

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра електроенергетики, електротехніки  
та електромеханіки**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання контрольної роботи**

**з дисципліни  
«ЕЛЕКТРОМАТЕРІАЛОЗНАВСТВО  
ТА ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ»**

**Частина 1**

**Харків – 2021**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 17 травня 2021 р., протокол № 11.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітніх програм «Електропостачання та ресурсозберігаючі технології», «Електричний транспорт» і 273 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Електровози та електропоїзди» заочної форми навчання.

Укладачі:

доценти О. І. Акімов,  
Д. Л. Сушко

Рецензент

доц. Н. П. Карпенко

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальні методичні вказівки до курсу.....	5
2 Методичні вказівки до виконання контрольної роботи.....	7
3 Питання для виконання контрольної роботи.....	10
4 Задачі для виконання контрольної роботи.....	20
Список літератури.....	30
Додаток А.....	31
Додаток Б.....	33

## ВСТУП

Електротехнічні матеріали, особливо ті, що тільки створюються, були і залишаються головною ланкою у вирішенні багатьох інженерних задач у різних електротехнічних галузях. Сучасне електрообладнання складається з великої кількості різноманітних деталей, для виготовлення яких потрібен широкий асортимент різних електротехнічних матеріалів. Кожний використаний з цією метою матеріал повинен мати певні електричні, механічні і хімічні властивості, які залежать від його хімічного складу і будови, а також інтенсивності зовнішньої енергетичної дії [1, 2, 7].

У зв'язку з цим головним завданням першої частини дисципліни «Електроматеріалознавство та техніка високих напруг» є:

1) вивчення основних фізичних процесів, що відбуваються в матеріалах при дії на них електричного, магнітного або теплового поля і механічної напруги;

2) вивчення залежності електричних, механічних та інших властивостей матеріалів від їхнього хімічного складу і будови;

3) опис властивостей і ознайомлення з матеріалами, які найбільш часто застосовуються в електротехнічних пристроях [3–5, 7].

Ця дисципліна, з одного боку, базується на таких фундаментальних дисциплінах, як фізика, хімія і електротехніка, а з іншого – є їх логічним розвитком і створює основу для вивчення багатьох профільюючих дисциплін електроенергетичного напрямку [7].

Без знання основних властивостей електротехнічних матеріалів, без розуміння фізичних процесів, що протікають у матеріалі, коли його поміщають в електричне або магнітне поле, без розуміння зв'язку цих процесів з хімічним складом і будовою матеріалу не можна спроектувати і виготовити електротехнічне обладнання, неможливо грамотно його експлуатувати [1, 7].

# 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСУ

У першій частині курсу «Електроматеріалознавство та техніка високих напруг» здобувачі вищої освіти вивчають класифікацію матеріалів, основні фізичні явища, які відбуваються в матеріалах під дією на них електричних і магнітних полів, температури, вологості, механічних напружень, дії іонізуючих випромінювань та ін.; взаємозв'язок між структурою, складом матеріалу і фізико-хімічними властивостями; спосіб отримання і умови експлуатації.

Необхідність вивчення курсу визначається тією важливою роллю, що відіграють матеріали при конструюванні та експлуатації найрізноманітнішого сучасного електротехнічного устаткування [2].

Зміст і структура дисципліни передбачає послідовне вивчення електротехнічних матеріалів згідно з їх загальною класифікацією: діелектриків, провідників, напівпровідників і магнітних матеріалів [1–5, 7].

При вивченні діелектричних матеріалів необхідно розібратися у фізичній суті процесів поляризації, отримати уявлення про види поляризації, не пов'язані з розсіюванням енергії (пружне зміщення зарядів) і пов'язані з розсіюванням енергії (сповільнені види поляризації).

При вивченні впливу зовнішніх факторів на поляризацію і на діелектричну проникність слід зрозуміти фізичний смисл та практичну значущість таких параметрів діелектриків, як діелектрична проникність, питомий об'ємний та питомий поверхневий опір, кут діелектричних втрат та питомі діелектричні втрати, електрична міцність діелектриків. Треба знати розрахункові співвідношення, які пов'язують параметри матеріалів з геометричними розмірами виробів з них і їх електричними характеристиками (опір, ємність, діелектричні втрати, електрична міцність ізоляції), зрозуміти характер залежності цих параметрів від температури, вологості, тиску, частоти і прикладеної напруги.

Необхідно засвоїти такі поняття, як нагрівостійкість, теплопровідність, гігроскопічність та вологопроникність

діелектриків. Знати основні класи нагрівостійкості та ізоляційні матеріали, які до них належать [1].

Особливу увагу слід звернути на класифікацію і галузі застосування ізоляційних матеріалів, на особливості властивостей високомолекулярних з'єднань лінійної та просторової будови, синтетичні матеріали підвищеної нагрівостійкості, слід уважно ознайомитися з властивостями неорганічних ізоляційних матеріалів.

Розглядаючи органічні діелектрики, необхідно вивчити загальні і характерні властивості для кожної даної групи матеріалів (бітумів, смол, пластмас, лаків, компаундів). При цьому необхідно виділити групи матеріалів з високими термічними та ізоляційними властивостями – фторорганічні і кремнієорганічні діелектрики, епоксидні смоли і т. д. [2, 7].

При розгляді основних властивостей газоподібних діелектриків необхідно вивчити властивості повітря – найбільш поширеного газоподібного діелектрика, залежності його електротехнічних властивостей від температури і тиску [6].

Велику увагу доцільно приділити електротехнічній кераміці, зокрема її класифікації та властивостям. Необхідно розрізняти матеріали на основі слюди: міканіти, слюдиніти і слюдопласти, знати їхні властивості, а також властивості і галузі застосування сегнетокераміки, азбесту і азбестових матеріалів.

При вивченні напівпровідникових матеріалів спочатку слід з'ясувати загальні властивості та характеристики напівпровідників, особливості їх електричної провідності і залежність її від температури, домішок, напруженості поля, а також особливості властивостей конкретних напівпровідникових матеріалів і галузі їх застосування.

Потрібно добре розуміти фізичні явища, які відбуваються у напівпровідникових матеріалах при дії на них зовнішніх факторів (температури, випромінювань, електричного поля та ін.); запам'ятати методи вимірювання таких основних параметрів напівпровідників, як питома електропровідність, рухомість та концентрація носіїв струму, ширина забороненої зони і енергія активації домішок, а також в яких матеріалах є підвищена термочутливість і в яких приладах використовується.

При розгляді провідникових матеріалів необхідно вивчити особливості залежності електричної провідності і теплопровідності від температури. При вивченні конкретних матеріалів – звернути увагу на галузі їх застосування. При розгляді питання про термо-ЕРС з'ясувати вимоги до комбінацій металів і сплавів для одержання якомога більших його значень при виготовленні термопар і якомога менших значень для сплавів високого опору.

Потрібно знати класифікацію, вимоги і галузі застосування матеріалів високої провідності і високого опору. Мати уявлення про фізичну сутність механізмів низькотемпературної та високотемпературної надпровідності. Знати можливості практичного застосування надпровідників.

При розгляді магнітних матеріалів треба вивчити такі питання: загальні характеристики магнітних матеріалів; призначення і класифікація магнітних матеріалів; основні характеристики в статичних полях; статична і динамічна магнітні проникності; точка Кюрі магнітних матеріалів, характеристика петлі гістерезису, магнітні втрати, їх розрахунок і шляхи зменшення цих втрат; вплив хімічного складу, структури, механічної обробки та термообробки на магнітні властивості матеріалів; магнітом'які та магнітотверді матеріали; низькочастотні магнітом'які матеріали із високою магнітною проникністю: пермалой, альсифер; будова і властивості магнітодіелектриків та феритів.

## **2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

У процесі вивчення курсу здобувачі заочної форми навчання виконують контрольну роботу в обсязі, передбаченому програмою.

Виконання контрольної роботи необхідне для систематизації, закріплення і розширення теоретичних і практичних знань з дисципліни «Електроматеріалознавство та техніка високих напруг». Контрольна робота дає змогу здобувачам вищої освіти опанувати необхідні практичні навички

для вирішення конкретних практичних завдань та організації самостійної роботи.

Контрольна робота містить десять завдань, а саме шість теоретичних питань і чотири задачі (таблиця 1). Номер варіанта контрольних завдань визначається за двома останніми цифрами студентського квитка або номера залікової книжки.

Працюючи над контрольними завданнями, необхідно виконувати певні вимоги. Відповіді на поставлені питання та розв'язання задач слід надавати в тому самому порядку, який указаний у таблиці варіантів. Відповідь на кожне питання має бути подана з нової сторінки і бути повною та обґрунтованою.

При описі окремо взятого або групи електротехнічних матеріалів необхідно обов'язково навести дані (числові), які їх характеризують, а також вказати, де застосовується матеріал, які особливості його властивостей використовуються при цьому і т. д.

Умову задач у контрольній роботі потрібно переписати повністю без скорочень. Розв'язання задач необхідно супроводжувати стислими, але вичерпними поясненнями. Числові значення фізичних величин слід виражати тільки в одиницях СІ.

Таблиця 1 – Варіанти для виконання контрольної роботи

Варіанти	Питання						Задачі			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
00 34 67	1	26	51	101	120	140	1-5	11-3	14-4	21-1
01 35 68	2	27	52	102	119	139	2-5	12-3	15-4	22-1
02 36 69	3	28	53	103	118	138	3-5	13-3	16-4	23-1
03 37 70	4	29	54	104	117	137	4-5	14-3	17-5	24-1
04 38 71	5	30	55	105	116	136	5-5	15-3	18-5	25-1
05 39 72	6	31	56	106	115	135	6-4	16-4	19-5	26-1
06 40 73	7	32	57	107	114	134	7-4	17-4	20-5	27-1
07 41 74	8	33	58	100	113	133	8-4	18-4	11-1	28-2
08 42 75	9	34	59	99	112	132	9-4	19-4	12-1	21-2
09 43 76	10	35	60	98	111	131	10-4	20-5	13-1	22-2
10 44 77	11	36	61	97	110	130	1-4	11-5	14-1	23-2
11 45 78	12	37	62	96	109	129	2-3	12-5	15-1	24-2
12 46 79	13	38	63	95	108	128	3-3	13-5	16-4	25-2



Продовження таблиці 1

Варіанти	Питання						Задачі			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13 47 80	14	39	64	94	107	127	4-3	14-5	17-4	26-2
14 48 81	15	40	65	93	106	126	5-3	15-1	18-4	27-3
15 49 82	16	41	66	92	105	125	6-3	16-1	19-4	28-3
16 50 83	17	42	67	91	104	124	7-2	17-1	20-4	21-3
17 51 84	18	43	68	90	103	123	8-2	18-1	11-5	22-3
18 52 85	19	44	69	89	102	122	9-2	19-1	12-5	23-3
19 53 86	20	45	70	88	101	121	10-2	20-2	13-5	24-3
20 54 87	21	46	71	87	119	139	1-2	11-2	14-5	25-3
21 55 88	22	47	72	86	118	138	2-1	12-2	15-5	26-4
22 56 89	23	48	73	85	117	137	3-1	13-2	16-3	27-4
23 57 90	24	49	74	84	116	136	4-1	14-2	17-3	28-4
24 58 91	25	50	75	83	115	135	5-1	15-2	18-3	21-4
25 59 92	1	26	51	82	114	134	6-2	16-3	19-5	22-4
26 60 93	2	27	52	81	113	133	7-2	17-3	20-5	23-4
27 61 94	3	28	53	80	112	132	8-2	18-3	11-5	24-5
28 62 95	4	29	54	79	111	131	9-2	19-3	12-1	25-5
29 63 96	5	30	55	78	110	130	10-3	20-3	13-1	26-5
30 64 97	6	31	56	77	109	129	1-3	11-4	14-1	27-5
31 65 98	7	32	57	76	108	128	2-3	12-4	15-1	28-5
32 33 66 99	8	33	58	75	107	127	3-3	13-4	16-1	21-5

Якщо в умові задачі не вказано числових значень параметрів матеріалів, слід звернутися до рекомендованої літератури або додатків А і Б.

Наприкінці контрольної роботи слід вказати список використаної літератури.

### 3 ПИТАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1 Які матеріали належать до електротехнічних і за якими ознаками вони класифікуються?

2 Стисла характеристика основних видів зв'язку атомів та молекул при утворюванні речовин. Наведіть приклади речовин з цими видами зв'язків. Укажіть їхні електротехнічні властивості.

3 Наведіть приклади нейтральних (неполярних, симетричних) і полярних (дипольних, несиметричних) діелектриків і вкажіть, у чому полягає різниця їхніх основних властивостей. Вкажіть для названих матеріалів значення діелектричної проникності, питомих опорів і тангенса кута діелектричних втрат. Що називається дипольним моментом молекули речовини?

4 Сформулюйте основні положення зонної теорії твердих тіл. У чому полягає різниця між діелектриками, напівпровідниками та провідниками з точки зору цієї теорії?

5 Дайте визначення процесу поляризації. Наведіть приклади діелектриків з різними видами поляризації і вкажіть їхню діелектричну проникність.

6 Перелічіть основні механізми поляризації та вкажіть їхні головні особливості. Наведіть класифікацію діелектриків за видами поляризації. Назвіть по 5-6 діелектриків, які належать до кожної групи, і вкажіть значення діелектричної проникності кожного названого діелектрика.

7 Викладіть суть самочинної (спонтанної) поляризації і зазначте її особливості.

8 Наведіть приклади залежностей діелектричної проникності рідких діелектриків від температури та частоти і поясніть їх.

9 Наведіть приклади залежностей діелектричної проникності твердих діелектриків від температури та частоти і поясніть їх.

10 Сегнетоелектрики, їхні властивості та застосування. Поясніть у сегнетоелектриках залежність діелектричної проникності від напруженості електричного поля і температури.

11 Наведіть приклади діелектриків, які володіють переважно електронною, іонною, дипольною, самочинною поляризацією.

12 Побудуйте якісні графіки зміни діелектричної проникності нейтральних і полярних рідких діелектриків залежно від температури та частоти і поясніть їх. Наведіть приклади вказаних діелектриків.

13 Яким чином можна розрахувати значення діелектричної проникності суміші двох або більше діелектриків, які не вступають один з одним у хімічне сполучення? Опишіть усі випадки.

14 Класифікація електроізоляційних матеріалів за видами поляризації. Наведіть приклади діелектриків, які застосовуються в електроенергетиці та електромеханіці.

15 Охарактеризуйте електричну провідність діелектриків. Які фактори впливають на об'ємну і поверхневу електричну провідність? Наведіть приклади визначення питомого об'ємного і поверхневого опору.

16 Електрична провідність газів. Самостійна і несамостійна провідність газу. Поясніть струм насичення в газах.

17 Електропровідність рідких діелектриків та її залежності від температури. Електрофоретична провідність. Електропровідність рідких неполярних діелектриків.

18 Охарактеризуйте електропровідність діелектриків. Вкажіть характерні особливості електропровідності твердих діелектриків.

19 Поясніть вплив температури і напруженості електричного поля на електричну провідність твердих діелектриків.

20 Дайте класифікацію твердих діелектриків з точки зору поверхневої провідності. Укажіть способи зниження поверхневої провідності.

21 Поясніть, у чому полягає відмінність між електропровідністю та релаксаційною поляризацією у твердих діелектриках.

22 Як відрізняються за електропровідністю полярні електроізоляційні матеріали від неполярних?

23 Дайте визначення діелектричних втрат. Охарактеризуйте природу втрат у постійних та змінних полях. Що називається кутом електричних втрат? Наведіть вираз визначення повних та питомих втрат.

24 Наведіть схеми заміщення діелектрика з втратами і векторні діаграми для них. Порівняйте між собою параметри цих втрат. Наведіть умову еквівалентності схем.

25 Охарактеризуйте види діелектричних втрат. Наведіть приклади діелектриків, в яких переважають окремі види втрат. Для всіх названих матеріалів укажіть тангенс кута діелектричних втрат.

26 Охарактеризуйте діелектричні втрати в газах. Що називається кривою іонізації електричної ізоляції (наведіть і поясніть її), і яке практичне значення вона має?

27 Охарактеризуйте температурні залежності  $\epsilon$  і  $\text{tg}\delta$  при релаксаційній поляризації. Що називається часом релаксації?

28 Охарактеризуйте діелектричні втрати в нейтральних та полярних рідких діелектриках. Наведіть приклади залежностей цих втрат від температури та частоти, поясніть їх.

29 Охарактеризуйте діелектричні втрати у твердих діелектриках. Наведіть приклади залежностей  $\text{tg}\delta$  від температури і частоти. Дайте характеристику полімерних діелектриків.

30 Чому під дією електричного поля тверді діелектрики нагріваються?

31 Поясніть різницю між поняттями «тангенс кута діелектричних втрат» і «коефіцієнт діелектричних втрат».

32 Як залежить пробивна напруга газів від добутку тиску газу на відстань між електродами при незмінній температурі? Наведіть числові значення мінімальних пробивних напруг для різних газів.

33 Опишіть процес пробою газів в однорідному полі. Наведіть залежність електричної міцності газів від відстані між електродами та поясніть її.

34 Опишіть процес пробою газів у неоднорідному полі.

35 Наведіть приклад залежності електричної міцності газів від тиску (при постійній температурі) та поясніть її.

36 Пробій рідких діелектриків. Що впливає на електричну міцність рідини?

37 Поясніть принцип електротеплового пробою в діелектриках і які закономірності його розвитку?

38 Охарактеризуйте види пробою твердих діелектриків. Опишіть вплив природи діелектриків і зовнішніх факторів на електричну міцність.

39 Поясніть, чи є напруга теплового пробою характеристикою діелектрика?

40 Поясніть, як електрична міцність твердого діелектрика змінюється з підвищенням температури в разі електричного та теплового пробою.

41 Поясніть відмінність електричної міцності електроізоляційних матеріалів при постійній і змінній напругах.

42 Перелічіть і охарактеризуйте основні показники властивостей діелектричних матеріалів.

43 Поняття вологості, гігроскопічності, змочуваності, вологопроникності електроізоляційних матеріалів. Як визначаються гігроскопічність та вологопроникність? Наведіть приклади діелектриків з малими та великими значеннями гігроскопічності та вологопроникності.

44 Назвіть електроізоляційні матеріали, які мають високу гігроскопічність. Наведіть заходи або засоби зменшення гігроскопічності.

45 Наведіть класи нагрівостійкості електричної ізоляції та вкажіть матеріали, які належать до кожного з класу.

46 Як впливає радіаційне опромінювання на електричні, механічні та теплові властивості діелектриків?

47 Яке практичне значення має теплопровідність і температурний коефіцієнт розширення електроізоляційних матеріалів? В яких одиницях вони вимірюються? Наведіть приклади діелектриків, які мають найбільші та найменші значення температурного коефіцієнта розширення.

48 Методи визначення питомої ударної в'язкості і теплостійкості пластичних мас. Наведіть приклади питомої в'язкості і теплостійкості для декількох діелектриків.

49 Наведіть приклади зміни механічних, теплових і електричних властивостей діелектриків при радіоактивному опромінюванні.

50 Поясніть різницю між органічними і неорганічними діелектриками. Наведіть приклади органічних і неорганічних діелектриків і вкажіть їхні властивості.

51 Назвіть гази, які мають підвищену порівняно з повітрям електричну міцність; вкажіть їхні основні властивості та галузі застосування.

52 Дайте характеристику природних і синтетичних рідких діелектриків. Наведіть приклад їх, характеристики та галузі застосування.

53 Опишіть процес отримання трансформаторного масла. Які хімічні процеси відбуваються в маслі при роботі трансформатора?

54 Назвіть фактори, які прискорюють і уповільнюють старіння трансформаторного масла.

55 Охарактеризуйте процес очищення ізоляційних масел. Яка ефективність окремих способів очищення?

56 Опишіть властивості совола і совтола і порівняйте їх з властивостями трансформаторного масла.

57 Які речовини називаються полімерами? Наведіть приклади лінійних і просторових, термореактивних і термопластичних полімерів, наведіть їх основні характеристики.

58 Що називають смолами і на які групи вони поділяються? В чому відмінність між природними і синтетичними смолами?

59 Охарактеризуйте процеси полімеризації і поліконденсації. Наведіть діелектрики, які отримані за допомогою полімеризації і поліконденсації, та їхні властивості.

60 У чому різниця між смолами та воскоподібними діелектриками? Наведіть приклади та опишіть їхні властивості.

61 Охарактеризуйте механічні, теплові та хімічні властивості діелектриків.

62 Способи утворення і основні характеристики синтетичних рідких діелектриків.

63 Наведіть приклади і вкажіть основні властивості рідких і твердих фторорганічних електроізоляційних матеріалів.

64 Склад, властивості і галузі застосування поліхлорвінілу в електроізоляційній техніці. Залежність властивостей матеріалу від його хімічного складу і будови.

65 Як отримують термопластичні і термореактивні фенолформальдегідні смоли? Наведіть приклади вказаних смол і їхні основні параметри. Для чого вони використовуються в електротехніці?

66 Опишіть властивості, особливості і наведіть приклади поліефірних смол. Галузі застосування вказаних смол.

67 Особливості і галузі застосування епоксидних смол.

68 Основні види кремнієорганічних електроізоляційних матеріалів, їхні властивості і галузі застосування.

69 Які смоли знаходять широке застосування при виготовленні лаків і пластмас? Наведіть приклади смол і вкажіть їхні властивості.

70 Наведіть приклади і вкажіть основні властивості рідких і твердих фторорганічних електроізоляційних матеріалів.

71 Основні види електроізоляційних матеріалів, їхні властивості і галузі застосування.

72 Які мастила є висихаючими? Вкажіть їхні властивості і галузі застосування.

73 Наведіть властивості бітумів і компаундів. В яких галузях вони використовуються як ізоляційні матеріали?

74 Наведіть класифікацію електроізоляційних лаків, їхні основні характеристики та галузі застосування.

75 Наведіть приклади волокнистих ізоляційних матеріалів, їх переваги і недоліки.

76 Опишіть різні види ізоляційного паперу, електротехнічного картону, вкажіть їхні властивості та галузі застосування.

77 Опишіть властивості целюлози та галузі застосування.

78 Наведіть характеристики локотканин і галузі застосування.

79 Стисло опишіть технологію виготовлення пластичних мас. Вкажіть основні складові частини пластмас, особливості пластмас без наповнювачів.

80 Дайте характеристику основних видів шаруватих пластмас, вкажіть їхні властивості і галузі застосування.

81 Охарактеризуйте процес вулканізації каучуку. Опишіть властивості гум та ебоніту.

82 Класифікуйте електроізоляційні стекла за хімічним складом. Якими засобами поліпшують електроізоляційні властивості стекол?

83 Наведіть типи неорганічного скла та їх класифікацію. Опишіть електричні та теплові властивості електротехнічного скла.

84 Опишіть процес отримання скловолокна. Вкажіть галузі застосування в електроізоляційній техніці.

85 Керамічні діелектрики, основні етапи виробництва. Наведіть типи керамічних матеріалів та галузі їх застосування.

86 Опишіть процес виробництва і властивості фарфору. Яка мета глазурування фарфору?

87 Наведіть приклади керамічних матеріалів установлювальної та конденсаторної групи, назвіть їхні властивості і галузі їх застосування.

88 Назвіть і опишіть види високочастотної установлювальної кераміки. Вкажіть особливості і галузі їх застосування.

89 Які властивості високочастотної конденсаторної кераміки? Наведіть марку кераміки та вкажіть особливості і галузі застосування.

90 Що називають слюдою? Основні матеріали на основі слюди та їх використання в електроізоляційному виробництві.

91 Опишіть різні марки конденсаторної слюди і вимоги до них.

92 Що становлять собою міканіти? Які є типи міканітів та особливості їх застосування?

93 Що становлять собою мікалекси? Властивості мікалексу на основі синтетичної слюди.

94 Наведіть характеристику електроізоляційних матеріалів на основі азбесту і вкажіть галузі їх застосування.

95 Які матеріали називають активними діелектриками? Яка відмінність сегнетоелектриків від звичайних діелектриків?

96 Дайте характеристику основних груп електроізоляційних матеріалів на основі слюди і вкажіть галузі застосування цих матеріалів.



97 Опишіть основні показники властивостей напівпровідникових матеріалів.

98 Порівняйте фізичну сутність процесів електричної провідності в напівпровідниках та діелектриках.

99 Опишіть різні види електричної провідності напівпровідників. Власна і домішкова провідність. У чому різниця між напівпровідниками типу  $n$  і  $p$ ?

100 Як і чому впливають зовнішні фактори (температура, напруженість електричного поля, освітленість) на опір напівпровідникових матеріалів?

101 Перелічіть хімічні елементи з властивостями напівпровідників, які найбільш широко застосовуються. Їхні властивості і галузі застосування.

102 Охарактеризуйте напівпровідникові хімічні з'єднання та багатофазні матеріали. Їхні властивості і галузі застосування.

103 Основні властивості  $p$ - $n$  переходів та їх практичне застосування. Вентильні властивості напівпровідникових матеріалів.

104 Фотопровідність у напівпровідниках, фотоопори та їх характеристики? Які матеріали використовуються при їх виготовленні?

105 Опишіть напівпровідникові матеріали на основі карбиду кремнію і вкажіть галузі їх застосування.

106 Яким способом можна визначити тип електричної провідності напівпровідників?

107 Опишіть ефект Холла в напівпровідниках і його застосування для визначення параметрів напівпровідників.

108 Поясніть зв'язок ширини забороненої зони напівпровідника з його чутливістю до зовнішніх енергетичних впливів.

109 Конструкція і різновиди терморезисторів. Наведіть характеристику напівпровідникових терморезисторів та галузі їх застосування.

110 Нелінійні резистори. Вкажіть основні властивості та галузі застосування. Дайте характеристику таких напівпровідникових матеріалів, як кремній, германій.

111 Класифікація провідникових матеріалів. Опишіть характер електричної провідності провідникових матеріалів та їхні основні властивості.

112 Наведіть приклади основних матеріалів високої провідності, які застосовуються в електропромисловості. Їхні основні параметри та властивості.

113 Мідь. Марки міді. Властивості м'якої та твердої міді і галузь їх застосування.

114 Наведіть основні властивості алюмінію та порівняйте їх з властивостями міді. В чому полягає техніко-економічне обґрунтування заміни міді на алюміній?

115 Сплави міді та алюмінієві сплави, їх призначення та властивості.

116 Опишіть процес виробництва біметалу. Призначення і властивості біметалевих та сталєалюмінієвих проводів.

117 Поясніть явище надпровідності в провідникових матеріалах. Дайте характеристику надпровідників та кріопровідників і вкажіть галузі їх застосування.

118 Наведіть приклади застосування явища надпровідності в електроенергетичній галузі.

119 Дайте характеристику матеріалів високого опору. Наведіть найбільш поширені сплави, вкажіть їхні властивості та галузі застосування.

120 Які сплави високого опору застосовуються у вимірювальних приладах, електронагрівальних приладах та реостатах? Вкажіть їхній хімічний склад та властивості.

121 Опишіть явище термо-ЕРС і наведіть основні матеріали, які застосовуються для виготовлення термопар.

122 Дайте характеристику електровугільних виробів. Опишіть процес виробництва та галузі застосування.

123 Опишіть такі матеріали, як ніхроми, фехралі та хромалі. Вкажіть їхній хімічний склад, основні характеристики і де вони застосовуються.

124 Дайте характеристику матеріалів, які застосовуються для розривних контактів. Наведіть приклади цих матеріалів, їх характеристики та галузі застосування.

125 Охарактеризуйте основні фактори, які негативно впливають на матеріали, що застосовуються для рухомих контактів?

126 Обмотувальні дроти та їх класифікація за видом ізоляції.

127 Наведіть види кабелів, їх характеристики і де їх застосовують.

128 Процес намагнічування феромагнітних матеріалів. Якими параметрами характеризуються феромагнітні матеріали в постійних та змінних полях?

129 Призначення магнітом'яких матеріалів. Назвіть приклади таких матеріалів і вкажіть їхні основні магнітні властивості.

130 Опишіть залізонікелеві сплави з високою магнітною проникністю. Вкажіть основні галузі їх застосування.

131 Електротехнічна сталь, маркування та її основні властивості і застосування.

132 Що являють собою пермалой, альсифер, їхні властивості і галузі застосування.

133 Що таке магнітострикція та в яких матеріалах вона найбільше спостерігається? Опишіть властивість магнітних матеріалів, які обумовлені магнітною анізотропією.

134 Дайте характеристику магнітних матеріалів спеціального призначення. Ферити для надвисоких частот і з прямокутною петлею гістерезису.

135 Магнітні параметри карбонільних і альсиферових та інших магнітодіелектриків. Галузі їх застосування.

136 Крем'яниста електротехнічна сталь. Вплив наявності кремнію на електричні, магнітні та механічні властивості сталі.

137 Призначення магнітотвердих матеріалів. Наведіть приклади таких матеріалів та їх основні параметри.

138 Що являють собою ферити? Основні властивості і галузі застосування феритів.

139 Поясніть залежність магнітної проникності від температури та частоти магнітного поля. Якими параметрами характеризується петля гістерезису?

140 Дайте характеристику магнітних втрат у феромагнітних матеріалах. Як вони оцінюються? Від яких факторів залежать ці втрати?

## 4 ЗАДАЧІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1 Діелектрик плоского конденсатора є сполучення двох матеріалів. Побудувати графіки залежності діелектричної проникності суміші двох компонентів від їх об'ємного вмісту, коли вони включені: а) послідовно; б) паралельно.

Обидва графіки побудувати в одній системі координат. Як незалежну змінну прийняти об'ємний вміст одного з матеріалів (від 0 до 1). Варіанти задачі подано у таблиці 2.

Таблиця 2

Варіанти	Діелектрик
1	Поліетилен, поліхлорвініл.
2	Полістирол, органічне скло.
3	Фторопласт, полівінілхлорид.
4	Ескапол, текстоліт.
5	Гетинакс, фторопласт

2 Діелектрик конденсатора являє собою суміш двох матеріалів (таблиця 3). Яким має бути співвідношення компонентів, щоб  $Tk\epsilon_c$  суміші дорівнювало нулю? Якою буде діелектрична проникність суміші? Дані про електричні матеріали взяти зі списку літератури.

Таблиця 3

Варіанти	Діелектрик
1	Тиконд Т-40, ультрафарфор.
2	Тиконд Т-40, мікалекс.
3	Тиконд Т-80, ультрафарфор.
4	Тиконд Т-80, мікалекс.
5	Тиконд Т-130, ультрафарфор

3 Є два плоских конденсатори: а) повітряний, з відстанню між електродами  $d=d_1+d_2$ ; б) двошаровий, в якому ізоляція складається з шару повітря товщиною  $d_1$  та пластини товщиною  $d_2$  з твердого діелектрика із діелектричною проникністю  $\epsilon_2$ .

Побудувати графік розподілу напруженості електричного поля в конденсаторі з твердим діелектриком і без нього при напрузі на обкладках  $U$  (таблиця 4).

Таблиця 4

Варіант	Діелектрик	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$U$ , кВ
1	Мікалекс	5	1	7
2	Полістирол	6	2	10
3	Поліетилен	7	2	12
4	Фторлон-4	8	3	20
5	Вініпласт	6	1	15

4 На двошаровий конденсатор з неоднорідним діелектриком подано змінну напругу  $U$  (таблиця 5). Шари мають товщину  $d_1$  і  $d_2$  та складаються з різних електроізоляційних матеріалів. Визначити напругу на шарах і напруженість поля в них, а також діелектричну проникність суміші двох компонентів.

Таблиця 5

Варіант	Перший шар		Другий шар		$U$ , кВ
	Діелектрик	$d_1$ , мм	Діелектрик	$d_2$ , мм	
1	Мусковіт	0,5	Поліетилен	1,0	1,0
2	Полістирол	2,0	Флогопіт	1,0	2,0
3	Мікалекс	3,0	Поліамід	1,5	0,5
4	Поліетилен	4,0	Ситал	2,0	0,5
5	Вініпласт	5,0	Поліетилен	1,0	2,5

5 Двошаровий діелектрик включений на змінну напругу. На першому шарі напруга  $U_1$ , на другому –  $U_2$ ; товщина шару дорівнює відповідно  $h_1$  і  $h_2$  (таблиця 6). Визначити відносну діелектричну проникність першого шару, коли діелектрична проникність другого шару  $\epsilon_2=5$ , і діелектричну проникність суміші двох компонентів.

Таблиця 6

Варіант	$U_1, В$	$U_2, В$	$h_1, мм$	$h_2, мм$
1	600	1200	1	4,0
2	500	1000	1,71	3,0
3	400	1600	0,5	2,0
4	275	1100	0,81	1,6
5	1000	600	4,0	1,0

Укажіть діелектрик, якому відповідає одержане значення діелектричної проникності.

6 Конденсатор із матеріалу з діелектричною проникністю  $\epsilon$  був заряджений до напруги  $U_1$ , після чого джерело було вимкнено. За час  $t$  напруга на обкладках конденсатора знизилась до напруги  $U_2$  (таблиця 7). Визначити постійну часу саморозряду конденсатора і питомий об'ємний опір його діелектрика. Поверхневим витоком у розрахунках знехтувати.

Таблиця 7

Варіант	$\epsilon$	$U_1, В$	$U_2, В$	$t, хв$
1	6	1000	200	5
2	2,5	200	40	180
3	2	500	100	40
4	3	1200	240	1
5	4	400	80	50

7 Визначити опір ізоляції конденсатора, коли через час  $t$  після його вимкнення від джерела живлення різниця потенціалів на обкладках зменшилась на  $n$ . Ємність конденсатора дорівнює  $C$  (таблиця 8).

Таблиця 8

Варіант	$t, с$	$C, мкф$	$n, \%$
1	20	2	5
2	20	10	10
3	30	20	5
4	40	25	10
5	50	30	10

8 Між плоскими електродами розташований кубик з діелектрика з ребром  $a$ . Обчислити величину діелектричних втрат у діелектрику при напрузі  $U$  (діюче значення) частоти  $f$  (таблиця 9).

Таблиця 9

Варіант	Діелектрик	$U$ , кВ	$a$ , мм	$f$ , Гц
1	Фарфор	1	10	50
2	Скло	2	20	$10^2$
3	Ексапон	5	50	$10^3$
4	Бакеліт	10	25	$10^4$
5	Фторолон-4	15	40	$10^5$

9 Мідний циліндричний провід перерізом  $S$  має поліхлорвінілову ізоляцію товщиною  $d$  з екрануючим мідним обплетенням (таблиця 10). Обчислити діелектричні втрати в ізоляції на 1 км проводу при температурі  $-20 - +60$  °С і частотах 50 і 400 Гц. Напряга між жилою та обплетенням дорівнює  $U$  (діюче значення). Необхідні дані вибрати з рекомендованої літератури.

Таблиця 10

Варіант	$S$ , мм	$d$ , мм	$U$ , мм
1	10	1	1
2	5	2	0,8
3	14	3	0,6
4	18	4	1,2
5	22	5	1,5

10 На дві протилежні грані кубика з ребром  $a=20$  мм нанесені шари металу, які є електродами, через які кубик вмикається в електричне коло. Визначити, використовуючи таблицю 9, сталий струм крізь кубик і діелектричні втрати при постійній напрузі  $U=2$  кВ, якщо питомий об'ємний опір діелектрика  $\rho_v$ , а поверхневий –  $\rho_s$ .

11 Визначити сталий струм у плоскому конденсаторі з твердим діелектриком і втрати потужності в ньому при постійній

напрузі  $U$ . Товщина діелектрика  $h$ ; площа обкладок (з кожної сторони)  $S$  (таблиця 11). Поверхневим витокком знехтувати. Якими будуть діелектричні втрати при змінній напрузі (діюче значення) частоти 1000 Гц?

Таблиця 11

Варіант	Діелектрик	$U$ , кВ	$h$ , мм	$S$ , см <sup>2</sup>
1	Мікалекс	10	0,9	25
2	Полістирол	1	0,2	20
3	Поліетилен	5	1,0	10
4	Фторолон-4	7	2,0	15
5	Вініпласт	6	1,5	12

12 Плоский конденсатор з діелектриком має розміри обкладок  $5 \times 5$  см<sup>2</sup> і товщину діелектрика 10 мм. Визначити: а) силу струму витокку та розсіяну в діелектрику потужність при постійній напрузі 5 кВ; б) розсіяну в діелектрику конденсатора потужність при змінній напрузі 5 кВ і частоті 50 Гц (діелектрик для свого варіанта вибрати з таблиці 4).

13 Циліндричний стрижень діаметром 10 мм і довжиною 20 мм, виготовлений з діелектричного матеріалу, затиснутий двома металевими електродами, між якими підтримується напруга постійного струму 500 В. Визначити струм крізь стрижень і втрати потужності в ньому, використовуючи таблицю 9.

14 Визначити питомий об'ємний та поверхневий опір діелектрика циліндричної форми довжиною 20 мм і діаметром 5 мм (електроди нанесені на торець зразка), якщо відомо, що струм у колі з діелектриком при постійній напрузі  $U$  дорівнює  $I$ , а потужність втрат складає  $P$  (таблиця 12). Як зміниться струм у колі і потужність втрат у діелектрику, якщо напруга збільшиться у 2 рази, а питомий об'ємний опір зменшиться у 100 разів?



Таблиця 12

Варіант	U, кВ	I, мкА	P, мкВт
1	3	1	0,1
2	2	5	12
3	6	15	80
4	1	4	0,8
5	4	20	50

15 Трубка з діелектрика має розміри: внутрішній діаметр  $d_1$ , зовнішній діаметр  $d_2$  (таблиця 13). Побудувати графіки залежності діелектричних втрат у температурному діапазоні від  $T_1$  до  $T_2$ : а) при постійній напрузі  $U$ ; б) при змінній напрузі  $U$  (діюче значення). Електроди нанесені на торцеву поверхню трубки.

Таблиця 13

Варіант	Діелектрик	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	U, кВ	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$
1	Поліетилен	2	5	2	-20	100
2	Полівінілхлорид	1,5	4,5	1,5	-20	60
3	Полістирол	1	4	1	0	100
4	ПЕТФ	2,5	5	0,5	+20	120
5	Поліефір	3	6	2,5	+20	120

16 Побудувати графік залежності температурного коефіцієнта об'ємного опору діелектрика від температури, використовуючи таблицю 13.

17 Визначити повний струм витоку і діелектричні втрати в ізоляторі, виготовленому у вигляді трубки довжиною 10 см, внутрішній діаметр – 5 мм, зовнішній діаметр – 12 мм. Задачу розв'язувати для випадку розташування електродів на торцевій поверхні трубки. Струм витоку визначити при постійній напрузі  $U=1$  кВ. Діелектричні втрати обчислити при змінній напрузі. Матеріал діелектрика вибрати із таблиці 9.

18 Діелектрик конденсатора утворений двома шарами твердого діелектрика, між якими є повітряний зазор. До

електродів конденсатора прикладена напруга з частотою 50 Гц, яка поступово підвищується. При якій напрузі відбудеться розряд у повітряному зазорі? Як зміниться значення цієї напруги, коли повітря в зазорі замінити елегазом? Товщина кожного шару твердого діелектрика  $d_2$ , а товщина повітряного зазору  $d_1$  (варіант вибрати за таблицею 4).

19 Шаруватий діелектрик складається з  $n_1$  шарів електроізоляційного матеріалу товщиною  $h_1$  і  $n_2$  шарів конденсаторного масла товщиною  $h_2$  (таблиця 14). Дані електроізоляційних матеріалів взяти зі списку літератури. Визначити пробивну напругу діелектрика: а) при постійній напрузі; б) при частоті 50 Гц.

Таблиця 14

Варіант	Діелектрик	$h_1$ , мкм	$n_1$	$h_2$ , мкм	$n_2$
1	Полістирол	100	15	100	14
2	Поліетилен	150	25	50	24
3	Фторлон-4	100	6	150	5
4	Вініпласт	500	9	200	8
5	Полікарбонат	100	20	100	19

20 Двошаровий конденсатор з неоднорідним діелектриком працює при змінній напрузі. Шари мають товщини  $d_1$  і  $d_2$  та складаються з різних електроізоляційних матеріалів. Визначити пробивну напругу конденсатора (із таблиці 5 вибрати для свого варіанта комбінації діелектриків та їх товщини).

21 Опір проводу при температурі  $t_1=20$  °С і  $t_2=100$  °С дорівнює відповідно  $R_1$  і  $R_2$  (таблиця 15). Визначити середній температурний коефіцієнт питомого опору і вказати, якому матеріалу він відповідає. Чому дорівнює переріз проводу при температурі  $t_2$ , якщо його довжина  $l$ ? Зміною розмірів проводу при зміні температури нехтуємо.

Таблиця 15

Варіант	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$l$ , м
1	6,1	8,2	1000
2	5,0	6,8	500
3	6,5	8,0	900
4	7,0	7,6	100
5	5,8	6,9	25

22 Питомий опір мідних струмопровідних жил силових кабелів має не перевищувати  $0,0184 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ . Визначити, на скільки можна зменшити фактичний переріз жили одножильного кабелю перерізом  $S$  (таблиця 16) за умови, що питомий опір, який йде на виготовлення дроту, дорівнює  $0,017 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$  (при скручуванні дротів опір струмопровідної жили кабелю збільшується на 2 %). Скільки кілограмів міді можна заощадити на 1 км кабелю при такому зменшенні перерізу?

23 Питомий опір алюмінієвих струмопровідних жил силових кабелів має не перевищувати  $0,031 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ . Визначити, на скільки можна зменшити фактичний переріз трижильного кабелю перерізом  $3\times S$  (дивись таблицю 16) за умови, що питомий опір алюмінію, який йде на виготовлення дроту, дорівнює  $0,028 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$  (при скручуванні дроту в жилу та ізольованих жил у трифазний кабель опір жили збільшується на 3 %). Скільки кілограмів алюмінію можна заощадити на 1 км кабелю при такому зменшенні перерізу?

Таблиця 16

Варіант	$S$ , $\text{мм}^2$
1	20
2	35
3	40
4	50
5	75

24 Визначити розміри (переріз  $S$ ; діаметр  $d$ ) біметалевого дроту (сталь усередині, мідь ззовні), що призначений для заміни мідного дроту перерізом  $S_1$ , який має таку саму провідність.

Прийняти, що переріз міді складає  $n$  загального перерізу біметалевого дроту (таблиця 17).

Таблиця 17

Варіант	$S_1$ , мм	$n$ , %
1	10	20
2	12	25
3	16	20
4	14	10
5	20	10

25 Потужність електронагрівального елемента при напрузі 200 В складає 500 Вт. Визначити довжину дроту діаметром 1 мм, яка необхідна для виготовлення цього елемента. Робоча температура нагрівального елемента дорівнює  $t$  (таблиця 18).

Таблиця 18

Варіант	Матеріал	$t$ , °C
1	Вольфрам	300
2	Ніхром Х15Н60	800
3	Ніхром Х20Н80	1000
4	Фехраль Х13Ю4	500
5	Фехраль Х23Ю5	1000

26 Визначити напругу на клеммах генератора, що живить електродвигун, який розташований на відстані  $S$  від електростанції та розрахований на силу струму 10 А при напрузі 120 В, якщо проводка складається з мідного проводу діаметром  $d$  (таблиця 19).

Таблиця 19

Варіант	$S$ , км	$d$ , мм
1	1,5	4,0
2	10,0	6,0
3	0,7	2,0
4	3,7	4,0
5	4,2	6,0

27 Споживач отримує електроенергію від генератора змінного струму потужністю  $P$ , який розташований на відстані  $L$  від неї. Напруга на затискачах генератора  $U$  (таблиця 20). Розрахувати переріз мідного проводу, що з'єднує генератор із споживачем, якщо падіння напруги в проводі має не перевищувати 5%.

Таблиця 20

Варіант	$U$ , В	$L$ , км	$P$ , кВт
1	220	10,0	100,0
2	110	1,0	10,0
3	220	0,8	7,0
4	380	10,0	10,0
5	220	5,0	20,0

28 Опір відрізка проводу при температурі  $t_1$  дорівнює 50 Ом, а при  $t_2$  дорівнює 160 Ом. Визначити  $TK_p$  і матеріал жили проводу (таблиця 21).

Таблиця 21

Варіант	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C
1	-50	+50
2	-20	25
3	20	120
4	50	250
5	15	75

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Василенко І. І., Широков В. В., Василенко Ю. І. Конструкційні та електротехнічні матеріали: навч. посіб. Львів: Магнолія-2006, 242 с.

2 Леонт'єв В. О., Бевз С. В., Видмиш В. А. Електротехнічні матеріали: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2013. 122 с.

3 Журавльова Л. В., Бондар В. М. Електроматеріалознавство: підручник. Київ: Грамота, 2006. 312 с.

4 Indulkar C. S., Thiruvengadam S. An Introduction To Electrical Engineering Materials: S.Chand & Company Limited, 2008. 468 p.

5 Rajput R. K. A Textbook of Electrical Engineering Materials. Firewall Media, 2004. 449 p.

6 Акімов О. І., Сушко Д. Л. Техніка високих напруг. Ізоляція та перенапруги в пристроях електропостачання і електричної тяги залізничного транспорту: навч. посіб. з грифом МОН. Харків: УкрДАЗТ, 2009. 217 с.

7 Колесов С. Н., Колесов И. С. Электротехнические и конструкционные материалы: учебн. для студентов электротехнических и электромеханических специальностей вузов. Киев: Транспорт Украины, 2002. 384 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Основні електричні параметри електроізоляційних матеріалів

Матеріали	$\epsilon$ (при 50 Гц)	$\rho_v$ , Ом·м	$\rho_s$ , Ом	$\text{tg } \delta$ (при 50 Гц)	E, МВ/м (при 50 Гц)	ТКЕ, 1/град	Нагріво- стійкість
Поліетилен	2,3-2,4	$10^{14}-10^{15}$	$10^{14}$	$1-5 \cdot 10^{-4}$	15-20	-	$90^0-120^0$
Полістирол	2,4-2,6	$10^{14}-10^{15}$	$10^{15}$	$1-3 \cdot 10^{-4}$	20-35	-	$70^0-90^0$
Політетрафторетилен (фторопласт-4)	1,9-2,2	$10^{15}-10^{16}$	$10^{17}$	$1-2 \cdot 10^{-4}$	20-30	-	$250^0-300^0$
Політрифторхлоретилен (фторопласт-3)	2,3	$10^{15}-10^{16}$	$10^{17}$	$1-2 \cdot 10^{-2}$	20-25	-	$190^0$
Поліхлорвініл	3-5	$10^{13}-10^{14}$	$10^{13}-10^{14}$	$3-8 \cdot 10^{-2}$	15-20	-	$60^0-70^0$
Поліметилметакрилат (органічне скло)	3,5-4,5	$10^{11}-10^{12}$	$10^{11}-10^{12}$	$2-8 \cdot 10^{-2}$	20-30	-	$70^0-90^0$
Епоксидні смоли	3-4	$10^{12}-10^{13}$	$10^{13}$	$1-3 \cdot 10^{-2}$	20-80	-	$120^0-140^0$
Поліамідні смоли	3-4	$10^{11}-10^{12}$	$10^{12}$	$1-4 \cdot 10^{-2}$	15-20	-	$100^0-120^0$
Фенолформальдегідні смоли	5-6,5	$10^{11}-10^{12}$	$10^{11}-10^{12}$	$1-10 \cdot 10^{-2}$	10-20	-	$110^0-120^0$
Полівінілхлорид (вініпласт)	3,2-4	$10^{12}-10^{13}$	$10^{14}$	$1-5 \cdot 10^{-2}$	15-35	-	$65^0$
Полікарбонат	3,2	$10^{14}-10^{15}$	$10^{14}-10^{15}$	$4-8 \cdot 10^{-3}$	30	-	$150^0-165^0$
Кремнієорганічні смоли	3-5	$10^{12}-10^{13}$	$10^{13}-10^{14}$	$1-3 \cdot 10^{-2}$	15-20	-	$180^0$

Продовження таблиці А.1

Матеріали	$\varepsilon$ (при 50 Гц)	$\rho_v$ , Ом·м	$\rho_s$ , Ом	$\text{tg } \delta$ (при 50 Гц)	Е, МВ/м (при 50 Гц)	ТКє, 1/град	Нагріво- стійкість
Ебоніт	2,8-4,5	$10^{13}-10^{14}$	$10^{12}-10^{13}$	$6-15 \cdot 10^{-3}$	17-25	-	$50^0-100^0$
Ескапон	2,7-3	$10^{15}$	$10^{16}$	$5 \cdot 10^{-4}$	35	-	$80^0-100^0$
Слюда-мусковіт	6,8-7,2	$10^{11}-10^{13}$	$10^{11}-10^{12}$	$4-8 \cdot 10^{-3}$	-	-	-
Слюда-флогопіт	6,2-6,8	$10^{12}$	$10^{10}-10^{11}$	$6-15 \cdot 10^{-2}$	-	-	-
Мікалекс	6,0-8,5	$10^{10}-10^{12}$	$10^{10}-10^{12}$	$3-10 \cdot 10^{-2}$	10-20	$3 \cdot 10^{-4}$	$300^0-350^0$
Ультрафарфор	8	$10^{11}-10^{12}$	$10^{11}-10^{12}$	$3-6 \cdot 10^{-4}$	25-30	$1 \cdot 10^{-4}$	$160^0$
Гетинакс	5-6	$10^9-10^{10}$	$10^{11}$	$4-10 \cdot 10^{-2}$	20-25	-	$150^0$
Текстоліт	6-8	$10^{10}$	$10^{10}$	$7 \cdot 10^{-2}$	6-8	-	$135^0$
Склотекстоліт	6-12	$10^{10}$	-	$6 \cdot 10^{-2}$	120	-	$200^0$
Ситал	5-7	$10^{10}-10^{12}$	-	$1 \cdot 10^{-3}$	20-80	-	-
Тиконд Т-40	40	$10^{10}-10^{11}$	-	$3 \cdot 10^{-4}$	8-10	$-8 \cdot 10^{-5}$	-
Тиконд Т-80	80	$10^8-10^9$	$10^9$	$4 \cdot 10^{-4}$	10-12	$-7 \cdot 10^{-4}$	$160^0$
Тиконд Т-130	130	$10^{10}-10^{11}$	-	$3 \cdot 10^{-4}$	25-35	$-1,25 \cdot 10^{-3}$	-
Тиконд Т-150	150	$10^{10}-10^{12}$	-	$2-5 \cdot 10^{-4}$	10-12	$-1,3 \cdot 10^{-3}$	-
Тиконд Т-300	300	$10^9-10^{10}$	-	$4-6 \cdot 10^{-4}$	6-8	$-3,3 \cdot 10^{-3}$	-



## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Основні фізичні властивості деяких чистих металів

Метал	Алюміній Al	Залізо Fe	Золото Au	Мідь Cu	Нікель Ni	Свинець Pb	Срібло Ag	Вольфрам W	Молібден Mo	Тантал Ta
Щільність $d$ , Мг/м <sup>3</sup>	2,7	7,87	19,30	8,92	8,96	11,34	10,49	19,3	10,2	16,6
Температура плавлення, °С	660	1540	1063	1083	1453	327	961	3400	2620	3000
Питома теплоємність, Дж/(кг·К)	923	453	134	386	440	130	235	142	272	150
Температурний коэф. лінійного розширення, TKJ·10 <sup>6</sup> , К <sup>-1</sup>	21	10,7	14	16,6	13,2	28,3	18,6	4,4	5,3	6,6
Питомий електричний опір, мкОм·м	0,028	0,097	0,0225	0,017	0,068	0,19	0,016	0,055	0,05	0,124
Температурний коэф. питомого опору, TKp·10 <sup>3</sup> , К <sup>-1</sup>	4,1	6,2	3,9	4,3	6,7	4,2	4,1	5,0	4,3	3,8

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання контрольної роботи  
з дисципліни

*«ЕЛЕКТРОМАТЕРІАЛОЗНАВСТВО  
ТА ТЕХНІКА ВИСОКИХ НАПРУГ»*

Частина 1

Відповідальний за випуск Сушко Д. Л.

Редактор Буранова Н. В.

---

Підписано до друку 29.06.21 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.