

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «Електротехнічні матеріали»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти**

Електромеханіка

за темою № 8 - Газоподібні та рідкі діелектрики

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.01.2023 № 1

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Протокол від 19.12.2022 № 5

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 27.01.2023 № 1

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 10.12.2022 № 8.

Розробник:

1. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, Волканін Є.Є.

2. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, спеціаліст першої категорії, Голованов С.Л.

Рецензенти:

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.;

2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

План лекції:

1. Газоподібні діелектрики.
2. Рідкі діелектрики.
3. Нафтові масла.

Рекомендована література:**Основна:**

1. Електротехнічні матеріали: навчальний посібник / В. О. Леонтьєв, С. В. Бевз, В. А. Видмиш. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 122 с.
2. Колесов С.М., Колесов І.С. Електроматеріалознавство (Електротехнічні матеріали). Підручник. – К.: "Дельта", 2008 р. 516 с.
3. Конструкційні та функціональні матеріали / Бабак В.П., Байса Д.Ф., Різак В.М., Філоненко С.Ф. У двох частинах. – К.: Техніка. – Ч.1, 2003.–344 с.; ч.2, 2004. – 368 с.

Допоміжна:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електротехнічні матеріали» для студентів усіх форм навчання та студентів-іноземців за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», Укладачі: Будько М.О., Кириленко В.М., Кириленко К.В., Затверджено Вченою радою ФЕА НТУУ «КПІ» (Протокол № 11 від 23 червня 2015 р.) К.: ФЕА НТУУ «КПІ», 2016. – 94 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. <http://electricalschool.info/spravochnik/material/310-klassifikacija-jelektrotekhnicheskikh.html>
2. <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel08E024.pdf>
3. <https://www.twirpx.com/files/science/tek/ematerials/>

Текст лекції

1. Газоподібні діелектрики.

До газоподібних діелектриків відносяться практично всі гази.

В першу чергу, це повітря, який є природним ізолятором, оточуючи все електричні установки. Крім повітря широко використовують в якості електричної ізоляції неполярні гази - азот, водень, вуглекислий газ, інертні гази, а також полярні гази - фреони, елєгаз і ін.

Електропровідність газів. В ідеальному газі вільних носіїв заряду немає. У реальних газах завжди є деяка кількість вільних електронів та іонів, як результат процесу іонізації молекул газу при впливі космічних і сонячних випромінювань, земної радіації і т.д. Одночасно з іонізацією в газах протікає процес рекомбінації нейтральних молекул з електронів та іонів. Тому в нормальних умовах питомий електричний опір газів надзвичайно велике (р до 10^{18} Ом·м). Високі електроізоляційні властивості газів зберігаються в електричному полі до критичної напруженості $E_{кр}$, після чого починається процес ударної іонізації - лавиноподібне збільшення електронів та іонів, що призводить до пробоя газового проміжку. Повністю іонізований газ - це особлива рівноважна високопровідного среда, звана плазмою. Для повітря в нормальних умовах критична напруженість електричного поля $E_{кр} = 10^6$ В / м.

Поляризація газів. Основне значення для всіх газів має електронна поляризація. Гази мають малу щільність, відстань між молекулами велике, тому відносна діелектрична проникність для всіх газів близька до одиниці ($\epsilon = 1,0002 \dots 1,002$). Для повітря $\epsilon = 1,0006$.

Зі збільшенням температури відносна діелектрична проникність зменшується, а зі збільшенням тиску ϵ зростає, так, для повітря при $p = 20$ атм. $\epsilon = 1,01$. При вологості повітря 100% $\epsilon = 1,0007$, а при 0% вологості $\epsilon = 1,0005$.

Діелектричні втрати в газах пов'язані з втратами на електропровідність. Для полярних молекул орієнтація диполів відбувається без втрат енергії. Тому при відсутності іонізації діелектричні втрати в газах дуже незначні ($\text{tg} \delta < 4 \cdot 10^{-8}$).

Електрична міцність газів значно менше, ніж у рідких і твердих діелектриків. Для повітря $E_{пр} = 3,2$ МВ / м. Основна причина пробоя газів - ударна іонізація.

Електрична міцність газів сильно залежить від тиску, ступеня однорідності електричного поля, відстані між електродами і частоти поля.

Застосування газоподібних діелектриків.

Повітря є природним ізолятором в електроапаратах і пристроях (повітряних високовольтних вимикачах, повітряних конденсаторах, в т.ч. еталонних), він одночасно забезпечує відведення тепла.

Азот служить в якості заміника повітря в тих випадках, коли неприпустимо окислення.

Водень використовується в якості електроізоляційного охолоджуючого середовища в потужних генераторах, має високу теплоємність.

Азот (N_2), водень (H_2), вуглекислий газ (CO_2) входять до складу захисних середовищ багатьох виробництв.

Інертні гази (аргон, неон, криптон, ксенон, гелій) застосовуються для заповнення електровакуумних приладів, радіоламп, газосвітних трубок різного кольору світіння.

Фреони - похідні метану CH_4 або етану C_2H_6 , в яких атоми водню заміщені атомами фтору або хлору. Наприклад, дихлорфторметану CCl_2F_2 (фреон-12) застосовується в холодильній техніці.

Елегаз (SF_6) має високу хімічну стійкість, нетоксичний, в 5 разів важчий за повітря, застосовується для заповнення високовольтних височастотних конденсаторів, рентгенівських трубок, потужних трансформаторів.

Фреони і елегаз - важкі гази з великою молекулярною вагою. Їх електрична міцність в 2,5 рази вище, ніж у повітря і становить 7,5 МВ / м.

2. Рідкі діелектрики.

За хімічною природою рідкі діелектрики поділяють на нафтові масла і синтетичні рідини.

3. Нафтові масла.

Нафтові масла являють собою суміш вуглеводнів, їх отримують фракційної перегонкою нафти. По застосуванню розрізняють трансформаторне, конденсаторне і кабельне масла, що відрізняються ступенем очищення.

Трансформаторне масло застосовують для заливки силових трансформаторів з метою підвищення електричної міцності за рахунок заповнення пір волокнистої ізоляції і проміжків між її шарами, для заливки високовольтних вимикачів, де масло надає дугогасним дію.

Конденсаторне масло використовують для просочення паперової ізоляції конденсаторів з метою збільшення їх питомої опору та електричної міцності, що дозволяє збільшити ємність і зменшити габарити конденсаторів. Його отримують шляхом додаткової очистки трансформаторного масла.

Кабельне масло використовують для просочення паперової ізоляції високовольтних кабелів.

Нафтові масла - неполярні діелектрики з електронною поляризацією і іонною провідністю. У неполярних рідинах дисоціація молекул незначна, число носіїв заряду невелика і провідність мала. Джерелами іонів можуть бути різні домішки і волога. Діелектричні втрати в нафтових маслах невеликі, вони обумовлені струмом наскрізної провідності. Діелектричні рідини додатково характеризуються температурою спалаху $T_{всп}$ і температурою застигання $T_з$.

Електрофізичні характеристики трансформаторного масла:

- $\varepsilon = 2,1 \dots 2,5$;
- $\rho = 10^{11} \dots 10^{13} \text{ Ом}\cdot\text{м}$;
- $\text{tg}\delta = 20 \cdot 10^{-4}$;
- $E_{\text{пр}} = 20 \dots 25 \text{ МВ/м}$;
- $T_{\text{всп}} = 135^\circ\text{C}$;
- $T_3 = -45^\circ\text{C}$.

Конденсаторне і кабельне масла мають більш низькі діелектричні втрати $\text{tg}\delta = (3 \dots 5) \cdot 10^{-4}$ і більш високу електричну міцність $E_{\text{пр}} = 25 \dots 30 \text{ МВ / м}$.

Властивості масел залежать від температури. При підвищенні температури зменшується їх в'язкість і щільність, зростають рухливість іонів, дисоціація молекул домішки і іонна провідність. В результаті $\text{tg}\delta$ збільшується, а ε , ρ і $E_{\text{пр}}$ - зменшуються.

До переваг нафтових масел відносяться високі електроізоляційні властивості, доступність і невисока вартість.

Недоліки нафтових масел:

- легка займистість,
- сильна залежність в'язкості від температури: при зниженні температури від 100°C до -35°C в'язкість збільшується в 1800 раз,
- сильна залежність електричної міцності від вмісту домішок і вологи,
- схильність до старіння.

Старіння масел полягає в розкладанні вуглеводнів і їх окисленні. При цьому утворюються полярні продукти, що руйнують ізоляцію, збільшується в'язкість, погіршуються діелектричні властивості, знижується температура спалаху. Старіння прискорюється від кисню повітря, світла, тепла, електричних полів. Для підвищення стійкості до старіння в масло додають інгібітори, що уповільнюють старіння (антиоксиданти).