2 - екінші қабаттағы өріс кернеулігі.

E_1 және E_2 конденсатордың арасындағы кернеуі – U, қабаттардың қалыңдықтары h_1 мен h_2 және қабаттардың салыстырмалы өтімділіктер ε_1 мен ε_2 арқылы анықталады

$$E_1 = \varepsilon_2 \frac{U}{h_1\varepsilon_2 + h_2\varepsilon_1}, \tag{4}$$

$$E_2 = \varepsilon_1 \frac{U}{h_1\varepsilon_2 + h_2\varepsilon_1}, \tag{5}$$

Немесе осы қабаттар кернеулерінің теңдеулері арқылы

$$U_1 = E_1 \cdot h_1 \tag{6}$$

$$U_{21} = E_2 \cdot h_2 \tag{7}$$

Осыдан

$$E_1 = \frac{U_1}{h_1} = \frac{4{,}5}{0{,}5} = 9\frac{кВ}{мм},$$

$$E_2 = \frac{U_2}{h_2} = \frac{9}{2} = 4{,}5\frac{кВ}{мм}.$$

(1.3) формуласына сәйкес

$$\frac{9}{4{,}5} = \frac{6}{\varepsilon_1};\ \varepsilon_1 = \frac{4{,}5 \cdot 6}{9} = 3.$$

Жауабы: $\varepsilon_1 = 3.$

Есептер. 1 тақырып

1. Кернеулігі 10 кВ/см электр өрісіндегі нүктенің электр материал ығысуын табыңыз.

2. Оқшауламаланған орта ауа сыйымдылығы 2 мкФ конденсатордың заряд шамасын тап, оның шықпаларының арасындағы кернеу 100 В болса.

3. Электр өрісінің кернеулігі 12 кВ/см. Байланыс зарядтың шамасын тап. Изоляциялық орта трансформаторлық май - $\varepsilon_1 = 6.$

4. Екі электродтың ара қашықтығы 0.7 мм, аудандары 10 см^2 бірқабатты тегіс конденсатордың сыйымдылығын тап. Диэлектрлік өтімділігі $\varepsilon_1 = 6$ - ға тең.

5. Сыйымдылығы $6 \cdot 10^{-10}$ Ф тең тегіс конденсатор 200 кВ кернеуге қосылған. Изоляция қабатындағы $\varepsilon_1 = 6$ және пластина пішіні S=1м^2 тең Д-электрлік ығысуын тап.

6. Екі қабатты диэлектрик айнымалы кернеуге $U_1 = 12кВ$ тең қосылған. 1-ші қабаттың қалыңдығы 1мм, 2 - ші қабаттың қалыңдығы 4 мм. Егер де 2-ші қабат $\varepsilon_2 = 5$ тең болса, 1-ші қабаттың ε_1 тап.

7. Конденсатордың сыйымдылығын мкФ пен анықтау керек, егер $f = 50Гц$ болғанда конденсаторы бар тізбекте ток 5 мА-ге тең болса, ал кернеуі 400 В-қа тең болса.

8. Конденсаторлық керамиканың T ε - сін анықтау керек, егер температураны -40ºС-тан +60 ºС-қа дейін жоғарылатқанда, сыйымдылық 104,5 пФ – тан 97,0 пФ - қа дейін кемісе $(TK\varepsilon = 3 \cdot 10^{-6} к^{-1})$.

9. Абсорбция тоғымен жүретін және диэлектриктің ішіндегі энергия шығындарымен сипатталынатын поляризацияның түрлерін анықтау керек.

10. Диэлектриктерде электр шығынын болдырмайтын поляризация түрлеріне анықтама бер.

11. Диэлектрик өтімділігі $\varepsilon_1 = 1{,}00058$ температурасы 20ºС. Орташа температура коэффициентінің диэлектриктік өтімділігі $TK\varepsilon = -2 \cdot 10^{-6} к^{-1}.$ Өтімділікті анықта 0ºС болғанда.

12. Керамикалық материалдың қоспасы 20ºС - 80ºС - қа дейін қызады электр өтімділігі 8ºС - 60ºС - қа дейін. Кабелді керамикалық материалдың температуралық коэффициенті қаншаға тең.

13. Бейберекет қоспадан тұратын компазициялық диэлектрик екі компаненттен тұрады. Бірінші компаненттің көлемдік құрамы 40%, екінші компаненттікі 60%. Композициялық материалдың диэлектрлік өтімділігін анықтау керек, егер бірінші компанент үшін $\varepsilon_1 = 3,$ ал екінші компанент үшін $\varepsilon_1 = 8.$

14. Жазық конденсатордың пластиналарының ауданы $50 \cdot 50 мм^2$ және олардың арасы 1 мм. Берілген конденсатордың сыйымдылығын табу керек:

а) егер арасында ауа болса;

ә) егер пластиналар арасында қалыңдығы 0.5 мм болған полиэтилен пленкасы орналасқан. Ауа үшін $\varepsilon = 1,$ политэлен үшін $\varepsilon = 2,3.$

15. Пластиналар ауданы $30 \cdot 30 мм^2$ арасы 0,5 мм болған жазық конденсатордың сыйымдылығын табу керек. Пластиналар арасының 1/3-і полистиролмен, 2/3 бакелит лагымен толтырылған. Полистирол үшін $\varepsilon = 2,62,$ бакелит лагы үшін $\varepsilon = 4.$

16. Екі қабатты диэлектрик айнымалы кернеуге қосылған. Бірінші қабатта кернеу – 3 кВ, ал екінші қабатта кернеу – 9 кВ. Қабаттардың қалыңдықтары сәйкесінше 0.5 және 2 мм-ге тең. Егер екінші қабаттың диэлектрлік өтімділігі 6-ға тең болса, онда бірінші қабаттың диэлектрлік өтімділігін анықтаңыз.

17. Егер диэлектрикпен қоса берілген конденсатордың сыйымдылығы 135 пФ, пластиналардың обкладканың ауданы 200 см^2, қалыңдығы 5 мм-ге тең болса, онда кварцтық шынының салыстырмалы диэлектрлік өтімділігін анықтау.

18. Өлшенген сыйымдылықтары бойынша диэлектриктің диэлектрлік өтімділігін анықтаудың әдісін жазыңыз.

19. Электроизоляциялық материалдарды сипаттайтын қасиеттерді жазыңыз.

20. Конденсатор жасауға арналған диэлектриктің қасиеттерін жазыңыз.

21. Егер берілген диэлектрикпен конденсатор сыйымдылығы С=50 пФ, ауданы S=80 см^2, фторопластың қалыңдығы h=3 мм-ге тең болса, фторопластың салыстырмалы диэлектрик өтімділігін анықтау керек.

22. Денені 20ºС -тан 70ºС-қа дейін қыздырғанда, оның сыйымдылығы 100,5 пФ-тан 99,6 пФ-қа дейін өзгереді. Сыйымдылықтың температуралық коэффициентін анықтау керек.

23. Диэлектрлік конденсатор цирконий титанаты Т және ультрафарфор керамикалық материалдардың қоспасынан құралған. Қоспаның температуралық коэффициенті тең болу үшін, бұл бөліктердің қатынасы нешеге тең болу керек? $ТК\varepsilon_1 = 7 \cdot 10^{-3} к^{-1},$ $ТК\varepsilon_1 = 7 \cdot 10^{-3} к^{-1},$ $\varepsilon_1 = 80,$ $\varepsilon_2 = 8.$

24. Жазық конденсатор пластиналары $50 \cdot 50 мм^2$ тең. Пластиналар арасындағы ара қашықтық 1 мм. Пластиналардың арасында ауа бар деп есептеп, конденсатордың сыйымдылығын анықтау керек.

25. Компазициялық диэлектрик 40% ультрафарфор мен 60% негізгі титанат Ті керамикадан құралған. Егер де ультрафарфордың $\varepsilon_1 = 8,$ ал керамиканың Ті $\varepsilon_2 = 80$ -ге тең болса осы қоспаның салыстырмалы диэлектрик өтімділігін табыңыз.

26. Аргонның температуралық коэффициенті $TK_r = -(\varepsilon - 1)/T$ - ға тең болса, ал 20º-та диэлектрик өтімділігі $\varepsilon = 1{,}00043$, аргонның 100º - ғы диэлектрлік өтімділігін анықтау керек.

27. 20º-да номиналдық сыйымдылығы 0,01 мкФ-ға тең екі заттан жасалған (полистирол-поликарбонат) конденсатордың, температура 20º $_т$ан +65º -ға дейін өзгерген кезде, сыйымдылығының салыстырмалы өзгеруін есептеу керек.

28. Комбинирлі диэлектрик поликарбонатты пленкадан, оның қалыңдығы $h_1 = 20 мкм$, $\varepsilon_1 = 3{,}0$, $TK_{r1} = 50 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ және де полиэтилентерефталат қабатынан, оның қалыңдығы $h_2 = 1{,}0 мкм$, $\varepsilon_2 = 3{,}3$, $TK_{r2} = 200 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ тұрады. Осы диэлектрикпен берілген күш конденсаторының сыйымдылығының температуралық коэффициентін есептеу керек:

а) диэлектрик қабаттары тізбектей қосылған кезде;

б)диэлектриктің қабаттары параллель қосылған кезде.

Бөлме температурасымен байланысты конденсатордың номиналды сыйымдылығы 0,01 мкФ тең.

29. Полиэтиленнен жасалған тұтас оқшауламасы бар коаксиалды кабельдің ішкі сымының диаметрі 1 мм және оқшауламаның сыртқы диаметрі 7 мм тең. Бір метр кабельге байланысты сыйымдылығын (пикофарадта) анықтау керек. Полиэтиленнің диэлектрлік өтімділігі 2,3 тең.

2. 2 Диэлектриктердің электрөткізгіштігі

Электр тізбегіне диэлектригі бар конденсатор қосылған, тізбекті тұйықтағанда уақытысында өзгермейтін кернеудің әсерімен диэлектриктің көлемі мен бетінен ток ағыны өтеді.

$$I\gamma = Iv + Is, \tag{8}$$

мұнда Iv - көлемдік ток, А;

Is - беттік ток, А.

$I\gamma$ - ток ағыны орнатылған мәніне жақындаған сайын өше бастайды (өйткені поляризациялық процесстер өшеді).

Қатты изоляциялық материалдарда өткізгіштердің екі түрін ажыратуға болады, олар беттік және көлемдік өткізгіштер, салыстырмалы бағалау үшін меншіктік көлемдік - $P\gamma$ және меншікті беттік - Ps кедергілердің мәндері қолданылады.

$$P\gamma = Rv \cdot \frac{S}{h}, \tag{9}$$

мұнда $Rv = \frac{U}{I\gamma}$ - кернеу U(В) қосылған кездегі диэлектриктің көлемдік кедергісі, Ом;

S және h - электродтың ауданы, м^2 және мысылдың қалыңдығы, м;

Pv СИ жүйесіндегі $Ом \cdot м$ бірлігінде өлшенеді.

$$ps = Rs \cdot \frac{d}{l}, \qquad (10)$$

мұндағы $Rs = \frac{U}{Is}$ - кернеу U(В) қосылған кездегі диэлектриктің беттік кедергісі, Ом;

d – диэлектриктің бетіндегі электродтардың ені, м;

l – электродтардың арасындағы ара қашықтығы, м;

ρs - СИ жүйесіндегі Ом бірлігінде өлшенеді.

1 есеп.

Электроизоляциялық шыныдан 30 мм-лік қабырға кубтің екі қарама-қарсы қырына элетрод ретінде металлдан қабырға жабыстырылған. Шынының $\rho_v = 8 \cdot 10^{12} Ом \cdot м$, $\rho_s = 101 Ом.$ 2 кВ тұрақты кернеу осы кубқа әсер етеді. Осы кубтан өтетін қалыптасқан токтың мөлшерін анықтаңыз.

Шешуі.

Ом заңы бойынша

$$I = \frac{U}{R},$$

мұндағы R – екі параллельді кедергіні түрлендіру заңы бойынша табылған кубтың толық кедергісі:

$$R = \frac{Rv \cdot Rs}{Rv + Rs}.$$

(1.9) формуласынан

$$Rv = \frac{\rho v \cdot h}{S} = \frac{8 \cdot 10^{12} \cdot 30 \cdot 10^3}{0{,}9 \cdot 10^3} = 2{,}66 \cdot 10^{14} Ом.$$

(1.10) формуласынан

$$Rs = \frac{\rho s \cdot l}{d} = \frac{10^{11} \cdot 30 \cdot 4 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3} = 1{,}2 \cdot 10^{11} Ом.$$

$$R = \frac{2{,}66 \cdot 10^{14} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{11}}{2{,}66 \cdot 10^{14} + 1{,}2 \cdot 10^{11}} = 1{,}19 \cdot 10^{11} Ом.$$

$$I = \frac{2 \cdot 10^3}{1{,}19 \cdot 10^{11}} = 1{,}68 \cdot 10^8 A.$$

Жауабы: $I = 1{,}68 \cdot 10^8 A.$

2 есеп

Керамикалықконденсатор $(\varepsilon = 15) \cdot 1{,}7 кВ$ кернеу көзінен зарядталып ажыратылып қойған. 8 минуттан кейін потенциалдар айырмасы 170 В тең болған. Конденсатордың диэлектригің ρ_v анықтау керек.

Шешуі.

τ уақыттан кейін конденсаторды кернеу тізбегінен ажыратып тастағаннан кейін, конденсатордың электродтарындағы кернеуді былай анықтауға болады.

$$U = U_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}, \qquad (11)$$

мұндағы U_0 - конденсатор зарядталғанға дейінгі кернеу $(\tau = 0)$, В;

$\tau_0 = R_{ИЗ} \cdot C$ - конденсатордың өзінің разрядталу уақытының тұрақтысы, с;

$R_{ВР}$ - оқшауламаның кедергісі, Ом;

С – конденсатордың сыйымдылығы, Ф.

$$\tau_0 = R_{из} \cdot c = \rho_v \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon. \qquad (12)$$

Осыдан: $\rho_v = \frac{\tau_0}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon}$.

$$\frac{U}{U_0} = e^{\frac{\tau}{\tau_0}}; \ \ln\frac{U}{U_0} = \frac{\tau}{-\tau_0}; \ \tau_0 = -\frac{\tau}{\ln\frac{U}{U_0}} = \frac{480}{\ln\frac{170}{1700}} = -\frac{480}{-2{,}3} = 208{,}7c.$$

$$\rho v = \frac{208,7}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 15} = 1,57 \cdot 10^{12} Ом \cdot м.$$

Жауабы: $\rho v = 1,57 \cdot 10^{12} Ом \cdot м.$

Есептер. 2 тақырып

1. 20ºС - та конденсаторлық керамиканың өткізгіштігі $\gamma_0 = 10^{-13}$ См/см. Егер температуралық коэффициент ТК $\gamma_0 = 0,8$ тең болса, 250 ºС өткізгіштігі қандай болады?

2. Микаленстен жасалған қабырғалары 20 мм кубиктің қарама-қарсы қырына электрод ретінде металлдан қабаттар жабыстырылған. Осы электродтар арқылы кубик электр тізбекпен қосылады. Микаленстің $\rho v = 10^{21} Ом \cdot см,\ \rho v = 1,57 \cdot 10^{12} Ом \cdot м.$, 2 кВ тұрақты кернеуге кубикте берілгенде өтетін қалыптасқан токтың мөлшерін анықтаңыз.

3. Егер 10 кВ тұрақты кернеуде конденсатор арқылы өтетін токтың шамасы $5 \cdot 10^{-7} A$ болса, сол жазық конденсатордың диэлектригін меншікті көлемдік кедергісін анықтау керек. Диэлектриктің қалыңдығы 0,2 мм, әр жақтағы пластиналардың көлемі 25 см^2 (беттік ағынды ескермеңіз).

4. Сыртқы диаметрі 50 мм, ішкі диаметрі 35 мм, биіктігі 125 мм, меншікті көлемдік кедергісі $3 \cdot 10^{11} Ом \cdot см$ және меншікті беттік кедергісі $2 \cdot 10^{11} Ом$ - ға тең қуыс цилиндр металдық электродтар арасына қысылып қойылды. Электродтарға тұрақты тоғтың 1500 В кернеуі берілді. Цилиндр арқылы өтетін токты және қуаттын шығындарын анықтау керек.

5. Керамикалық конденсатор $(\varepsilon = 12) \cdot 1,5$ кВ кернеу көзінен зарядталған және ажыратылып қойылған. 10 минуттан кейін потенциалдар айырмасы 150 В тең болған. Конденсатор диэлектригін ρ_v анықтау керек.

6. Жазық конденсатор диэлектригінің сипаттамалары мынадай: $\rho_v = 10^{13}$ Ом; $\varepsilon = 5.$ Конденсатор обкладкаларының өлшемі $50 \cdot 50 см^2$, диэлектриктің қалындығы 25 мм, 5 кВ тұрақты кернеудегі ток ағынының шамасын анықтау керек.

7. Жазық конденсатор диэлектригінің меншікті көлемдік кедергісі $\rho_v = 10^{13} Ом \cdot см$ және оқшауламаның толық кедергісі $R_{из} = 10^{10}$ Ом-ға тең. Диэлектрик кедергісінің беті 3 мм тең. Электроды бар кедергісінің беті $50 \cdot 50 см^2$, ал диэлектриктің қалыңдығы 3 мм-ге тең. Меншікті беттің кедергісінің шамасын ρ_s және конденсатордың беттік ток ағыны I_s өтетін диэлектриктің беттерін көрсетіңіз.

8. Конденсатордың жазық бетінде вазелин арқылы алюминдік фольгадан жасалған екі паралель сызықтар жабыстырылған. Диэлектриктің кедергісін анықтау керек, егер оның меншікті кедергісі $\rho_s = 10^{13}$ Ом, сызықтардың ара қашықтығы 2 см, ұзындығы 5 см. Электродтардың өлшемі және беттік кедергілерінің өлшеуінің принциптік сұлбасының суретін көрсет.

9. Жиілік 1 МГц болса полистиролдың параметрлері мынаған тең: $\varepsilon = 2{,}6; \quad tg\delta = 4{,}5 \cdot 10^{-4}, \quad \rho_v = 10^{16} Ом \cdot см.$ Айнымалы кернеу көзіндегі полистиролдың меншікті кедергісін анықта. Не үшін $\rho_{v*} =\lhd \rho_v$ түсіндіріңіз.

10. Егер конденсатор обкладкаларының ауданы $1{,}55 \cdot 10^{-3} м^2$, диэлектриктің қалыңдығы $2{,}55 \cdot 10^{-3} м$ және оның меншіктік көлемдік кедергісі $\rho_v = 10^{12} Ом \cdot м$ тең болса, 600 В тұрақты кернеу берілген жазық конденсатордың ток ағынын есептеу керек.

11. Эбониттен жасалған кубтың екі қарама-қарсы қырының ауданы $5 \cdot 10^{-2} м$ қабырғаларына металдан жұмыс атқаратын электродтардың қабаттары жапсырылған. Осы металдық қабаттар арқылы куб электр тізбегіне қосылады. Егер осы эбонит үшін, кернеу тұрақты 200 В болса, куб арқылы тесу ток ағынын және қуаттың шығындарын анықтау керек.

12. Қатты диэлектриктердің меншікті көлемдік кедергілерін өлшеген кездегі, қорғаныс сақинаның мәні қандай?

13. Берілген кернеу 3 кВ, ал өлшенген көлемдік токтың мөлшері $l_v = 3 \cdot 10^{-7} A.$ Осы жазық конденсатордың диэлектригінің көлемдік кедергісін есептеу керек.

14. Берілген кернеу 2 кВ, ал өлшенген беттік токтың мөлшері $l_s = 2 \cdot 10^{-8} A.$ Осы жазық конденсатордың диэлектригінің беттік кедергісін есептеу керек.

15. Куб қабырғасымен 15 мм диэлектрик арқылы өтетін, көлемдік тығыздығының кедергісі $10^{16} Ом \cdot м$ және аудандық тығыздығының кедергісі $3 \cdot 10^{15} Ом$ екі қарама-қарсы шекарасы бар. Осы электродтың тұрақты кернеу U=2000 В. Куб арқылы өтетін жоғарғы токты табу керек.

2.3 Диэлектрлік шығындар

Диэлектрлік шығындар – диэлектрикке электр өрісі әсер еткен кезде диэлектриктердегі қуаттың сейілу соның нәтижесінде диэлектриктің қызуына алып келетін қуат.

Электр тізбегіндегі реалды диэлектрикте ток пен кернеу фазаларының арасындағы ығысу φ - бұрышы және 90º- тан кіші бұрышына тең болады. Ығысу бұрышы φ - ді 90º толықтыратын бұрышты, диэлектрлік шығындар

бұрышы - δ деп атаймыз. Диэлектриктерді салыстыру үшін $tg\delta$ - салыстырмалы сипаттамасы қолданылады, ол актив токтардың реактив токтардың қатынастарына тең

$$tg\delta = \frac{P}{Q}, \tag{13}$$

$tg\delta$ актив қуаттардың шығындары пропорционалды - Р, Вт, қуатты осы формуламен анықтауға болады.

$$P = U^2 \cdot \omega \cdot c \cdot tg\delta, \tag{14}$$

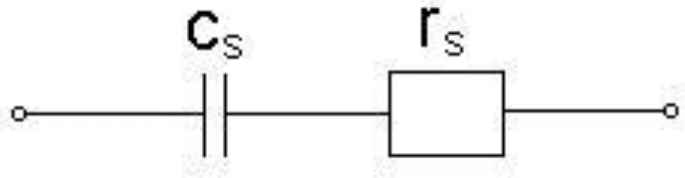
мұндағы U - берілген кернеу,В;

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ - бұрыштық жиілік, с;

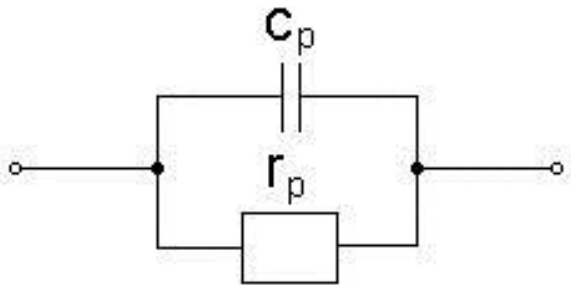
f - өріс жиілігі, Гц;

С - диэлектриктің сыйымдылығы, Ф.

Берілген диэлектрикпен конденсатордың орынбасу сұлбасын 2 және 3 суреттерге сәйкес тізбектей немесе параллель активті кедергімен қосылған идеалды конденсатор деп келтіруге болады.



2 сурет - Тізбектей орынбасу сұлбасы



3 сурет - Параллельді орынбасу сұлбасы

Сұлбаның параметрлері арқылы осы сұлбаларға байланысты $tg\delta$

$$tg\delta = \omega \cdot C_s \cdot r_s, \tag{15}$$

$$tg\delta = \frac{1}{\omega \cdot C_p \cdot r_p}. \tag{16}$$

1 есеп

Керамикалық конденсатор $f = 50000$ Гц жиілігінде жұмыс істейді. Өріс кернеулігінің әсер етуі $E = 10^{-3}$ В/м. Керамиканың сипаттамалары $tg\delta = 2 \cdot 10^{-2}$, $\varepsilon = 8$. Осы керамикалық конденсатордың меншікті қуат шығындарын есептеу керек.

Шешуі.

Меншікті диэлектрик шығындарының өрнегі, яғни диэлектриктің бірлік көлеміндегі қуаттың сейілуі мына формуламен анықталады

$$p = \frac{P}{V} = \frac{E^2 \cdot \varepsilon \cdot f \cdot tg\delta}{1{,}8 \cdot 10^{10}}, \tag{17}$$

яғни:

$$p = \frac{10^6 \cdot 8 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{1{,}8 \cdot 10^{10}} = 0{,}44 \frac{Вт}{м^3}.$$

Жауабы: $p = 0{,}44 \frac{Вт}{м^3}$.

2 Есеп

Жазық конденсаторда электродтардың ауданы 80 см^2, арасындағы арақашықтығы 1 мм тең. 3000 В кернеудегі, 50 Гц және 50 кГц жиілігіндегі конденсаторда диэлектрлік шығындардың шамасын табу керек. Конденсатордың диэлектригі - слюда: $\varepsilon = 6$, 50 Гц жиілігінде $tg\delta = 1{,}5 \cdot 10^{-2}$,, ал 50 кГц жиілігінде $tg\delta = 2 \cdot 10^{-3}$ тең.

Шешуі.

Конденсатордың сыйымдылығы

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \frac{S}{h} 6 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{80 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-3}} = 1{,}41 \cdot 10^{-14} Ф,$$

$$P_1 = U^2 \cdot \omega \cdot c \cdot tg\delta = 3000^2 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}41 \cdot 10^{-10} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-2} = 5{,}98 \cdot 10^{-3} Вт.$$

$$P_2 = 3000^2 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50000 \cdot 1{,}41 \cdot 10^{-10} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0{,}797 Вт.$$

Жауабы: $P_1 = 5{,}98 \cdot 10^{-3} Вт,\ P_2 = 0{,}797 Вт.$

Есептер. 3 тақырып

1. Жазық конденсатордың диэлектригі параллельді орынбасу сұлбасымен берілген. Егер С=100 пФ, R=7,96·10^9 Ом, $f = 50$ Гц болса, осы сұлбаға байланысты $tg\delta$ анықтау керек.

2. Диэлектригі Т-150 типті материал болатын керамикалық конденсатордың сыйымдылығы $9 \cdot 10^{-10} Ф.$ Кернеуі 3000 В, $tg\delta = 0{,}005,$ жиіліктері 50 Гц және 50 кГц болғанда осы конденсатордың диэлектрлік шығынын анықтау керек.

3. Радиотехникада қолданылатын (диэлектригі - ауа) әсер етуші кернеулігі Е=10 В/см, $tg\delta = 10^{-6},$ 1 МГц жиілікте жұмыс істейтін айнымалы сыйымдылық конденсаторының меншікті шығынын Р табу керек.

4. 100 В кернеуге қосылған жиілігі 10 МГц, сыйымдылығы 100 ПФ кондснсатор арқылы $7{,}284 \cdot 10^{-4} А$ ток журеді. Активтік сыйымдылық токтарды және құраушыларын, диэлектриктің параллель алмастыру сұлбасысының $r_П$ актив кедергісін және сапалығын есептеу керек.

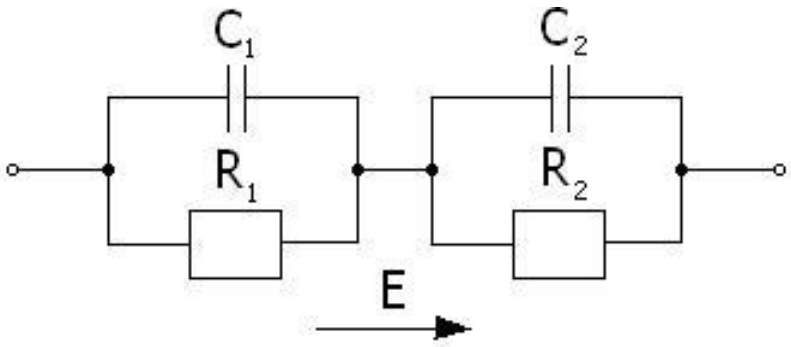
5. Капронды лакотканың $tg\delta$ және ε анықтау керек. Капронның шайыр мен көлемдік қатынасы 2:1. Капронның $tg\delta = 0{,}01,$ шайырдың $tg\delta = 0{,}03$ тең. Капроннын диэлекрлік өтімділігі $\varepsilon = 4,$ шайырдың диэлектрлік өтімділігі $\varepsilon = 6$ тең.

6. 25 МГц жиілігіндегі айнымалы және тұрақты токта полиэтиленнен жасалған ұзындығы коаксиалды кабельдің 1 км оқшауламасының диэлектрлік шығындарын анықтаңыз. Өткізгіш сымның диаметрі $4{,}2 \cdot 10^{-3} м,$ оқшауламаның қалыңдығы $1{,}9 \cdot 10^{-3} м$ тең. Осы жиілікте $tg\delta$ мәні $2 \cdot 10^{-4},$ ал полиэтиленнің диэлектрлік өтімділігі $\varepsilon = 2{,}3$ жұмыс кернеуі 3 кВ, $\rho_v = 10^{15} Ом \cdot м$ тең.

7. Жазық конденсатордың келесіндей сипаттамалары бар: $\rho_v = 10^1 Ом \cdot м,\quad tg\delta = 0{,}005,\quad \varepsilon = 7.$ Конденсатор обкладкаларының өлшемдері $(0{,}2 \cdot 0{,}2) м^2,$ диэлектриктің қалындығы 0,01 м тең. Анықтаңыз: а) тұрақты 3 кВ кернеудегі конденсатордың диэлектригінде ток ағынының шамасын және сейілу қуатын, б) айнымалы 3 кВ кернеуде, 50 Гц және 50 кГц электр өрісінің жиілігінде конденсатордың диэлектригінде сейілу куатын.

Беттік ағынын есептеусіз. Диэлектриктің сипаттамалары жиіліктен тәуелсіз деп алыңыз.

8. Екі қабатты диэлектрик электродтардың арасына орналыстырылған. Осы электродтарға 14 кВ кернеу берілген. 4 суретте орынбасу сұлбасын колданып, жиілікті 0-дан ∞ - ке дейін өзгерте отырып, жиілікке тәуелді $tg\delta$ өзгеруін табу керек.

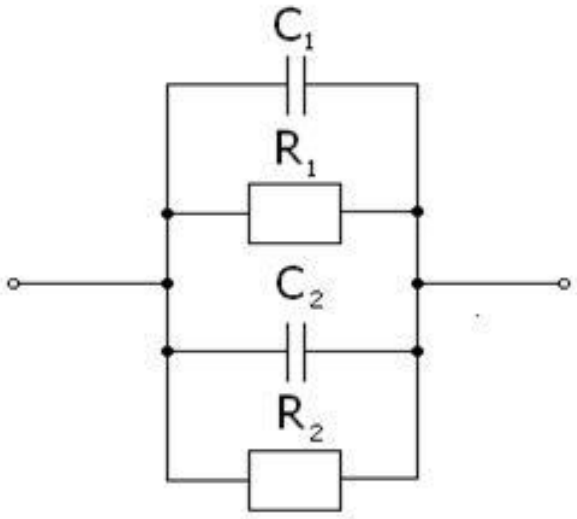


4 сурет - Екі кабатты диэлектриктің орынбасу сұлбасы

Өріс қабаттарға перпендикуляр бағытталған. $tg\delta$ максимум болған кездегі критикалық жиілікті анықтау керек.

Диэлектриктің сипаттамалары: $S_1 = S_2 = 1см^2$, $h_1 = h_2 = 1см$, $\rho_{v1} = 10^9 Ом \cdot см$, $\rho_{v2} = 2 \cdot 10^{12} Ом \cdot см$, $\varepsilon_1 = 2{,}5$, $\varepsilon_2 = 1$ тең.

9. Екі қабатты диэлектрик электродтардың арасына орналыстырылған. Осы электродтарға 14 кВ кернеу берілген. 5 суретте орынбасу сұлбасын қолданып. жиілікті 0-дан ∞-ке дейін өзгерте отырып, жиілікке тәуелді $tg\delta$ өзгеруін табу керек.



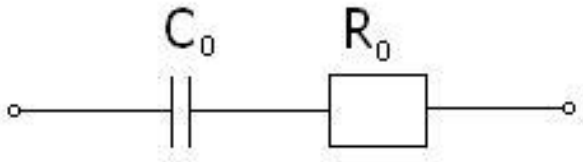
5 сурет - Екі қабатты диэлектриктің орынбасу сұлбасы

Өріс қабаттар бойымен бағытталған. $tg\delta$ максимум болған кездегі критикалық жиілікті анықтау керек.

Диэлектриктін сипаттамалары: $S_1 = S_2 = 1см^2$, $h_1 = h_2 = 1см$, $\rho_{v1} = 2 \cdot 10^9 Ом \cdot см$, $\rho_{v2} = 3 \cdot 10^{12} Ом \cdot см$, $\varepsilon_1 = 3$, $\varepsilon_2 = 1$ тең.

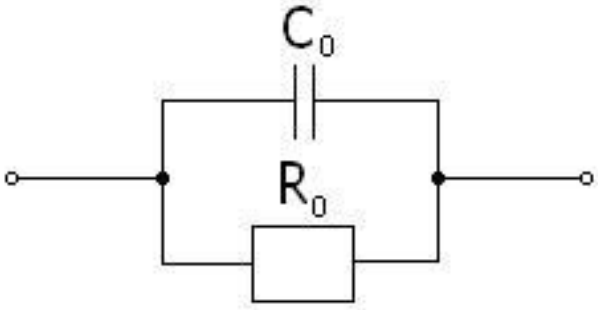
10. Эквивалентті сұлбалардың параметрлері арқылы диэлектрлік шығындардың тангенс бұрышы қалай сипатталады?

11. Суретте көрсетілген эквивалентті алмастыру сұлбасы үшін техникалық жиілікте диэлектрлік шығын бұрышының тангенсін анықтау керек. Сұлба параметрлері $C_0 = 100нФ$, $R_0 = 1 \cdot 10^{15} Ом$.



6 сурет - Диэлектриктің тізбектей орынбасу сұлбасы

12. Суретте көрсетілген эквивалентті параллель алмастыру сұлбасы үшін техникалық жиілікте диэлектрлік шығын бұрышының тангенсін анықтау керек. Сұлба параметрлері $C_0 = 800нФ$, $R_0 = 5 \cdot 10^9 Ом$.



7 сурет - Диэлектриктің параллель орынбасу сұлбасы

13. Айнымалы кернеуде диэлектрлік шығындары бар конденсаторға, электрлік кернеу U мен I токты берген кезде, олардын арасындағы қатынасын көрсететін векторлық диаграммасын тұрғызыңыз. Одан кейін сол конденсатордың эквивалентік орынбасу сұлбасын сызыңыз.

14. 100 пФ сыйымдылығы бар керамикалық конденсатордың оқшауламасының кедергісін өлшеген кезде, $R_0 = 5 \cdot 10^9 Ом$ ал $f = 1$МГц жиілігіндс өлшегенде $tg\delta = 7 \cdot 10^{-4}$ мәндерін алдық. 1 МГц жиілігіндегі эквиваленті параллельді R' кедергіні есептеп, R кедергінің мәнімен салыстырыңыз.

15. Жазық конденсатордың диэлектригі титан - цирконий Т-20 керамикасымен берілген. Оның мынандай сипаттамалары бар: $\varepsilon = 24{,}8$, $tg\delta = 7 \cdot 10^{-4}$ тең. Жазық конденсатор 50 МГц жиілігінде 1000 В кернеуіне қосылған. Диэлектриктің тізбектей орынбасу сұлбасын және кернеу мен токтың активті және реактивті құраушыларын, кедергілердің, сыйымдылықтарын санап, векторлық диаграммасын сызыңыз. Диэлектриктің қалындығы 50 мкм және электродтың ауданы 25 см^2 тең.

16. Әр түрлі диэлектриктердің (сұйық, қатты, газ) диэлектрлік шығындардың тангенс бұрышының мәні қандай болады?

2.4 Диэлектриктердің тесілуі

Тесу құбылысы - бұл электр өрісінің әсерімен диэлектрикте өткізу каналының пайда болу құбылысы.

Бұл құбылыс тесу кернеуімен - $U_{ПР}$ және электр беріктігімен $E_{ПР}$ сипатталады. Диэлектриктің тесуіне алып келетін берілген минимал кернеу, тесу кернеу - $U_{ПР}$ деп аталады.

Электр беріктік былай анықталады

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h}, \qquad (18)$$

мұндағы h - диэлектриктің қалыңдығы, м.

Іпрактикалық есептеулерде қолданатын $E_{ПР}$ ыңғайлы өлшем бірлігі кВ/мм: 1кВ/мм=10^6 В/м.

Газ, сұйық және қатты диэлектриктердің электр беріктігіне әр түрлі факторлар әсер етеді: энергия көзінің түрі, электродтардың материалы мен формасы, температура, қысым, ылғалдық, өрістің жиілігі және т.б. Электр беріктікті есептеген кезде, [1,2| берілген мағыналарға сәйкес, осы факторларды ескеру керек.

1 есеп.

Бірқалыпты электр өрісін құрастыратын жазық металлдық электродтардың арасындағы ара – қашықтығы $9 \cdot 10^{-2} м$ тең. Электродтардың арасында ауа бар. Электрод аралықтарының арасында тесілу болу үшін электродтарға қандай кернеу беру керек екендігін анықтаңыз. Ауаның электр беріктігі $3 \cdot 10^6 \frac{В}{м}$ тең.

Шешуі.

(18) формуладан бірқалыпты электр өрісінде

$$U_{пр} = \frac{E_{пр}}{h},$$

$$U_{пр} = 3 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10^{-2} = 27 \cdot 10^4 = 270 кВ.$$

Жауабы: $U_{пр} = 270 кВ.$

2 есеп.

Бірталсымды кабельдің сымыньң диаметрі 0,9 см және белдеулік оқшауламаның қалыңдығы h=11 мм тең. Оқшауламаның тесу кернеулігі 80кВ/мм.

Шешуі.

Бірталсымды кабельді цилиндрлік конденсатор ретінде алуға болады, ол үшін электр өрісінің берілген кернеу мен кернеуліктің арасындағы байланыс төменде келтірілген формуладан анықталады [2]

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}}, \qquad (19)$$

мұндағы r_1 - электродтың ішкі радиусы (осы есеп үшін сымның радиусы, см);

r_2 - электродтың сырткы радиусы.

Оқшауламаның берілген қалыңдығы h бойынша электродтың сыртқы радиусын анықтауға болады

$$r_2 = r_1 + h.$$

(19) формуладан тесу кернеу

$$U_{пр} = 270 кВ.$$

$$U_{пр} = 800 \cdot 0{,}9 \cdot 2{,}3 \cdot \lg \frac{2}{0{,}9} = 576 кВ.$$

Жауабы: $U_{пр} = 576 кВ.$

Есептер. 4 тақырып

1. Оқшауламасы ауа болатын жазық конденсатордың сыйымдылығы 100 пФ, зарядталған 2 кВ дейін. 500 см ауданы бар электродтардың арасындағы электр өрісінің кернеулігін анықтаңыз.

2. Сыйымдылығы 200 пФ конденсатор 3 кВ-қа дейін зарядталса, сол конденсатордың диэлектригінде электр өрісінің кернеулігі неге тең. Конденсатордың диэлектригі – слюда $\varepsilon = 8,$ астарының ауданы 500 см^2.

3. Миканит 25 мкм қалыңдығы 10 қабат слюдадан және 5 мкм 9 қабат лактан тұрады. 50 Гц жиілігінде миканиттің тесу кернеуін анықтаңыз. Слюланың диэлектрлік өтімділігі $\varepsilon = 8,$, лактың $\varepsilon = 4$ тең. Слюданың электр беріктігі - 75 кВ/мм, лактың - 50 кВ/мм тең.

4. Екі композициядан яғни ауа мен фарфордан тұратын диэлектриктің электр беріктік қасиетін жоғалтуды анықтау $(U_{пр})$. Ауа қабатының қалындығы 0,1 мм, фарфордыкі 5 мм. Фарфор үшін $\varepsilon = 8,$. Екі диэлектрикте жазық формалы болып келген.

5. Мына берілген факторлар $U_{пр}$ - ға қалай әсер етеді: .

а) берілген заттың қалындығы;
б) электродтардың аудандары;
в) энергия көзінің түрлері (~,--);
г) электродтардың формалары ();
д) температура, дымқылдық және механикалық кернеуі.

6. Мына берілген факторлар электроқшаулаушы майдың $U_{пр}$ қалай әсер етеді:

а) Р - қысымы;
б) Т - температура;
в) Г - жиілік;
г) майдың тазалығы;
д) электродтардың формалары мен материалдары.

7. Егер ток көздерінің арасындағы потенциалдар айырмасы 600 В болса, 0,4 мм аумақ ұзындығында электр өрісінің орташа кернеулігін анықтаныз.

8. Жерден оқшауланған конденсатор электродтарының потенциалдары ±2000В тең. Конденсатор шықпалары (выводы) арасындағы әсер етуші кернеуді табыңыз.

9. Ауада сыйымдылығы 20 нФ жеке сфера 30 кВ кернеуге дейін зарядталған. Егер сфераның радиусы 20 см болса, онда сфераның бетіндегі электр өрісінің кернеулігін анықтаңыз.

10. Егер оқшауламаның тесу кернеулігі 300 кВ/см, сымның диаметрі 15,3 мм және оқшауламаның қалыңдығы 10 мм тең болса, онда бірталсымды кабель оқшауламасының тесу кернеуін анықтаңыз.

11. Шарт бойынша бірқалыпты емес өрісте сынау кезінде қалындығы 0.8 мм бар электркартон 3,5 кВ кернеуде тесіледі. Егер электркартонның қалындығы 1,5 мм болса, онда электркартонның тесілу кернеуін табыңыз.

12. Цилиндрлі бакелит оқшаулатқыштың жылулық тесілу кернеуін анықтаңыз.

Ток өткізу оқтаушаның радиусы 2 см, оқшаулатқыштың оқшауламасының сыртқы радиусы 3 см, $f = 30 Гц, \quad tg\delta = 0{,}045,$ шығындардың өсу коэффициенті 0,045, меншікті жылу өткізгіштігі $1{,}5 \cdot 10^{-3} Вт/см \cdot град,$ электродтардан ауаға жылу берілісінің коэффициенті $0{,}001 Вт/см^2 \cdot град$ тең.

13. Егер электродтардың ара қашықтығын 1см-ден 0,01см-ге өзгертсе, нормаль қысымында ауаның электр беріктігі қалай өзгереді?

14. Қалыңдығы 0,12 мм болған конденсатор майы қабыршағының 50Гц жиілікте электр беріктігі 60 кВ/мм. Қалыпты ыдыста электродтар арасы 2,5 мм болғанда неліктен конденсатор майының электр беріктігі қабыршыққа қарағанда аз болатындығын (30 кВ/мм) түсіндіру керек.

15. Температурасы 20°С және қысымы 760 мм сынап бағасы болғанда трансформатор майының электр беріктігі ауаға қарағанда 7 есе үлкен. Берілген шарттарда майдың және ауаның электр беріктігін анықтаңыз. Майдың электр беріктігіне теңесу үшін ауа қандай қысымда болу керек?

16. Қағаз конденсаторын дайындау үшін КОН маркасына жататын конденсатор қағазын конденсатор майымен майлайды. Майлағанда қағаз конденсатордың $E_{пр}$ қалай өзгереді.

17. Майламаған конденсатор қағазының және конденсатор майының электр беріктері 35 және 20 кВ/мм тең. Қағазды маймен майлағаннан кейін оның беріктігі 50 кВ/мм дейін өседі, яғни майланбаған қағазбен майдың электр беріктіктеріне қарағанда үлкен болады. Осыны түсіндіріңіз. Беріктіктің қоры К=5 тең деп алып, қағазды конденсатордың жұмыс кернеуін - $U_{жум}$ және кернеулігін Е есептеңіз. Оқшауламаның қалыңдығы 60 мкм тең.

18. Бірқалыпты электр өрісін құрастыратын жазық металлдық электродтардың арасындағы ара - қашықтығы $9 \cdot 10^{-2} м$ тең. Электродтардың арасында ауа бар. Электродтардың арасында тесілу болу үшін электродтарға қандай кернеу беру керек екендігін анықтаңыз. Ауаның электр беріктігі $3 \cdot 10^6 В/м$ тең.

19. 40 кВ кернеулі бірталсымды кабельдің жерлестірілген қорғасын қабықшасының радиусы $3 \cdot 10^{-2} м$ тең. $0{,}6 \cdot 10^{-2}$ - дан $3 \cdot 10^{-2} м$ - ге дейін радиусты тұрақты өзгерткенде, ток өткізетін талсымның бетіндегі электр өрісінің кернеулігінің өзгеруін анықтаңыз.

20. 10 мм текстолит пластинасы үшін тесу кернеуінің шамасын анықтаңыз Материалдың сипаттамалары: диэлектрлік өтімділігі $\varepsilon = 5,$ 20°С – да $tg\delta = 0{,}05,$ ал 50°С – да $tg\delta = 0{,}1,$ меншікті жылу өткізгіштік $1{,}25 \cdot 10^{-3}\ Вт/см \cdot град$ тең. Жұмыс температурасы +40°С, жиілігі 50 Гц тең.

Ескерту: есептеуді В. Фоктың теориясы бойынша жүргізіңіз [1] с параметрін анықтағанда, электродтар өте жұқа деп есептеңіз, яғни 0 тең. Жылу берілістің коэффициентін $1{,}25 \cdot 10^{-3}\ Вт/см^2 \cdot град$ деп алыңыз. $\varphi_{(C)}$ функциясының графигі берілген [1].

2.5 Диэлектриктің электрлік емес қасиеттері

Оқшауламаның жұмыс істеу сенімділігі тек қана электрлік қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар физико-механикалық және жылулық қасиеттерімен сипатталады.

Материалдарды таңдағанда жұмыстың шарттарына байланысты барлық осы қасиеттер негізгі болып қалуы мүмкін. Мысалы, алыс қашықтыққа электр тогын беретін желі үшін оқшаулатқышты таңдағанда негізгі қасиеті оқшаулатқыш материалдың механикалық беріктігі, ал электрлік машиналарға оқшауламаны таңдағанда ең негізгі қасиеті оқшауламаның жылу төзімділігі болады. Бірақ барлық кезде, оқшауламаның электрлік сипаттамалары қанағаттандырылған болуы керек.

1 есеп.

«А» тобының лакпен сіңген мақта-матадан жасалған оқшауламасы 20 жыл жұмыс істеу мерзімі үшін рұқсат етілген (допустимая) температурасы $T^{\circ}_{ДОП} = 105^{\circ}C$ тең. Егер оқшаулама $T^{\circ}_{1} = 115^{\circ}C$ температурасында пайдаланылатын болса, жұмыс істсу мерзімі қалай өзгереді?

Шешуі.

Оқшауламаның жұмыс істеу мерзімінің ұзақтығының өрнегі

$$Z = A \cdot e^{aT^0}, \qquad (20)$$

мұндағы A - оқшауламаның берілген тұрақтысы;

a - эмпириялық коэффициент;

T° - оқшауламаның жұмыс істейтін температурасы.

Жұмыс температурасын 8°С көтергенде, оқшауламаның жұмыс істеу мерзімі екі есе кішірейетіндігі эксперименталды сынау бойынша анықталған.

Оқшауламаның салыстырмалы жұмыс мерзімі

$$Z_{отн} = \frac{Z}{Z_{доп}} = \frac{A \cdot e^{aT^0}}{A \cdot e^{aT^0_{доп}}} = e^{a(T^0_{доп} \cdot T^0)}, \qquad (21)$$

мұндағы $Z_{доп}$ - рұқсат етілген температурада оқшауламаның жұмыс істеу мерзімі.

Берілген жағдайда оқшауламаның салыстырмалы жұмыс істеуінің мерзімі

$$Z_{отн} = e^{a(T^0_{доп} - T^0)} = e^{0,088(105^0 - 115^0)} = 0,409,$$

мұндағы а =0,088 - лакпен сіңірілген оқшаулама үшін.

Сол себептен, эксплуатациялық температураны 10ºС көтерген кезде, оқшауламаның берілген жұмыс істеу мерзімі мынаған тең болады:

$$Z = 20 \cdot Z_{ОТП} = 20 \cdot 0,409 = 8,2 жс.$$

Жауабы: оқшауламаның жұмыс істеу уақыты 8,2 жылға тең болады.

2 есеп.

20°С температурасында кварц шынының динамикалық тұтқырлығы $10^{14} Па \cdot с$, ал ауаның тұтқырлығы - 0,0181 сП тең. Шынының тұтқырлығы неше есе ауаның тұтқырлығынан көп?

Шешуі.

Динамикалық тұтқырлық СИ жүйесінде $\eta \cdot (Па \cdot с)$, ал СГС жүйесінде Пуазда (П) өлшенеді: 1 $1 Па \cdot с - 10 П$.

Сондықтан СИ жүйесінде ауаның динамикалық тұтқырлығы

$$\eta = 0,0181 сП = 0,0181 \cdot 10^{-3} Па \cdot с.$$

Шынының тұтқырлығы ауаның тұтқырлығынан

$$\frac{\eta_ш}{\eta_а} = \frac{10^{14}}{0,0181 \cdot 10^{-3}} = 5,5 \cdot 10^{18}$$ есе көп.

Жауабы: шынының тұтқырлығы ауаның тұтқырлығынан $\frac{\eta_ш}{\eta_а} = 5,5 \cdot 10^{18}$ есе көп.

Есептер. 5 тақырып

1. Электротехникада қолданылатын иірілу жіптің номері қалай анықталады?

2. Материалдың қаттылығы қалай анықталады?

3. Термиалық кеңеюі дегеніміз не?

4. Өсімдік майының кебу процессінен лактардың кебу процессінің айырмашылығы неде?

5. Материалдың ескіруі дегеніміз не?

6. Кабель майының динамикалық тұтқырлығы 40 сП, ал тығыздығы $\rho = 0{,}86$ г/см^3 тең. СИ м^2/с өлшем бірлігіндегі майдың кинематикалық тұтқырлығын анықтаңыз.

7. Екі тіректе еркін жатқан ұзындығы 1 м болат аралық берілген. Оның қимасы тікбұрышты b=4 см, h=6 см тең. Материалдың ағу шегі $\delta_T = 3000$ кг/см^2 беріктік қоры k=15 тең. Болат арқалықты майыстыратын Р күшінің шамасын анықтау керек.

8. Оқтаушаның бастапқы ұзындығы 1=250 мм, ал ұзарғаннан кейінгі ұзындығы $l_1 = 50{,}5$ мм - ге тең болса, егер соның салыстырмалы ұзаруын анықтаңыз.

9. Диаметрі d=2 мм дөңгелек октауша Р=800 кг күшімен созғаннан кейін, 1-0,5 мм абсолюттік ұзаруға тең болады. Материалдың Е қатаңдығын анықтау керек.

10. ЗОООК температурсында мырыштың меншікті жылу сыйымдылығын есептеңіз.

11. температурасында мырыштың меншікті жылу сыйымдылығы қандай?

12. Тығыздығы 1,41 болатын күкірт қышқылының коспасы берілген. Тығыздығы 1,22 болатын 5 л электролит дайындау үшін, күкірт қышқылының қоспасы мен тазартылған суы канша болуы керек?

13. Тығыздығы 1,274 болатын 10 электролит дайындау үшін тығыздығы 1,84 тең қанша күкірт қышқылын алу керек.

14. 25^{0}С температурасында полиметилсилоксанды сұйықтың кинематикалық тұтқырлығы V=0,65 сСт, ал тығыздығы $\rho = 0{,}76 г/см^3$ тең. Берілген сұйықтың абсолюттік (динамикалық) тұтқырлығын есептеңіз. Есептеу СИ жүйесінде (Н· с/м^2) жүргізіледі.

15. Қызу төзімділігінің тобы Ғ тобына сәйкес органикалық оқшаулама ұзақ жұмыс температурасында қолданылған. Егер оқшауламаның нормальді жұмыс істеуі 60 жылға тең болса, оқшауламаның жұмыс уақытын есептеңіз.

Ескерту: органикалық оқшауламаның қызу төзімділік тобын температурасын 10 градусқа көбейтсе жұмыс істеу уақыты екі есе қысқартылады.

16. 20ºС органикалық емес шынылардың динамикалық тұтқырлығы $10^{12} Н \cdot с / м^2$, ал ауаның тұтқырлығы 0,0181 сП тең. Шынылардың тұтқырлығы неше есе ауаның тұтқырлығынан көп?

17. Тропикалық шарттарында материалдарға әсер етуі қандай?

18. Диэлектриктердің ауа төзімділігін бағалауда негізгі критериялары қандай?

19. Қызу төзімділігінің топтарын құрастырғанда, негізіне қандай мәліметтер енгізілді?

20. Қандай полимерлерде жоғарғы радиациялық төзімділігі бар?

2.6 Диэлектрлік материалдар

Осы топқа конденсаторда электрлік сыйымдылықты жасау үшін диэлектрик ретінде қолданылатын электризоляциялық материалдар, сонымен қатар басқару қасиеттері бар активті диэлектриктер жатады.

Агрегатты күйі бойынша, оларды газ күйіндегі қатты және сұйық; ерекше тобы - каттыланатын; химиялық табиғаты бойынша – органикалық, неорганикалық және элементті органикалық деп бөлуге болады. Әр түрлі оқшауламалық материалдарды оқыған кезде, оларды өз тобына жіктей білу қажет (агрегаттық күйі, химиялық табиғаты, поляризация күйі бойынша), электротехникалық өндірісте жасау әдістері және қолдану әдісін білу керек. Оның сандық сипаттамаларын анықтау үшін керекті әдебиеттер тізімін қолдану керек.

Есептер. 6 тақырып

1. Конденсатор жасауға арналған диэлектриктің қасиеттерін сипаттаңыз.

2. Электроизоляциялық материалдарға жатқызатын, материалдардың қасиетін сипаттаңыз.

3. Электр беріктігі төмен газдарға қандай газ түріндегі диэлектриктер жатады?

4. Қандай химиялық элементтердің жартылай өткізгіштік қасиеті бар? Олар қай жерде қолданылады?

5. Қатты органикалық және неорганикалық оқшауламаның артықшылығы мен кемшіліктерін сипаттаңыз.

6. Электровакуумдық техникада қолданылатын шынының сызықты ұзаруының температуралық коэффициенті $ТК1 = 5{,}3 \cdot 10^{-6} к^{-1}$ тең. Төменде келтірілген өткізгіштердің қайсысымен бірге қолдануға болады:

а) сынап $ТК1 = 61 \cdot 10^{-6} к^{-1}$;

б) молибден $ТК1 = 5{,}1 \cdot 10^{-6} к^{-1}$;

в) вольфрам $ТК1 = 4{,}4 \cdot 10^{-6} к^{-1}$.

7. Электротехникалық лабораторияда эксплуатацияда тұрған трансформатор майын сынаудан өткізген кезде, келесіндей сипаттамалар алынды: 20°С-да ν=17,9 мм^2/с; қышқылдық саны 0,09 гКОН/кг; $Т_{ЛАИету}$=+139°С; $Т_{ҚАТУ}$=-51°С; tgδ=0,0028, электрлік беріктік $Е_{ПР}$ 2,5=28 кВ/мм тең. Осы майды келесі эксплуатацияларға қолдануға бола ма? Егер болатын болса, кернеудің қай классына? Егер болмаса қандай шараларды қолдану қажет? Трансформаторлық майдың ескіруіне қарсы қандай шараларды қолданады?

8. Темірде тұтас оксидті қабықша Fe_20_3 бола ма? Көлемдік оксидті коэффициентін анықтайтын мәліметтер: М=159,68, тығыздық $Fe-\rho=7{,}78 Мг/м^3$, оксидтің тығыздығы $\rho_0=18{,}4 Мг/м^3$, ал атомдық массасы $A=55{,}84$ тең.

9. Термопластикалық полимерлердің термореактивті полимерлерден айырмашылығы қандай?

10. Целлюлозаның химиялық формуласын келтіріңіз және целлюлозаның құрамына кіретін қандай атомдық топтар оған полярлықты беретінін түсіндіріңіз. Мысалы ретінде, диэлектриктер болатын целлюлозаның жәй және күрделі эфирлерін келтіріңіз.

11. Трансформаторлық майдың E_{HP}, ε, $\rho\delta$, ρ жазыңыз. Трансформаторлық майдың артықшылықтарымен кемшіліктері қандай және оны қандай бөлмелерде колдануға болмайды, неліктен?

12. Электротехникалық фарфор жасау үшін оның компонентерінің химиялық құрамын көрсетіңіз. Үлкен жиілікте фарфордың сарамсыз жасайтын үлкен мәнін кай компоненттері көрсетеді?

13. Актив диэлектриктердің пайдалану мүмкіншілігі кандай?

14 .Сызықты және сызықты емес диэлектриктердің осцилограф көмегімен Q=f(U) тәуелділігі түсірілген, мұндағы Q және U – жазық конденсаторыдың берілген диэлектригінің электродтарындағы заряд пен кернеуі. Сызықты және сызықты емес диэлектриктердің тәуелділігін сызыңыз.

15. Үлкен қуатты электрлік машиналарда салқындату ортасы ретінде сутекті таңдауы немен түсіндіріледі?

16. Слюданың қасиеті мен құрылысы қандай?

17. Ауаның ылғалдылығын көтергенде,шынының меншікті беттік өтімділігі қалай өзгереді?

18. Беттік разрядтар пайда болатын ықтимал конструкцияларында қандай пластмассаларды қолдануға болады?

19. Гетинакстың маркаларын айтып беріңіз. Олардың негізгі сипаттамаларын және қолдану ортасын көрсетіңіз.

20. Коллекторлы миканит қалай белгіленеді (маркируется)?

21. Фтороорганикалық электризоляциялық материялдардың сипатамаларын беріңіз.

22. Лактың компаундтан айырмашылығы қандай? Олар қалай топтасады? Электризоляциялық техникасының қай саласында қолданылады?

23. Электризоляциялық қағаз бен картонның әр түрлі түрлерінің касиеттерін және электризоляциялық техникасында қолдану саласын жазыңыз.

24. Электризоляциялық материалдар химиялық құрылысы және қолдануы қалай топқа жіктеледі?

25. Қандай материалдар керамикалық деп аталады? Электризоляциялық керамикалық материалдардың негізгі түрлерін және қолдану саласын көрсетіңіз.

2.7 Өткізгіш материалдар

Электротехникада қолданылатын өткізгіш материалдың негізгі түрі электрондық өткізгіштігі бар қатты өткізгіштер. 1 түрдегі өткізгіштер – металлдар және оның қоспалары. Өткізгіштердің негізгі сипаттамалары:

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

- меншікті кедергісі –;
- меншікті өткізгіштігі – γ;
- меншікті кедергінің температуралық коэффициенті – ТК ρ;
- жылу төзімділігінің коэффициенті - ;
- термоэлектркозғаушы күші және түйспелі потенциялдар айырмасы;
- δ ұзаруындағы беріктігінің шегі және салыстырмалы ұзаруы – $\Delta 1/1$.

[1.2] көрсетілген сипаттамалардың қатынасы, сонымен қатар меншікті кедергілердің, тығыздықтың, термо ЭҚК коэффициенті және басқа шамалардың мәліметтері айтылған (берілген).

1 есеп.

20°С және 80°С температураларында сымның кедергісі 1,75 Ом және 2,19 Ом-ға тең. Кедергінің температуралық коэффициентінің - TK_R орташа мәні неге тең. Ол қандай металлға сәйкес.

Шешуі.

$$TK_R = a_R = a_\rho \cdot a_l, \qquad (22)$$

мұндағы a_ρ - меншікті кедергінің температуралық коэффициенті, к$^{-1}$;

a_l - өткізгіштің сызықты ұзаруының температуралық коэффициенті, к$^{-1}$;

Таза металдар үшін $a_R \lhd\lhd a_\rho$, сондықтан a_l ескермеуге болады, шамамен $a_R \approx a_\rho$.

20°С және 80°С-ға дейін температуралардың диапазонында кедергінің орташа температуралық коэффициенті мынаған тең

$$TK_R = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_2 - R_1}{T_2^0 - T_1^0} = \frac{1}{1{,}75} \cdot \frac{2{,}19 - 1{,}75}{80^0 - 20^0} = 0{,}00419 \approx 0{,}0042 K^{-1}.$$

[1.2] келтірілген мәліметтерден табылған TK_R мәні алюминийге тең болады.

Жауабы**:** $TK_R = 0{,}0042 K^{-1}$ алюминийге тең болады.

2 есеп.

Алюминий және мыстан 1 м сымдарының екі кесіндісі бар, олардың электр кедергілері бірдей. Егер мыс сымының қимасы 16 мм^2 тең болса, онда осы сымдардың кесінділерінің қайсысын салмағы аз болады және каншаға аз болатынын анықтаңыз.

Шешуі.

Өткізгіштер мен кедергілердің теңдігінің шарттарымен байланыстырып, алюминий сымның қимасын анықтауға болады:

$$R_{cu} = R_{Al} = \frac{\rho_{cu} \cdot l}{S_{cu}} = \frac{\rho_{Al} \cdot l}{S_{Al}}.$$

[1.2] келтірілген мәліметтер бойынша

$$\rho_{cu} = 0{,}0172 мкОм \cdot м;$$

$$\rho_{Al} = 0{,}028 мкОм \cdot м;$$

$$S_{Al} = \frac{S_{cu} \cdot \rho_{Al}}{\rho_{cu}} = \frac{16 \cdot 0{,}028}{0{,}0172} = 26 мм^2.$$

Алюминий сымының стандарттық қимасы 25. Салмағын анықтау үшін: мыстың тығыздығы $d_{CU} = 8{,}94\frac{Г}{см^3}$, алюминийдің тығыздығы - $d_{AL} = 2{,}70\frac{Г}{см^3}$.

Өткізгіштердің салмақтары тең

$$m_{cu} = d_{cu} \cdot V_{cu} = 8{,}94 \cdot 16 \cdot 10^{-2} \cdot 100 = 143{,}04г;$$

$$m_{Al} = d_{Al} \cdot V_{Al} = 2{,}75 \cdot 25 \cdot 10^{-2} \cdot 100 = 67{,}5г;$$

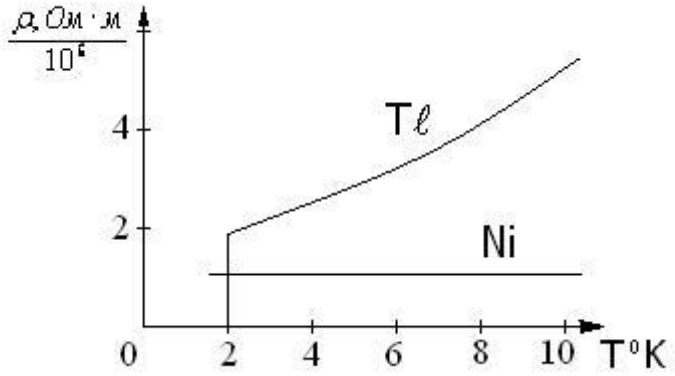
$$\frac{m_{cu}}{m_{Al}} = \frac{143{,}04}{67{,}5} = 2{,}1 \text{ есе.}$$

Жауабы: алюминий сымы мыс сымынан 2,1 есе жеңіл.

Есептер. 7 тақырып

1. Алюминий және мыс сымдарының меншікті кедергісі $2{,}78 \cdot 10^8$ және $1{,}72 \cdot 10^8 Ом \cdot м$, тығыздығы 2,7· 10^3 және 8,94· 10^3 кг/м^3 тең. Сонымен қатар, алюминий мыстан 10% арзан. Ұзындықтары бірдей осы екі сымның кедергілер қатынасын және бірдей көлденең қимасы кезіндегі салмағының қатынасын анықтаңыз.

2. 8 суретте таллий және никель металлдарының температурасы 0-ге жақын кездегі графигі берілген. Осы металлдардың қайсысы және қай температурада асқын өткізгіштікке ие болады.



8 - сурет - Ti және Ni үшін $\rho = \varphi \cdot (T)$ тәуелділігі

3. Таза мыстың және оның балқымаларының қолдануын және қасиеттерін сипаттаңыз.

4. Алюминий мен оның ерітінділерінің мінездемелерімен қолдану, салаларын көрсетіңіз.

5. Т1 = 100°С және Т2=400°С болғанда мыс-константан термоқостың термо ЭҚК U_{T2}-НІ анықтау керек. Ut = U_{T1}-U_{T2}, бұл жерде ЭҚК U_{T1} T_0=0°С және T_2=400°С саналады, ал U_{T2} T_0=0°С және T_2=100°С саналады.

6. Т=600°С болғанда мыстың меншікті кедергісі $\rho = 0{,}05 Ом \cdot мм^2 / м.$ Осы температурада металлдар үшін адал (справедливо) теңдеуді $\frac{(K \cdot \rho)}{T} = L$ есқеріп, мыстың жылу өткізгіш коэффицентін (К) анықтаңыз. Мұндағы, L-Лоренц тұрақтысы, ал (2,44 10^{-8} $В^2/К^2$)-қа тең, Т-температурасы Кельвинде есептеледі.

7. Егер екі жактан алюминидің қалындыгы 15 мкм, ал лентаның қалыңдығы 0,15 мм болса 20°С алюминий-никельден жасалынған лентаның меншікті кедергісін анықтау керек.

8. Температура 20°С және 100°С болғанда сымның кедергісі 6,10 және 9,03 Ом-ға тең. Бұл металлдың кедергісінің температуралық коэффицентін есептеп, қай металлға қатысты екенін анықтау керек. Осы сымның ұзындығы 1000 метрге тең болғанда, оның қимасы неге тең болады? Температураны өзгерткенде өлшемдерінің өзгеруін есепке алмаймыз.

9. Өтімділіктері бірдей мәнге тең қимасы 10 $мм^2$ тең алюминий-мыстан жасалған бақылау кабельдерінің сымдардың өлшемдерін анықтау (қима, диаметр) керек. Мыстың қимасы алюминий - мыстан жасалған, мыстың қимасы сымның жалпы қимасының 20%-ін құралған деп алу керек. Алюминий мен мыстың берілгендерін оқулықтан алыңыз.

10. Өткізгішті қимасы 6 $мм^2$-ге тең алюминийден жасалған сыммен бірдей биметалл (болат-мыс) сымның салмағымен көлемін салыстырыңыз. Бұл жерде мыспен болаттың қимасын тең дейміз. Алюминий мен мыстың берілген өлшем бірліктерін оқулықтан алыңдар.

11. Мыспен алюминий сымдарының екі қимасының ұзындықтары 1 м-ден. Электірлік кедергілері бірдей. Егер мыс сымы қимасы 4 мм-ге тең болса қай заттың қимасының салмағы жеңіл және қаншаға.

12. Электрожылытқышты элементтің 220 В кернеудегі тұтынушы қуаты 500 Вт. Осы элементті дайындауға (жасауға) кететін диаметрі 0,2 мм-лік нихром және константан сымдардың ұзындығын есептеу керек. Константан жылытқыштың жұмыс температурасы 400°С, ал нихромнан 900°С. Материалдардың сипаттамаларын оқулықтан алыңыз.

13. Оқшаулауланбаған мыс сымының ұзындығы 100 Ом, қыйма ауданы 16 $мм^2$, жұмыс температурасы (-20°С) - мен (160°С), сымдағы токтың мөлшері 75А-ға тең. Осы сымның қуат шығынын анықтау керек.

14. Рұқсат етілген тоқ тығыздығы 2 А/мм^2 болғанда 250 мА өтетін тоқ үшін сымның диаметрі қандай болу керек.

15. Орамы мыстан жасалған индуктивті орауыштың сымының қалыңдығы 28мкм күміспен қапталған. Егер сымның кедергісі тек күміс қабатымен анықталса, тоқтың өту тереңдігі $\delta = \frac{a}{\sqrt{f}}$ тең, мұнда $a = 0{,}064,$ жиілік $f = 0{,}5 МГц$ болса, жиіліктің ең кіші мәнін табу керек.

16. Диаметрі $d = 0{,}3 мм$ тең 77 талсымнан құрылған копталды сымды диаметрі сондай (тең) біртұтас сымға ауыстырғанда f жиілігінде кедергі неше есе өседі. Тоқтың өту тереңдігі $\delta = \frac{a}{\sqrt{f}}$ тең, мұнда $a = 0{,}064,$ жиілік $f = 0{,}5 МГц.$

17. Миливольтметрге қосымша кедергі қосылған кезде дұрыс сым қолданылмаған, яғни константаннан жасалған сым қолданылған. Егер суық дәнекерлеу температурасы -10°С, ал ыстықтікі +50°С болса, онда $U = 20 мВ$ кернеуді өлшегенде қандай қателік болады?

18. Жоғарғы өткізгіштігі бар материалдардың атын атаңыз және олардың қолдану салаларын көрсетіңіз.

19. Жоғарғы едергілері балқымаларды және олардың қолдану салаларын атаңыз.

20. Термопараның көмегімен температураны өлшеу принципі кандай?

21. Термопараны жасау үшін балқымаларға қандай шарттар қойылады? Термопараның қолдану салалары қандай?

22. Контактыларды дайындау үшін қандай материалдармен балкымалар қолданылады. Контактылы материалдарға қандай шарттар қойылады?

23. Қалай және неге металлдық өткізгіштердің меншікті электрлік өтімділігімен меншіктік кедергісі температураға тәуелді болады?

24. Асқын өткізгіштік деген не? Асқын өткізгіштердің қолдануы. Қандай материалдардың асқын өткізгіштігінің асқын келешегі зор?

25. Криоөткізгіштік дегеніміз не? Оны қай жерде қолдануға болады?

26. Нормальді температурада металлдардың меншікті кедергісі қандай шектерде орналасады?

27. 100 км ұзындыққа арналған электр берілістің желісі үшін 19 талсымы бар қатырып тартылған мыс сым колданылған. Сымның толық кимасы 300мм^2, стандартты электролиттік мыс сым үшін меншікті кедергісі $\rho_0 = 1{,}72 \cdot 10^{-8} Ом \cdot м$ тең.Барлық желінің кедергісі неге тең?

28. Нихром және 80% Ni никельден және 20% Cr хромнан құралатын балқыма 20°С. $\rho = 1{,}03 \cdot 10^{-6} Ом$ тең. 20°С-дан 1000°С-ға дейін диапазонында

кедергінің температуралық коэффициенті $2{,}31 \cdot 10^4 \cdot \kappa^{-1}$ тең. 1000°С меншікті кедергіні анықтаңыз.

29. Балқытылғын шынылардың және металдардың температуралық коэффициенттердің айырмашылығы қандай?

30. 35, 50 және 95 қималары бар. 1000 м мыстың және алюминий сымдарының өз арасындағы электрлік кедергілерімен салмағын анықтау керек. Қажет сипаттамаларды оқулықтан алыңыз.

31. Номинал қимасы 150 мм^2 тең болат-алюминий сымы әрқайсының диаметрі 2.5 мм 7 болат және 30 алюминий сымдарынан тұрады. Осы сымның кедерігісі қалай өзгереді, егер температурасын 20°С-дан 100°С-ға дейін көтерсе? Болат-алюминий кедергісінің орташа температуралық коэффициентін есептеңіз. Болат пен алюминийдің мәліметтерін кітаптан алыңыз [1].

2. 8 Жартылай өткізгіш материалдар

Электрлік жартылай өткізгіштердің және өткізгіштердің табиғаты әр түрлі. Жартылай өткігіштердің электрлік өткізгіштігі күшті көрсеткіштерде қоспаларға және сыртқы энергетикалық әсерлесуіне (температурадан, электрлік өрісінен, сәулеленуден т.б.) тәуелді. Электрөткізгіштің 2 типті жартылай өткізгшггің электронды () және кемтік - электронды (р) бар болуы жартылай өткізгіштің р - өтуін алуға болады.

Қоспасы жоқ жартылай өткізгіштің өзіндік өткізгіштігі болады, оның шамасы

$$\gamma_{соб} = e(n \cdot U_n + p \cdot U_p) = en_i(U_n + U_p), \qquad (23)$$

мұндағы e - электронның заряды, $e = 1{,}6 \cdot 1, Кл;$

n_l - өзіндік тасымалдаушылардың концентрациясы, 1;

$n_l = n = p$ қоспасыз жартылай өткізгіш үшін;

$U_n = U_p$ электрондардың және кемтіңтердің жылжығыштығы, В· с.

Электронды жартылай өткізгіштің меншікті өткізгіштігі

$$\gamma_n = \gamma_{пр} + \gamma_{соб}, \qquad (24)$$

мұндағы $\gamma_{пр}$ – меншікті қоспалы электр өткізгіштік

$$\gamma_{пр} = e \cdot n_д \cdot u_n, \qquad (25)$$

мұндағы n_n – донорлы қоспалардың ионзайциясы арқылы пайда болған, еркін электрондардың концентрациясы, 1/м^3.

Кемтікті жартылай өткізгіштің меншікті өткізгіштігі

$$\gamma_p = \gamma_{пр} + \gamma_{соб}, \tag{26}$$

мұндағы $\gamma_{пр} = e \cdot p_a \cdot u_p$;

p_a - акцепторлық қоспалардың ионизациясы арқылы пайда болған кемтіктердің концентрациясы, 1/м ^{3}.

1 есеп.

$T = 300R$ - де германийдегі донорлы қоспалардың концентрациясы $n_n = 10^{15}$ тен. Меншікті еткізгіштігін табу керек.

Шешуі.

[8] сәйкес бөлме температурасында германий және кремнийде $\gamma_{пр} \rhd\rhd \gamma_{соб}$, өйткені донорлық қоспасы толық ионизацияланған, ал өзіндік электр өткізгіштігі әлсіз және $\gamma_n \approx \gamma_{пр}$ тең. Бірақ температураны жоғарлатқан сайын $\gamma_{соб}$ үлкейеді де бір моментте $\gamma_{соб} \rhd\rhd \gamma_{пр}$ үлкен болады. $T = 300K$ температурада барлық атомдық қоспалар ионизацияланған деп есептеуге болады, сондықтан

$$\gamma_n = e \cdot n_д \cdot u_n = 1{,}6 \cdot 10^{19} \cdot 10^{15} \cdot 3900 = 0{,}624 \frac{1}{Ом \cdot см},$$

мұндағы $u_n = 3900 см^2 / В \cdot с$ - германий үшін электрондардың жылжығыштығы.

Жауабы: $\gamma_n = 0{,}624 \frac{1}{Ом \cdot см}$.

2 есеп.

Мышьякты индий үшін Холл тұрақтысын анықтау керек. Меншікті өткізгіштігі $\gamma = 4 \cdot 10^3 \frac{1}{Ом \cdot см}$ және өздік тасымалдаушылардың концентрациясы $n_i = 2 \cdot 10^{15} \frac{1}{см^3}$, коэффициенті $A = 1{,}2$ тең.

Шешуі.

Көлденең магнит өрісіне орналастырған тоғы бар жартылай өткізгіште, көлденең электр козғаушы күш U_x - Холл ЭҚК пайда болады [8]

$$u_X = Rx\frac{I \cdot B}{d}, \tag{27}$$

мұндағы I - өткізгіште жүретін ток, А;

В - магнит индукциясы, Тл;

d - жартылай өткізгіш пластинаның қалыңдығы, м;

Rx - Холл коэффициенті, м^3 /К.

Холл коэффициенті жартылай өткізгіш түрлеріне тәуелді, кемтік жартылай өткізгіш үшін оң, ал электрондық жартылай өткізгіш үшін теріс болады. n - типті жартылай өткізгіш үшін

$$Rx = -\frac{A}{e \cdot n_0}, \tag{28}$$

мұндағы A - әр түрлі температурада тасымалдаушылардың сейілу механизммен анықталатын коэффициенті;

n_0 - негізгі тасымалдаушылар электрондардың концентрациясы;

p - типті жартылай өткізгіш үшін.

$$Rx = -\frac{A}{e \cdot p_0}, \tag{29}$$

мұндағы p_0 - кемтіктердін концентрациясы.

γ берілген болса, Холл коэффициентін былай анықтауға болады

$$u_n = \gamma\frac{R_x}{A}, \tag{30}$$

мұндағы $U_n = 30000\frac{см^2}{В \cdot с}$ – электрондардың жылжуығыштығы [3].

$$Rx = \frac{u_n \cdot A}{\gamma} = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 1{,}2}{4 \cdot 10^3} = 9\frac{см^3}{К}.$$

Жауабы: $Rx = 9\frac{см^3}{К}$.

Есептер. 8 тақырып

1. Егер Холл коэффициенті $RX = 2{,}7 \cdot 10^{-4} м^3 \cdot К^{-1}$ кремний кристалының меншікті өткізгіштігін анықтаңыз.

2. n- типті германийдің электрондарының жылжуын анықтаңыз. Меншікті кедергісі $\rho = 1{,}6 \cdot 10^{-2} Ом$ және Холл коэффициенті $7 \cdot 10^{-3} м^3 \cdot К^{-1}$ тең.

3. Қай кезде жартылай өтткізгіштің электр өткізгіштігі өзіндік, қай кезде қоспалы болады?

4. Қандай химиялық элементерде жартылай өткізгіштердің қасиеттері бар? Олар қай жерде қолданылады?

5. P - n ауысуының қасиеттері (вентильдік эффект).

6. Холл эффектісінің мағынасы кандай?

7. $T = 3000K$ температурада германийдің донорлық қоспаларының концентрациясы $n_Д = 10^{15} \cdot 1/см^3$ тең. γ өткізгіштігін анықтаңыз.

8. Егер кемтіктердің қозғалуы $U_p = 10^{-2} см^2 / В \cdot с$, ал оның меншікті өткізгіштігі $\gamma = 8 - 10^{-8} \cdot 1/Ом \cdot см$ тең болса, жартылай өткізгіштің өзіндік концентрациясын анықтаңыз.

9. Барлық жартылай өткізгіштердің сонымен қатар, германий мен кремнийдің меншікті кедергілерінің шегін атаңыз.

10. Егер жартылай өткізгіштердің диодтарымен транзисторлары нормальды жұмыс істесе, қоспалы немесе өзіндік жартылай өткізгіштердің қайсысының өткізгіштігі үлкенірек болады?

11. 20^0С температурасындағы электрондардың $U_n = 0{,}39 м^2 / В \cdot с,$ кемтіктерді4 $U_p = 0{,}19 м^2 В \cdot с,$ сонымен қатар өзіндік германийдің тоқ тасушыларының біреуінің концентрациясы $1{,}58 \cdot 10^{13} \cdot 1/см^3$ берілген. Германийдің өзіндік меншікті кедергісін анықтау керек.

12. $T = 20^\circ C$ температурада кремнийдің өзіндік меншікті кедергісі $2000 Ом \cdot м,$ ал электрондар мен кемтіктердің жылжығыштығы 0,14 және

$0{,}05 м^2 / В \cdot с$ Өзіндік кремнийдің тоқ тасымалдаушыларының концентрациясы қандай?

13. Химиялық қосылыстар болып келетін жартылай өткізгіштерді атаңыз. Олардың қолдану салалары?

14. Холлдың сезгіш қондырғыларын (датчик) жасау үшін қандай жартылай өткізгіштер қолданылады?

15. Жартылай өткізгіштің пластинасының қалыңдығы 1 мм, ұзындығы 5 мм, ені 3 мм, Холл электр козғаушы күші жоғары болу үшін, пластинаны Н - магнит өрісіне қатысты қалай қою керек және тоқты қай бағытта жіберу керек?

16. Қандай тәжірибелік жолмен жартылай өткізгіштің рұқсат етілмеген аймақтың шамасын анықтайды?

17. Жартылай еткізгіштің рұқсат етілмеген аймақтың шамасы оның жұмыс температурасына қалай әсер етеді?

18. Бағытталған кристаллизация әдісімен тазалауды өткен германий кесегінің ұшында, меншікті кедергісі 0,5 Ом· см тең. Егер электрондардың жылжуғыштығы 0,39 м^2/В· с тең болса, қоспаны донорлы деп есептеп, қоспаның концентрациясын есептеңіз.

19. Аймақтың балқытуын өткен германийдің шекті тазалығы сондай, оның құрамында тек қана 10^{-12}% қоспасы қалады. 1 см^3 германийде қанша атом қоспасы бар екенін анықтаңыз.

20. 120 гр кремний кристаллының көлемінде бірқалыпты 25,7 мкг фосфор және 38,2 мкг геллий таратылған. Атом қоспалары толық ионизацияланған деп есептеп, меншікті кедергісін анықтаңыз.

21. Жоғары температурада қоспасы жоқ кремнийде тасымалдаушысының өзіндік концентрациясы $n_1 = 2{,}5 \cdot IO^{13} \cdot 1/см^3$ тең екенін анықталған. Меншікті өткізгішті γ анықтаңыз.

22. Жартылай өткізгіш тасымалдаушысының өзіндік концентрациясы $10^6 \cdot 1/см$. Егер тасымалдаушы жылжығыштығы $U_p = см^2 / В \cdot с,$ $U_n = см^2 / В \cdot с,$ ол қатынасы $n_p / n_n = 10$ болғанда меншікті өткізгіштікті анықтау керек.

23. Өзіндік өткізгіштігі бар мышьякты-индий кристаллды n-типті өткізгіштігіне ие болады деп неліктен түсіндіреді?

24. Еркін зарядтарды тасымалдаушылары бар жартылай өткізгіштерінде қандай шарттарында Холл эффектісі байқалмайды?

25. 20°С температурасында PbS кристалының кедергісі $10^4 Ом$ - ға тең. $T = +80^\circ C$ оның кедергісін анықтаңыз.

26. 300°К температурасында таза германийдің меншікті кедергісі $0{,}47 Ом \cdot м$ тең. Егер тасымалдаушы электрондардың және кемтіктердің

жылжымалығы 0,38 және 0,182 $м^2/В\cdot с$ тең болса, $300^0К$ температурасында өзіндік тасымалдаушылардың тығыздығын есептеңіз.

27. Мышьякты-индийдің меншікті өткізгіштігі $\gamma = 410^3 \cdot 1/Ом \cdot см$ және тасымалдаушының өзіндік концентрациясы $n_1 - 2 \cdot 10^{15} \cdot 1/см^3$, коэффициенті $A = 1{,}2$ тең болса, онда Холл тұрақтысын анықтаңыз.

28. Германийдің кемтіктер саласында кемтіктердің концентрациясы $p = 10^{17} \cdot 1/см^3$, ал электрондардың саласында электрондардың концентрациясы $n = 10^{15} \cdot 1/см^3$ тең. $T = 300^\circ К$ температурада p - n өтуіндегі потенциалдық бөгеуін анықтаңыз.

Ескерту: Берілген германийдің өзіндік тасымалдаушыларының концентрациясы, $2{,}5 \cdot 10^{13} \cdot 1/см^3$ тең.

29. Қалыпты жағдайда қоспасы жоқ селенделген қорғасынның меншікті өткізгіштігін анықтаңыз.

2.9 Магниттік материалдар

Электротехникада ферромагнитті материалдар және ферримагнетиктер қолданылады

Ферромагнетиктер магнитті жұмсақ, магнитті қатты және ерекше магнитті қасиеттері бар материалдарға бөлінеді. Магнитті жұмсақ және магнитті қатты материалдардың магниттелу процессі бірдей, бірақ сипаттамалардың сандық қатынасы әр түрлі болады. Өндірістік магнитті жұмсақ материалдардың коэрцитивті күші $H_C \lhd 4кА/м$, ал магнитті қатты материалдар үшін $H_C \rhd 4кА/м$ (800 кА/м дейін). Магнитті материалдардың негізгі сипаттамаларына Нс-дап басқалары да жатады:

μ - салыстырмалы магнит өтімділігі;

$B_{H\Delta C}$ - қанығу индукциясы, Тл;

$B_Г$ - қалдық индукциясы, Тл;

$T_{КЮРИ}$ - Кюри температурасы, $^0К$.

Аталынып кеткен мәліметтерден баска, магнитті қатты материалдардың сапалығының бағасын анықтаған кезде, осы материалдардың W_{MAX}, $Дж/м^3$ - магниттің сыртқы кеңістікке берілетін максималды меншікті магнит энергиясының параметрі анықталады.

Тұрақты магнитпен берілген магнит тізбектері тұйықталмаған және пайдалы (жұмыс) ауа саңылауы болуы керек.

9 суретте магнитті қатты материалдардың қасиеттерін сипаттайтын қисықтар келтірілген. Магнит қанығу индукциясына дейін магниттелген, сыртқы магнит өрісін алып тастағаннан кейін материалдардың қасиеттері

магнитсіздендіргіш қисығымен сипатталады. Магнит ағыны, сонымен қатар, магнит энергиясы оның ішінде тұйықталған күйде болады (сақиналы өзекше ретінде). Полюстардың арасындағы ауа саңылауы бар болса, энергияның бір бөлшегі магнит материалының көлемімен байланыспаған өрісімен байланысты болады. Оның шамасы саңылауының ұзындығына тәуелді. Магниттің полюстерінің магнитсіздену әсерінен ауа саңылауындағы индукция қалдық индукциядан аз болады. Ауа саңылауындағы меншікті энергиясы

$$W = \frac{B \cdot H}{2}, \tag{31}$$

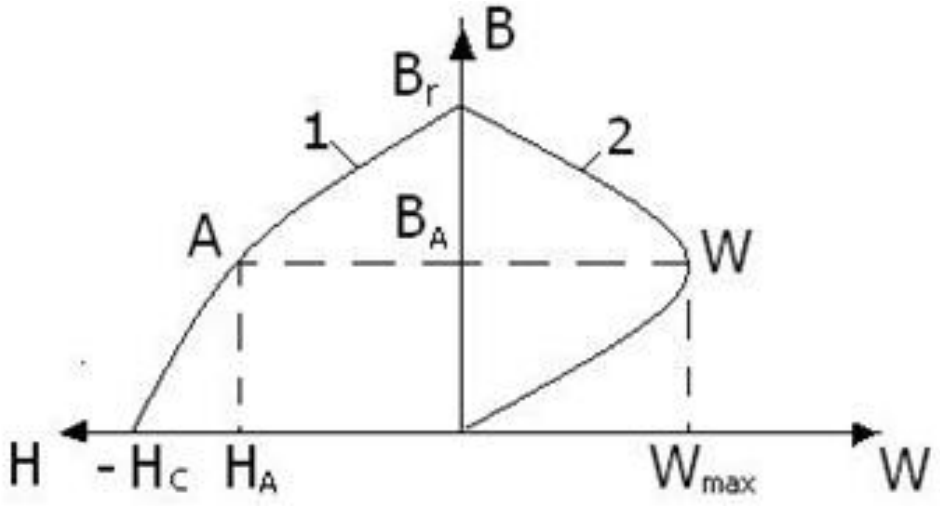
мұндағы B - магниттелмеу қисығының өріс кернеулігіне Н, А/м сәйкес индукция, Тл.

Егер саңылау өте үлкен болса, онда В=0; Н=Нс; W=0, тұйық магнитте $B=B_Г$; Н=0; W =0 тең.

Н жоне В кейбір мәндерінде энергия максималды мәнге жетеді:

$$W_{\max} = \frac{B_Л \cdot H_A}{2}, \tag{32}$$

мұндағы A - $W_{\max}$ сәйкес келетін кисықта көрсетілген нүкте.



8 сурет - Магнитсіздену кисықтары (1) және ауа саңылауында (2) магнит энергиясы

Кейбір жағдайларда ½ көбейтіндісін ескермейді, өйткені $(BH)_{MAX}$ көбейтіндісін магнитті қатты материалдарды сипаттауға қолданады.

1 есеп.

Бір тікбұрышты гистерезис тұзағы (ППГ) бар қоспа үшін старт өрісі Н0=14 А/м, коэрцитивті күш Нс=12 А/м, ауыстырып қосу коэффициенті Sф=32А мкс/м тең. Ауыстырып қосу уақытын анықтаңыз.

Шешуі.

ППГ бар магнит материалдар есептеу техникасында өте кең қолданылады. Жазылу әдісінің және мәлімет алуының негізінде, өзекшелерді бір магнит күйден екінші магнит күйіне ауыстырып қосу процессі жатады.

ППГ бар материалдардың (жоғарыда келтірген қасиеттерден басқасы) сипаттамасы тікбұрыштың коэффициенті - Р болып табылады.

$$p = \frac{B_ч}{B_{мах}}. \tag{33}$$

H_0 - старттың өрісінің кернеулігі - бір күйден екінші күйге өту үшін, өріс кернеулігнің керекті минималды мәні, мысалы, $B_Г$ - ден $+B_Г$ - ге дейін; ауыстырып қосу уакыты - τ - бұл көрсетілген өтуі (переход) үшін керекті уакыты [3] сәйкес ауыстырып қосу коэффициенті $S_ф$ - мынаған тең

$$S_ф = \tau(H_{мах} \cdot H_0), \tag{34}$$

мұндағы $H_{мах} = \frac{4}{3} \cdot Hc$ - максимал индукцияға сәйкес, кернеулігі.

Бұдан

$$\tau = \frac{S_ф}{H_{мах} - H_0} = \frac{S_ф}{\frac{4}{3} \cdot H_{мах} - H_0} = \frac{32}{\frac{4}{3} \cdot 12 - 14} = 16 мкс.$$

Жауабы: $\tau = 16 мкс.$

2 есеп.

Магнитдиэлектрик никельді - мырышты ферриттің $HH400$ ұнтағынан және полистиролдан құрастырылған. Магнит материалдың көлемдік қоспасы $\alpha = 0{,}4$ тең. Егер $\varepsilon_м = 40$ тең болса, онда магнитдиэлектриктің μ және ε анықтаңыз.

Шешуі.

Магнит диэлектриктер байланыстырушы зат - диэлектриктен және толтырушы магнит ұнтақтарынан тұрады. Бұл заттың өткізгіштігі төмен температуралық тұрақтылығы жоғары магниттік және диэлектрлік шығындары аз болғандықтан, кейбір жағдайда магниттік өтімділігі бұдан жоғары ферритердің орнына қолданылады.

(3) сәйкес магнит диэлектриктердің μ және ε мына өрнектерден анықталады

$$\overline{\mu} = \mu_a^a; \tag{35}$$

$$\overline{\varepsilon} = \varepsilon_м^a \cdot \varepsilon_g^{1-a}; \tag{36}$$

$$\overline{\mu} = 400^{0,4} = 11,2;$$

$$\overline{\varepsilon} = 40^{0,4} \cdot 2,5^{0,6} = 7,5,$$

мұнда $\varepsilon_g = 2,5$ - полистрол үшін.

Жауабы: $\overline{\mu} = 11,2;\ \overline{\varepsilon} = 7,5.$

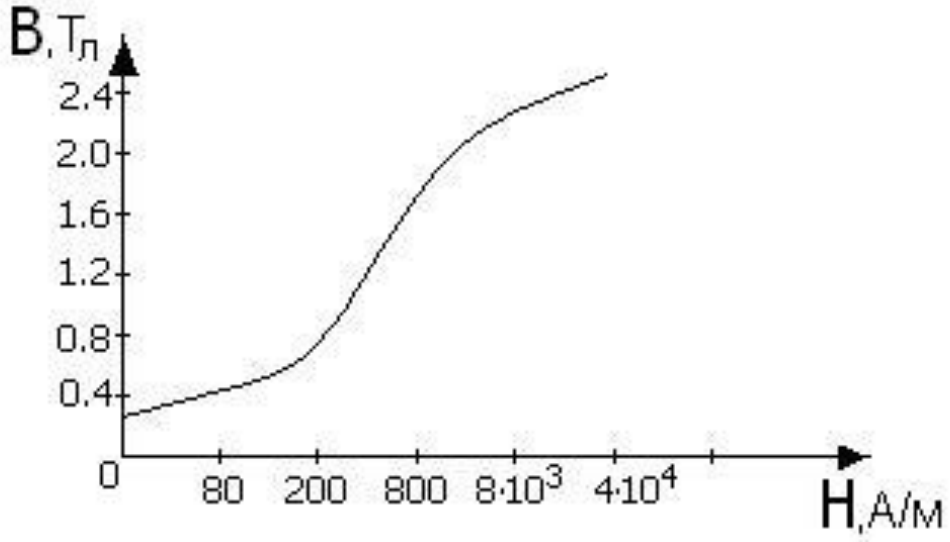
Есептер. 9 тақырып

1. Әр түрлі материалдардың магниттік қасиеттері немен түсіндіріледі?
2. Заттың магниттелу процессі немен қорытындыланады?
3. Асқын өткізгіштердің асқын өткізгіш күйіндегі магниттік қасиеттері қандай?
4. Неліктен, магниттік материалдарды циклдық қайта магниттелу кезінде, магниттік шығындар пайда болады? Магниттік шығындардың пайда болу механизмі қандай? Магнит материалдарда магниттік шығынды азайту тәсілдері?
5. $H = 800 А/м$ тең болған кезде, пермендюрдің магнит өтімділігінің мәнін анықтаңыз. 10 – суретті қолданыңыз.
6. Магнитдиэлектрик никельді - мырышты ферриттің НН400 үнтағынан және полистиролдан құрастырылған. Магнит материалдың көлемдік қоспасы $\alpha = 0,4$ тең. Егер $\varepsilon_м = 40$ тең болса, онда магнитдиэлектриктің μ және ε анықтаңыз.
7. Жоғарғы қасиеттері бар ЮНДК 35Т5 қоспасы үшін, (ВН)МАХ шамаларын анықтаңыз. Кітапта келтірілген суретті қолданыңыз.
8. Пермаллойлардың қолдану саласы қандай?

9. Магнитті жұмсак материалдардың қасиеттерін қандай параметрлер анықтайды?

10. Магнитті қатты материалдардың қасиеттерін қандай параметрлер анықтайды? Магнитті қатты материалдардың жұмысы қандай?

11. Бір тікбұрышты гистерезис тұзағы (ППГ) бар қоспа үшін старт өрісі $H_0 = 14 А/м$, коэрцитивті күш $H_C = 12 А/м$, ауыстырып қосу коэффициенті $S_ф = 32 А \cdot мкс/м$ тең. Ауыстырып қосу уақытын анықтаңыз.



10 сурет - Пермендюрдің магниттелуінің негізгі қисығы

12. ЮНДК 25 А қоспасы үшін, (ВН)МАХ шамасын анықтаңыз. Кітапта келтірілген суретті қолданыңыз.

13. Электротехникалық болат қалай белгіленеді?

14.СИ жүйесіндегі магнит заттардың сипаттамаларының өлшем бірліктерін көрсетіңіз:

- магнит өрісінің кернеулігі - Н;
- магниттік индукция,В;
- магниттелуі-М;
- магнит ағыны - $Ф$;
- магнит қозғауыш күші - м.к.к., F;
- индуктивтілік - L;
- магнит тұрақтысы - μ_0;
- магнит кедергісі - R_M.

15. Ферриттердің түсінігі қандай? Ферриттердің магниттік қасиеттері қандай?

16. Практикалық қолдануда ферриттердің ерекшеліктері қандай?

17. Сақиналы магнит өткізгіштіктің ауданның қимасы $A = 1см^2$, магнит контурдың орташа ұзындығы $l = 10см$ тең. Өзекшеге орамасының саны (число витков) $N = 100$ тең орама оралған, алынған орауыштың индуктивтілігі L тең, осы орауыш бойынша $I = 1A$ тең тоқ ағады. Егер өзекше материалының салыстырмалы магнит өтімділігі $\mu = 2000$ тең болса, магнит ағынын анықтаңыз.

18. Ферромагнетиктерді сипаттайтын негізгі түсініктемелерімен құбылыстарды түсіндіріңіз:

- магниттік канығуы;
- магнитті домендер және спонтанды магниттелуі;
- гистерезис;
- кюри нүктесі;
- магнитстрикциясы;
- магниттік текстурасы.

19. Көрсетілген магнит өтімділіктерінің қысқаша ғана мағынасын түсіндіріңіз:

- максималды - $\mu_{r\max}$;
- нормальды - μ_{rn};
- бастапқы - μ_{rI};
- дифференциалды - μ_{rd}.

20. Индукция B мен кернеулік H қатынасын анықтайтын қисық сызықты салудың әдісін көрсетіңіз.

21. Техникалық темірдің μ (Н) қыйсығын салыңыз (B, H қыйсығын оқулықтан алыңыз) және бастапқы, максималды магнит өтімділіктерін анықтау керек.

22. Болаттың ыстық және суық шынықтырылуның қолданысы, құрылысы, сипаттамасының айырмашылығы неде?

23. Қандай қоспаларда тікбұрышты гистерезис тұзағы болады. Олардың құрамымен құрылысы қандай?

24. Магниттік текстуралы балқымаларды алу Технологиясының ерекшелігі қандай?

25. Магнитдиэлектриктер дегеніміз не? Магнитдиэлектриктердің тағамдалуындағы негізгі қасиеттері мен пайдалануы.

26. Кейінгі уақытта қолданатын металл ферромагнетиктердің магнит индукңиясы мен отімділігінің максималды шегі қандай мөлшерде.

27. Индуктілік орауыштың тізбектей алмасу сүлбесін сызу. δ_M магнит шығын бұрышының δ_K барлық орауыш бұрышынан қандай айырмашылықта болады.

3 Есептік – сызба жұмыс № 3. ЭТМ бойынша тапсырмалар

1 тапсырма

Тікбұрышты қалыптағы диэлектрикке а,в өлшемдерімен және h биіктікпен кернеу берілген. Кернеу металлдың қабаттармен жабылған ав-ның қарама-қарсы қырларына жүргізілген. Диэлектриктің өлшемдері: ρυ – көлемдік меншікті кедергі, ρS – жоғарғы меншікті кедергі, ε – диэлектриктік қатыстық өткізгіштік, tgδ – диэлектриктік жоғалтудың тангенстық бұрышы және ол 20^{o}-та 3.1 кестесінде беріледі.

Төмендегілерді анықтау керек:

1) Жылыстау тогы, қуат шығынын және $U = 1000B,$ тұрақты кернеу болған кездегі меншікті диэлектрик шығынын.

2) Қуат шығынын және айнымалы кернеу $U = 1000B,$ температура 20^{o} және 100^{o} тең болғанда, сонымен қатар жиілік $f - 100Гц$ болған кездегі меншікті диэлектрлік шығынын. Диэлектрлік шығыннын тангенстық бұрышының температураға тәуелділігін сипаттайтын коэффициент $a = 18 \cdot 10^{-3} K^{-1}.$

2 тапсырма

Ток жетекші жалпақ бөлшектер d1 аралығы диэлектриктік өткізгішке ε1 электрлік беріктілікке Епр1 қатысты мәнге ие диэлектрикпен толтырылған. Ток жектекші бөліктерге соңғы мән ретінде қандай кернеу мәнін беруге болады, және егер ток басқарушы бөліктер аралығында микросызат - d2 қалыңдықтағы қабықша пайда болса, онда кернеу мәні қай мәнге дейін кемиді? Епр2=3Кв/мм – ауаның электрлік беріктілігі, ал диэлектриктік қатыстық өткізгіштік ε2=1.

d1, ε1, Епр1, d2, мәндері 3.2 кестеде көрсетілген.

3.1 кесте

Студенттің Фамилия-сының бірінші әріпі	Сынақ кітапшасы-ның соңғы саны	a, мм	в мм	h мм	ρ^v, Ом·м	ρ^s, Ом	ε	$tg\delta_0$
А Б В Г Д Е Ж З	0	100	90	2	$1 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	2,0	$2 \cdot 10^{-4}$
	1	120	95	3	$2 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{10}$	2,1	$1 \cdot 10^{-4}$
	2	140	100	4	$3 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	2,2	$3 \cdot 10^{-4}$
	3	160	105	5	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	2,3	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$
	4	180	110	6	$5 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	2,4	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$
	5	200	115	7	$6 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	2,5	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$
	6	220	120	8	$1 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	2,6	$4 \cdot 10^{-4}$
	7	240	125	9	$2 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	2,7	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$
	8	260	130	10	$3 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	2,8	$5 \cdot 10^{-4}$
	9	280	135	2	$4 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{10}$	2,9	$5{,}5 \cdot 10^{-4}$
И К Л М Н О П Р С	0	300	140	3	$5 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	3,0	$1 \cdot 10^{-3}$
	1	320	145	4	$6 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	3,1	$2 \cdot 10^{-3}$
	2	340	150	5	$1 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	3,2	$3 \cdot 10^{-3}$
	3	110	80	6	$2 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	3,3	$4 \cdot 10^{-3}$
	4	130	85	7	$3 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	3,4	$5 \cdot 10^{-3}$
	5	150	90	8	$4 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	3,5	$6 \cdot 10^{-10}$
	6	170	95	9	$5 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	3,6	$7 \cdot 10^{-3}$
	7	190	100	10	$6 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{10}$	3,7	$8 \cdot 10^{-3}$
	8	210	110	2	$1 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	3,8	$9 \cdot 10^{-3}$
	9	230	120	3	$2 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	3,9	$6 \cdot 10^{-4}$
Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я	0	250	130	4	$3 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	4,0	$7 \cdot 10^{-4}$
	1	270	140	5	$4 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	4,1	$8 \cdot 10^{-4}$
	2	290	150	6	$5 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	4,2	$9 \cdot 10^{-4}$
	3	310	160	7	$6 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$	4,3	$6{,}5 \cdot 10^{-4}$
	4	90	80	8	$1 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$	4,4	$7 \cdot 10^{-4}$
	5	95	85	9	$2 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{10}$	4,5	$7{,}5 \cdot 10^{-4}$
	6	105	90	10	$3 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	4,6	$8 \cdot 10^{-4}$
	7	115	95	2	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	4,7	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$
	8	125	100	3	$5 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	4,8	$3{,}5 \cdot 10^{10}$
	9	135	110	4	$6 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{10}$	4,9	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$

3.2 кесте

Студенттің Фамилиясының бірінші әріпі	Сынақ кітапшасының соңғы саны	d_1 мм	d_2 мм	ε_1	кВ/м м
А Б В Г Д Е Ж З	0	1	0,01	2,5	50
	1	2	0,02	3,0	70
	2	3	0,03	1,9	30
	3	4	0,04	2,7	20
	4	5	0,1	3,5	30
	5	6	0,07	2,9	25
	6	7	0,1	4	35
	7	8	0,2	2,0	25
	8	9	0,1	2,3	40
	9	10	0,3	2,1	60
И К Л М Н О П Р С	0	1	0,05	4,5	65
	1	2	0,07	3,9	30
	2	3	0,1	4,7	28
	3	4	0,08	4,1	30
	4	5	0,1	2,1	27
	5	6	0,15	2,7	30
	6	7	0,18	3,1	33
	7	8	0,2	3,8	40
	8	9	0,25	4,2	45
	9	10	0,15	4,5	50
Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Э Ю Я	0	1	0,02	3,5	40
	1	2	0,04	4,2	28
	2	3	0,06	4,5	37
	3	4	0,08	3,0	20
	4	5	0,1	4,8	45
	5	6	0,12	4,2	40
	6	7	0,18	2,3	45
	7	8	0,2	4,0	30
	8	9	0,25	2,8	50
	9	10	0,3	3,5	40

Әдебиеттер тізімі

1. Алиев И.И., Калганов С.Т. Электротехнические материалы и изделия. – М.: Academia, 2005. – 280 б.

2. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2005. — 280 б.

3. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. Материаловедение. Учебник. Среднее спец. образование. 2005г. 316 б.

4. Электротехнические материаловедение. Учебное пособие, — Владивосток: 2006г.—115 б.

5. Электротехнические материалы и изделя Справочник. И.Алиев, С.Калганова., — М.: РадиоСофт, 2007г..— 352 б.

6. Серебряков Л.С. Электротехническое материаловедение. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы: Учебное пособие. — М.: ГОУ , 2008. — 372 с. Часть 1, Часть 2.

Мазмұны

Кіріспе.....3
ЕСЖ №1.....4
ЕСЖ №2.....7
ЕСЖ №3.....51
Мазмұны 51

2014ж. жиынтық жоспары, реті 4

Рауза Мендыханқызы Кузембаева
Мукашева Райгуль Толеухановна

ЭЛЕКТРТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛТАНУ

5В071800 – Электр энергетикасы, 5В081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандықтарының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Қасымжанова Б.С
Стандарттау бойынша маман Молдабекова Н.Қ

Басылымға қол қойылды _____ Пішімі 60×84/16
Таралымы 150 дана Баспаханалық қағаз №2
Көлемі оқу 3,25 баспа табақ Тапсырыс 150. Бағасы 1625теңге

"Алматы энергетика және байланыс университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі - көбейткіш бюросы
050013 Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126